

Evolution spatio-temporelle du trait de côte de Sousse à Monastir (Est de la Tunisie)

Spatio-temporal evolution of the shoreline along the coast between Sousse and Monastir (Eastern Tunisia).

Safa FATHALLAH, Nabila HALOUANI & Moncef GUEDDARI(*)

Abstract: The sandy coast of Sousse-Monastir (Eastern of Tunisia), located between the trading haven of Sousse and Skanes-Monastir knew, since 1962, a significant anthropic activity, especially due to the expansion of hotel and road infrastructures which encroached on the foreshore, the building of the trading port of Sousse and of the cooling basin of the Sidi-Abdelhamid power station.

These installations reduced the sedimentary budget of the coast and disturbed the exchanges that this one maintained with the fields that borders it. The main result from that is a nearly generalized erosion. The structures (breakwaters and enrockments in the southern part of the trade port) built to protect the most eroded zones are not very effective and move erosion downstream, in the direction of the coastal drift.

The diachronic analysis of shoreline positions using aerial photographs of four missions (1962, 1988, 1996 and 2001) was corrected, to establish the assessment erosion-sedimentation. So, one can see where the coast is stable, or eroded, or in accretion. The results obtained show that eroded zones have not a same importance everywhere. The highest erosion appeared between the Hallouf stream and Sidi-Abdelhamid and on the western area of Dkhila bay, where the coastline receded of 1,02 and 1,22m/year, respectively for the period between 1925 - 1996 and the one between 1925-2001. The highest rate of erosion occurs in these two zones, caused on the one hand by the intensification of the urbanization and on the other hand by the weakness of the rivers sedimentary contributions and the strong exposure of these two coastal fringes at the main swells of the North-Eastern sector. It goes differently in the sector located at the bottom of Dkhila bay where the shores are stable or in accretion, because they are still well supplied in sediments by the littoral drift, coming from the adjacent sectors.

Key words: Sousse- Monastir, sandy beaches, diachronic study, aerial photographs, shoreline evolution.

Résumé: La côte sableuse de Sousse-Monastir (Est de la Tunisie), située entre le port de Commerce de Sousse et Skanès-Monastir, a connu depuis 1962 une activité anthropique importante par la multiplication d'infrastructures hôtelières et routières, qui empiètent sur l'estran, par la construction du port de Commerce de Sousse et du bassin de refroidissement de la centrale thermoélectrique côtière de Sidi Abdelhamid. Ces aménagements ont affaibli le budget sédimentaire de la côte et ont dérégulé les échanges que celle-ci entretenait avec les domaines qui l'encadrent, ce qui a conduit à une érosion plus ou moins généralisée. Le recours aux ouvrages de protection (brise-lames et enrochements, au sud du port de commerce) n'a fait que déplacer l'érosion plus en aval, dans le sens de la dérive littorale.

L'analyse diachronique de l'évolution de la ligne de rivage par photo-interprétation, à l'aide de photographies aériennes de quatre missions (1962, 1988, 1996 et 2001) corrigées et géoréférencées, a permis d'établir le bilan érosion-sédimentation et d'identifier les zones soumises à l'érosion, celles qui sont stables et celles où on enregistre un engraissement. Les résultats obtenus montrent que les manifestations du retrait du rivage n'ont pas partout la même importance. En effet, le maximum d'érosion est enregistré entre l'oued Hallouf et Sidi Abdelhamid et dans le secteur occidental de la baie de Dkhila, où le trait de côte recule à une vitesse moyenne, respectivement de 1,02 et de 1,22 m/an, pour les périodes respectives entre 1925 et 1996 et entre 1925 et 2001. L'ampleur du phénomène d'érosion dans ces deux secteurs est liée, d'une part à l'intensification de l'urbanisation et des aménagements et, d'autre part, à la faiblesse des apports fluviaux actuels et à la forte exposition de ces

(*) Université de Tunis El Manar, Faculté des Sciences de Tunis, Département de Géologie, Campus Universitaire 2092 Tunis, Tunisie. safa_fathallah@yahoo.fr

deux franges côtières face aux houles dominantes du secteur Nord-Est. Il en va différemment dans le secteur situé au fond de la baie de Dkhila, où les rivages sont stables ou en accrétion, car ils restent encore bien alimentés en sédiments par les dérives littorales, en provenance des secteurs adjacents.

Mots clés : Sousse-Monastir, côtes sableuses, étude diachronique, photographies aériennes, évolution du trait de côte.

INTRODUCTION

La frange littorale Sousse-Monastir qui fait partie de la côte orientale de la Tunisie, est le siège d'une urbanisation et d'une activité touristique accrues qui ont conduit à sa fragilisation et au recul de son trait de côte dans la majeure partie de ce secteur. En effet, elle a connu une importante extension de zones urbaines et industrielles (Sousse Sud), une intensification de la construction d'unités hôtelières (Dkhila) et des aménagements portuaires qui ont largement contribué à sa dégradation. De plus, des rejets d'eaux usées dans l'oued Hamdoun, à 500m de son embouchure, et d'eaux chaudes issues de la centrale thermique installée sur la côte de Sidi Abdelhamid ont conduit à la dégradation des posidonies et ont amplifié le phénomène d'érosion le long de la frange littorale Sidi Abdelhamid-embouchure de l'oued Hamdoun.

Une analyse diachronique par pho-interprétation, en utilisant des photographies aériennes des années 1962, 1988, 1996 et 2001, qui couvrent tout le secteur d'étude, a été réalisée afin d'apprécier la variation spatio-temporelle de la vitesse de l'érosion et d'identifier les principaux facteurs qui sont à l'origine du recul, de la stabilité ou, par endroits, de l'avancée du trait de côte.

PRESENTATION DU SITE

La frange littorale, objet de cette étude, est située entre le port de commerce de Sousse et Skanès-Monastir, entre 10°39' et 10°47' de longitude Est, et entre 35°49' et 35°46' de latitude Nord. Elle peut être subdivisée, en fonction de l'orientation du trait de côte et de la topographie sous-marine, en deux secteurs : les côtes de Sousse Sud (entre le port de Sousse et l'embouchure de l'oued Hamdoun) et la baie de Dkhila (entre l'oued Hamdoun et la falaise de Monastir) (Fig.1).

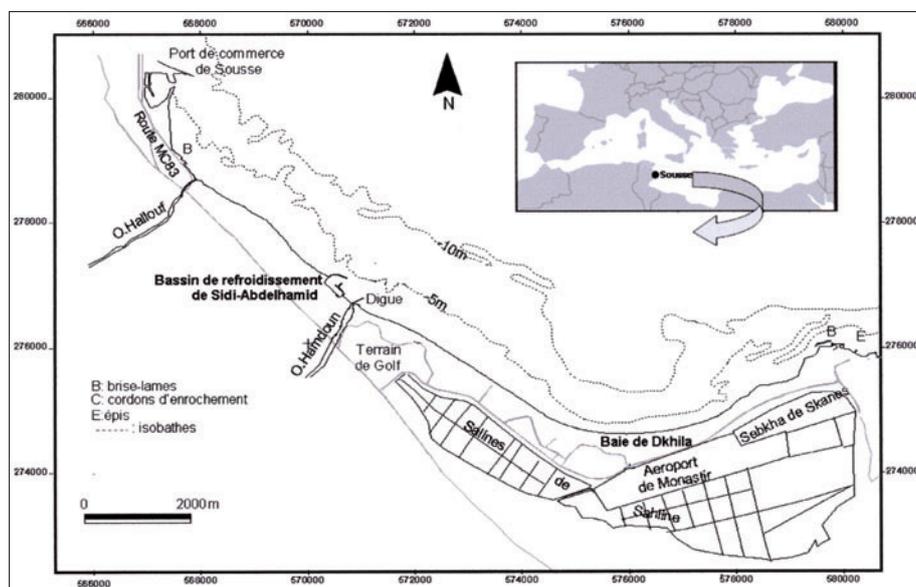


Fig. 1 : Carte de localisation de la frange littorale de Sousse-Monastir

Les côtes de Sousse Sud présentent un bas de plage généralement peu large. Localement, près de l'embouchure de l'oued Hamdoun, le bas de plage est relativement étendu et peut atteindre 35m de largeur, en moyenne. Dans cette zone un petit bourrelet dunaire, d'une hauteur de 0,7 à 1,2m, est presque partout tronqué par les vagues (OUESLATI, 2004). L'arrière pays des côtes de Sousse Sud est dominé par de petites collines de 50 à 70m de hauteur, où prennent naissance l'oued Hallouf et l'oued Hamdoun.

La côte de la baie de Dkhila, comprise entre l'embouchure de l'oued hamdoun et la falaise de Monastir, est aujourd'hui presque totalement aménagée. En plus de l'aéroport de Monastir, des voies de circulations et des espaces transformés en terrains de golf, on compte plus d'une quarantaine d'hôtels qui sont parfois bâtis trop près du rivage.

Cette frange littorale est caractérisée par un rivage partout sableux qui s'adosse à des terrains bas, avec des altitudes comprises entre 2 et 4m, et souvent humides. Le paysage morphologique montre, dans ce secteur, une zonation, dans les tronçons encore à l'abri des aménagements, où se succèdent quatre domaines, de la mer vers l'intérieur : une plage sableuse, un domaine dunaire, un chott avec une végétation halophile et enfin la vaste sebkha de Skanès (ou Sabkhet Monastir).

La largeur de la plage varie entre 4 et 25m dans la partie ouest, entre 8 et 30m dans la partie est, et entre 40 et 75m, dans la partie centrale.

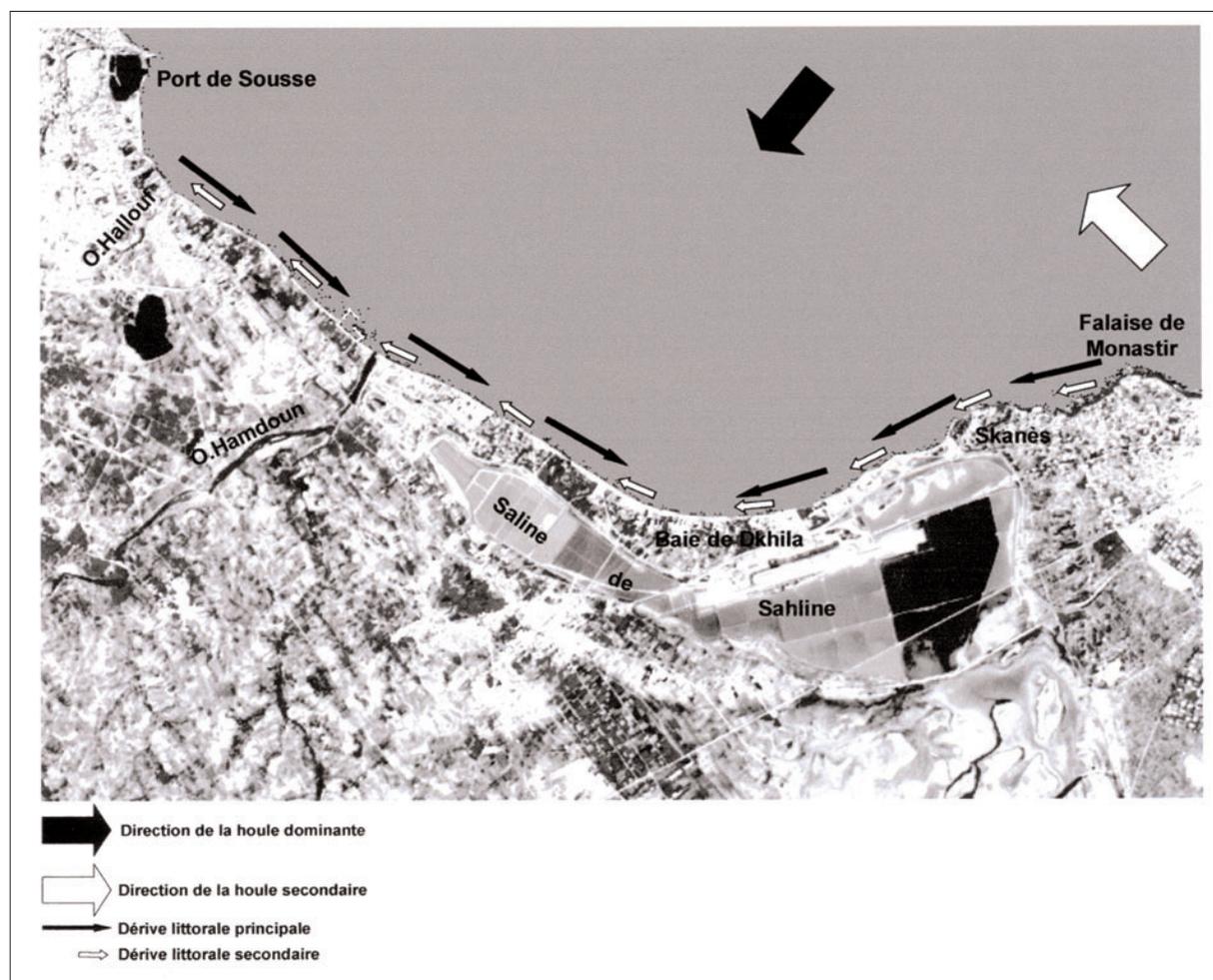


Fig. 2 : Les dérives littorales principale et secondaire dans le secteur d'étude

La plage de la partie centrale de la baie de Dkhila est alimentée par des matériaux d'origine biodétritique provenant du large et par les apports de deux dérives littorales : la dérive principale, qui vient du Nord-Ouest, y fait parvenir une partie des apports de l'oued Hamdoun et des sables de la côte de Sousse Sud. La dérive secondaire, qui vient de l'Est, apporte à cette plage une partie des matériaux arrachés à la falaise et aux estrans gréseux de la presqu'île de Monastir.

Dans ce secteur, le haut de plage est caractérisé par la présence d'un bourrelet, discontinu et irrégulier de dunes bordières, qui a été détruit dans la partie orientale de la baie pour céder la place à l'extension des zones bâties (construction d'hôtels).

La marée dans le secteur d'étude est de type semi-diurne. Son amplitude moyenne annuelle est de 0,3m, avec un maximum de 0,5m en vives-eaux. Les courants associés à la marée ont une faible vitesse et sont souvent masqués par ceux associés à la houle.

Les houles les plus fréquentes qui se produisent toute l'année proviennent des secteurs W à N et NE à SE (HP, 1995). L'amplitude de ces houles au large varie entre 1,3 et 2,3m. La hauteur des vagues au large peut atteindre 4,5m pendant la période hivernale. Les houles de NE qui attaquent la côte entre le port de Sousse et la partie ouest de la baie de Dkhila, orientée NW-SE, sont frontales et le transit est négligeable. Par contre, la forte obliquité des houles NW à N-NE induit un transit sédimentaire vers le Sud. Les houles ENE à SE produisent un transit vers le Nord. La résultante dans ce secteur est un transit vers le Sud, de 10 000 à 20 000 m³/an. La partie orientale et le fond de la baie de Dkhila présentent une dérive secondaire de direction E-W dues essentiellement aux houles E à N-NE, qui sont amorties au niveau des îles Kuriat, situées en face de la presqu'île de Monastir, à 20Km de la côte et d'autre part aux houles SE (Fig. 2).

La vitesse de la dérive littorale est comprise entre 0,2 et 0,3m/s.

MATERIELS ET METHODES

L'étude diachronique de l'évolution spatio-temporelle de la ligne de rivage a été réalisée en considérant les cartes topographiques au 1/50 000 (type 1922) et au 1/25 000 (éditée en 1994) et, surtout, les photographies aériennes des missions des années 1962 (échelle 1/7000), 1988 (échelle 1/25 000) et 1996 (échelle 1/10 000) qui couvrent tout le secteur ainsi que celles de l'année 2001 (échelle 1/25 000) qui ne concernent que la frange littorale située entre le bassin de la centrale thermique et l'embouchure de l'oued Hamdoun et la partie ouest de la baie de Dkhila. Ces données sont fournies par l'office de topographie et de cartographie de la Tunisie.

Les photos aériennes utilisées sont scannées de manière à créer une image dont l'unité spatiale est le pixel, avec une résolution de 300dpi. Ces photos ont été corrigées à l'aide du logiciel Ortho-Engine qui permet la correction de l'erreur de l'orientation de l'image à l'aide des coordonnées des marques fiduciaires, tout en rectifiant les déformations dues à la position de l'optique de prise de vue et à la projection géographique grâce au modèle numérique du terrain (MNT), donnant sous forme numérique l'altitude en tout point (KERSTEN & CHUAT, 1997). L'objectif est de réduire les erreurs de numérisation et de distorsion géométrique des photographies aériennes. Un géo-référencement des images dans un système de projection Lambert Conique Conforme a été réalisé à l'aide du modèle CAMERA du logiciel Ortho-Engine. Pour le calage des images, on a considéré des points (minimum trois points assez éparpillés) remarquables et précis, comme des intersections de routes et des angles de constructions.

Le but est de produire une ortho-image, appelée aussi une ortho-photo qui a subi une translation, une rotation, et une mise à l'échelle, tout en prenant en compte de la courbure de la terre (OTTIER, 1999). L'erreur quadratique de cette correction géométrique est de l'ordre de 3m ; nous évaluons donc l'erreur de variation de la position du rivage à +/- 3m. Pour les photographies aériennes de 1962, l'absence de points de calage suffisants et de MNT a rendu leur correction très difficile. Seule une zone d'extension spatiale limitée, située à Sidi Abdelhamid, où on dispose de quelques points de calage, a été considérée.

Les photographies aériennes qui couvrent la zone d'étude sont assemblées et intégrées dans une mosaïque, en remplaçant la zone de recouvrement par la zone correspondante d'une seule des deux images. On obtient une mosaïque d'images assemblées en une seule image à des dates différentes et qui peuvent être développées à différentes échelles, appelée mosaïque des ortho-photos, réalisée à partir des photographies aériennes rectifiées à trois dimensions

(x,y,z) et d'un MNT. L'ortho-mosaïque obtenue est intégrée dans un système Arcview-GIS, qui permet d'analyser et de visualiser à la fois les données spatiales et non spatiales (BOUSEMMA, 1994) qui va servir à produire des cartes thématiques, à la digitalisation directe sur l'écran, à analyser l'information sur le territoire et à intégrer des sources d'information ayant des échelles de projections et des légendes différentes en superposant les différentes couvertures cartographiques du même territoire, dans le but de produire une nouvelle carte qui regroupe les attributs de celles qui la composent (BACCARI, 2001).

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Evolution de la ligne de côte de Sousse-Sud

Période de 1925 à 1962

La côte de Sousse Sud a fait l'objet d'un aménagement portuaire, par la construction du port de commerce de Sousse en 1899, avec de longues digues qui ont, à partir de cette date, perturbé le transit sédimentaire induit par la dérive littorale qui vient du Nord, jouant un rôle important dans l'alimentation des plages et la distribution des sédiments le long des côtes (PASKOFF, 1985).

L'évolution de la ligne de rivage durant cette période a été analysée à l'aide de la carte topographique au 1/50 000 (type 1925) et des photographies aériennes corrigées de l'année 1962.

La superposition des traits de côte relatifs aux années 1925 et 1962 (Fig. 3) permet de constater une érosion généralisée, avec un recul de 13 à 69m, soit une vitesse moyenne de démaigrissement variant entre 0,35m/an et 1,87m/an, sur une période de 37 ans. Les plus fortes intensités d'érosion caractérisent les côtes de Sidi Abdelhamid, où les vagues déferlaient directement sur les murs de quelques maisons. Il y a un demi siècle, la mer était à 100m de ces maisons (SOUEYED, 2001). La vitesse la moins élevée a été enregistrée juste avant le bourrelet de Sidi Abdelhamid, sur une distance de 270m, où on remarque un recul ne dépassant pas 3,5m, pour la même période. Cette stabilité relative est liée à la présence d'un haut fond dans cette région à 100m de la côte qui amortit l'effet de la houle.

Le recul généralisé des côtes de Sousse-Sud, entre 1925 et 1962, est lié d'une part à la construction du port de Sousse, qui a intercepté les apports de la dérive littorale principale N-S et, d'autre part, à la construction de la route MC83 qui longe la côte ainsi qu'à l'espace bâti sur le haut de plage ou sur la dune bordière (OUESLATI, 1993), même si ce dernier est d'extension limitée.

Période de 1962 à 1988

L'ampleur de l'érosion décrite pour la période 1925-1962 a, déjà au début des années 1980, nécessité le recours à l'implantation de deux brise-lames et d'un important enrochement entre la digue sud du port de commerce et l'embouchure de l'oued Hallouf, pour la protection de cette zone. Mais la menace a progressé vers le sud. En plus de l'effet de ces ouvrages de protection le tracé de la ligne de rivage des côtes de Sousse Sud en 1988, sera influencé aussi par la construction, en 1980, d'un bassin de refroidissement d'une centrale thermoélectrique, avec deux digues, à 100m au Nord-Ouest de l'embouchure de l'oued Hamdoun (BEN FREDJ, 2001).

La superposition des traits de côte de 1962 et de 1988 montre un engraissement derrière les brise-lames de 30,8 à 47,1m, soit une vitesse de sédimentation de 1,18 à 1,81m/an. Par contre, au sud de ces ouvrages, le trait de côte continue à reculer, en particulier entre l'oued Hallouf et les plages de Gaied Souassi (Fig. 4), où le démaigrissement est encadré entre -13,23 et -56,13m, soit une vitesse de recul de 0,65 à 1,97m/an.

L'érosion, dans ce secteur est liée, en partie, à l'implantation des brise-lames qui ont conduit à l'accélération du recul du rivage en aval, dans le sens de la dérive littorale. Cette situation a nécessité la mise en place, en 1983, d'un cordon d'enrochement au sud des ouvrages de protection. En plus, ce secteur a connu lors des tempêtes du 21, 22 et 23 janvier 1981 de graves dégâts (inondation de la route MC83 qui longe la côte, avec destruction de la chaussée et écroulement des cubes de bétons protégeant le littoral), qui ont aggravé sensiblement l'érosion.

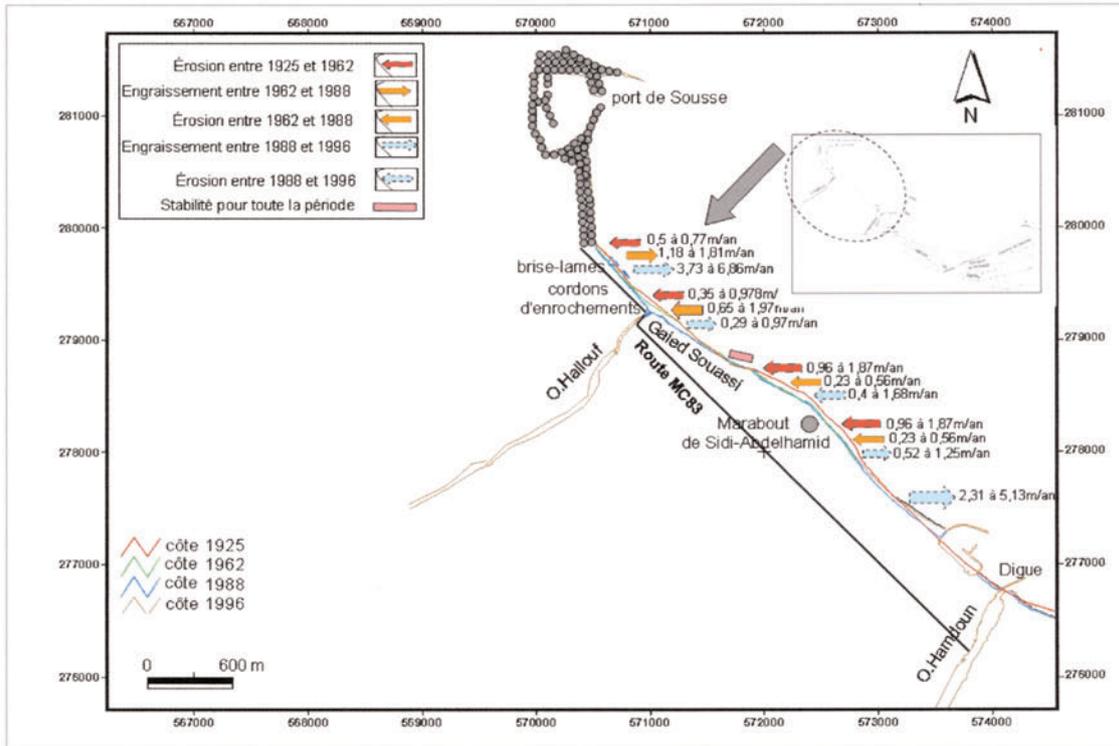


Fig. 3 : Evolution de la ligne de rivage de Sousse Sud, durant la période 1925 et 1996

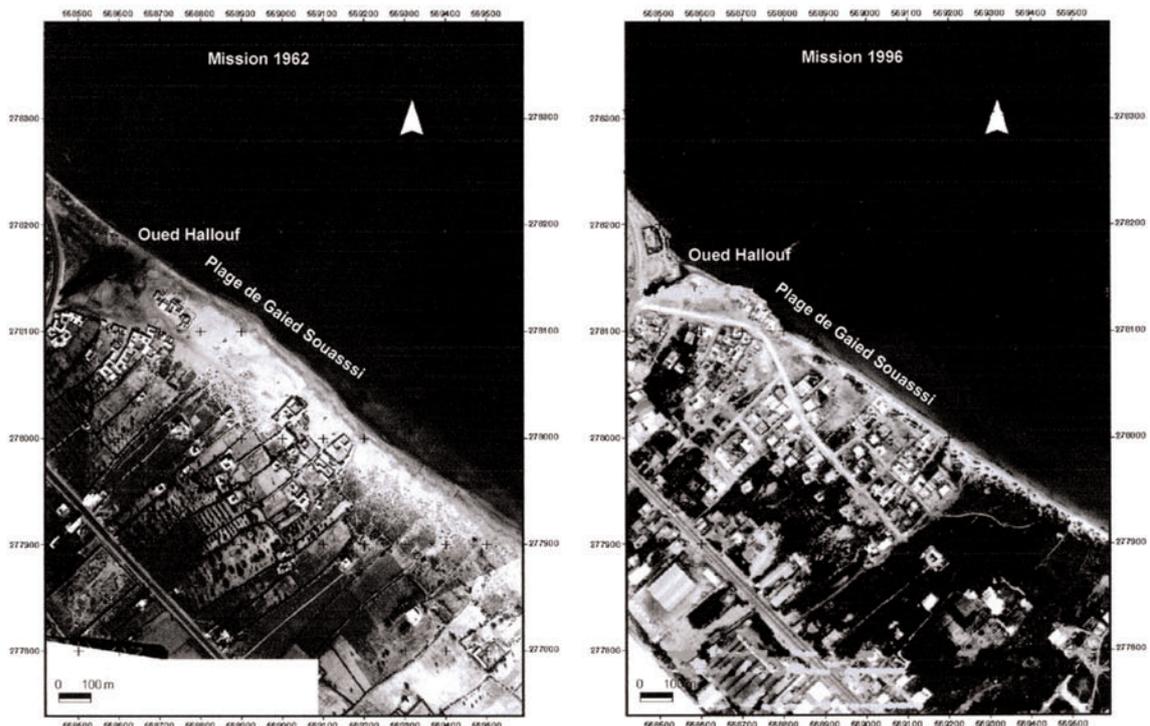


Fig. 4 : Evolution du rivage de la plage de Galed Souassi à Sidi-Abdelhamid, entre 1962 et 1996

Période entre 1988 et 1996

L'évolution du trait de côte entre 1988 et 1996 se traduit par la saturation des tombolos sédimentaires (Fig.5) formés derrière les brise-lames (reconstitution d'une plage de 50m de largeur et de 350m de longueur), par des accumulations de sédiments de part et d'autre de l'embouchure de l'oued Hallouf (avancée du trait de côte à une vitesse moyenne variant entre 0,29 et 0,97 m/an) et contre la digue nord du bassin de refroidissement de la centrale thermique. Dans le reste du secteur l'érosion continue avec une vitesse comprise entre 0,4 et 1,7 m/an.

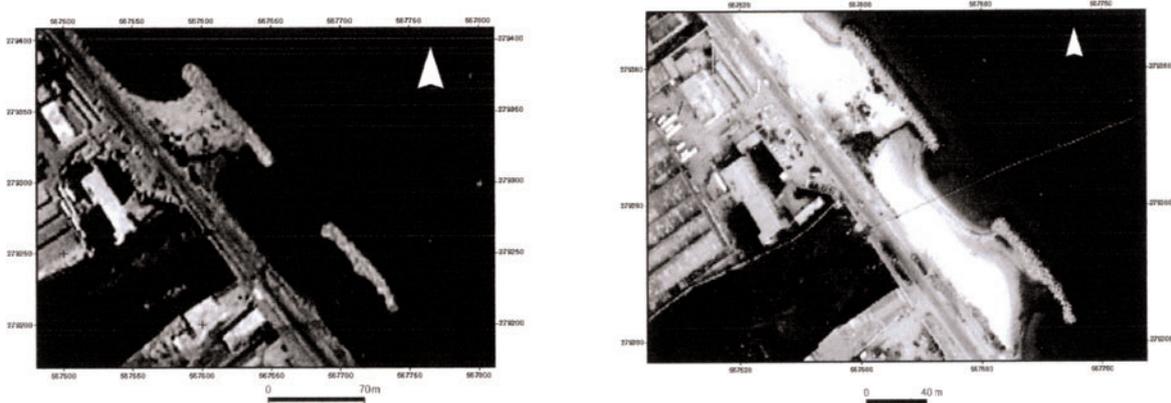


Fig. 5 (à gauche): Formation d'un premier tombolo sédimentaire derrière un des deux brises- lames, implantés, au Sud du port de Sousse (mission de 1988)

Fig. 5 (à droite): Formation de deux grands tombolos sédimentaires au Sud du port de Sousse (mission de 1996)

Evolution de la ligne de côte de Dkhila

La côte comprise entre l'embouchure de l'oued Hamdoun et la falaise de Monastir est aujourd'hui presque totalement aménagée : construction de l'aéroport de Monastir-Skanès, en 1968, de nombreuses voies de circulation (routes et chemins de fer) et d'une quarantaine d'hôtels (Direction générale de l'équipement et de l'habitat, 2002). Ces aménagements ont affaibli le budget sédimentaire d'une grande partie des côtes de ce secteur. L'analyse diachronique de l'évolution spatio-temporelle de la ligne de rivage a été entreprise en utilisant la carte topographique au 1/50 000 et les photographies aériennes corrigées des années 1988, 1996 et 2001.

Période entre 1925 et 1988

La comparaison du tracé du trait de côte de 1925 (carte topographique au 1/50 000) avec celui de 1988 montre une tendance à l'érosion dans le secteur ouest de la baie de Dkhila qui s'étend sur une longueur de 8 km à partir de l'embouchure de l'oued Hamdoun en allant vers le Sud, avec une vitesse moyenne variant entre 0,48 et 1,24 m/an. Cette partie du littoral de la baie de Dkhila, qui est fortement exposée aux houles dominantes des secteurs Nord et Nord-Est, est celle qui fut la plus aménagée entre 1962 et 1988.

Les manifestations du retrait du rivage sont moins importantes dans la partie orientale de la baie, avec une érosion localisée, de vitesse variant de 0,11m/an à 0,86 m/an. Il en va différemment pour le secteur qui correspond au fond de la baie de Dkhila, où les rivages sont en accrétion, car ils sont bien alimentés en sédiments par les dérives littorales Nord-Sud et Est-Ouest, en provenance des secteurs adjacents. Cette accrétion se fait à une vitesse comprise entre 0,31 et 0,84 m/an. Un faible engraissement est à signaler en face de l'embouchure de l'Oued Hamdoun, encadré par des apports entre +11,75 et +23,51m, soit une vitesse d'avancée

de 0,18 à 0,38m/an. Cet engraissement serait lié, en grande partie, à la construction, en 1983, d'une digue transversale (Fig 6 et Fig. 7)

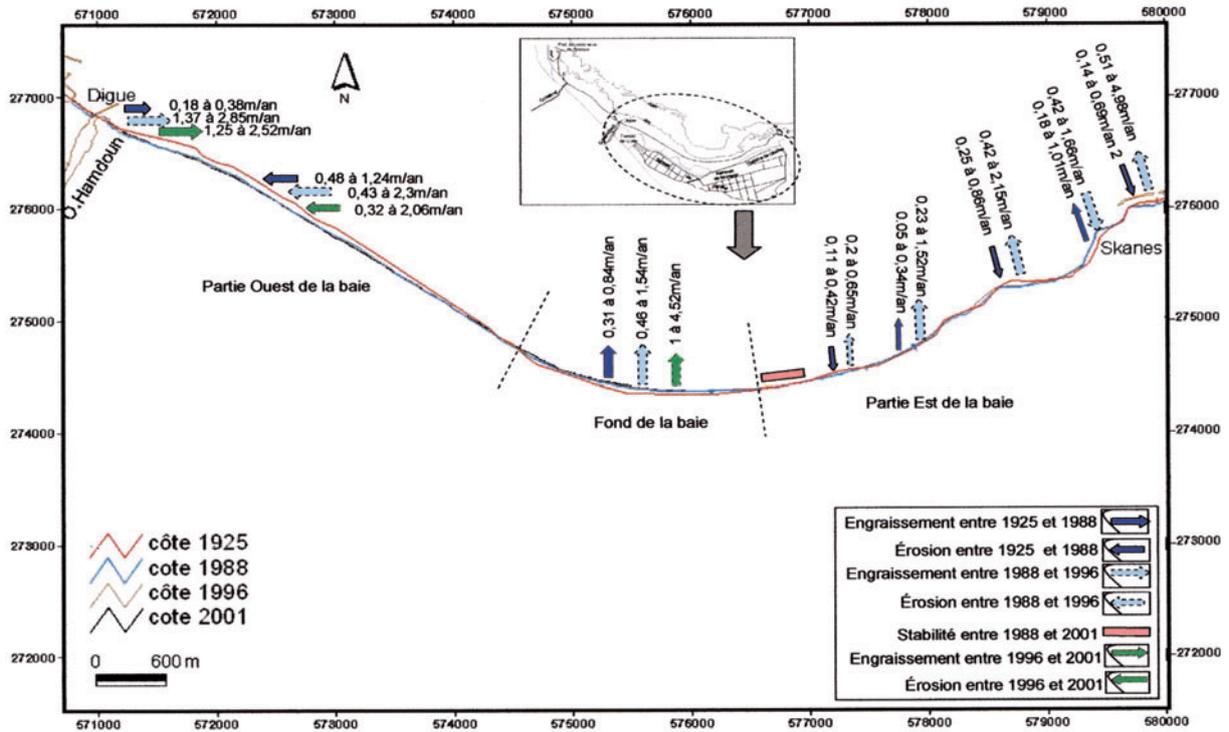


Fig.6 : carte d'évolution du rivage dans la baie de Dkhila, durant 1925 et 2001

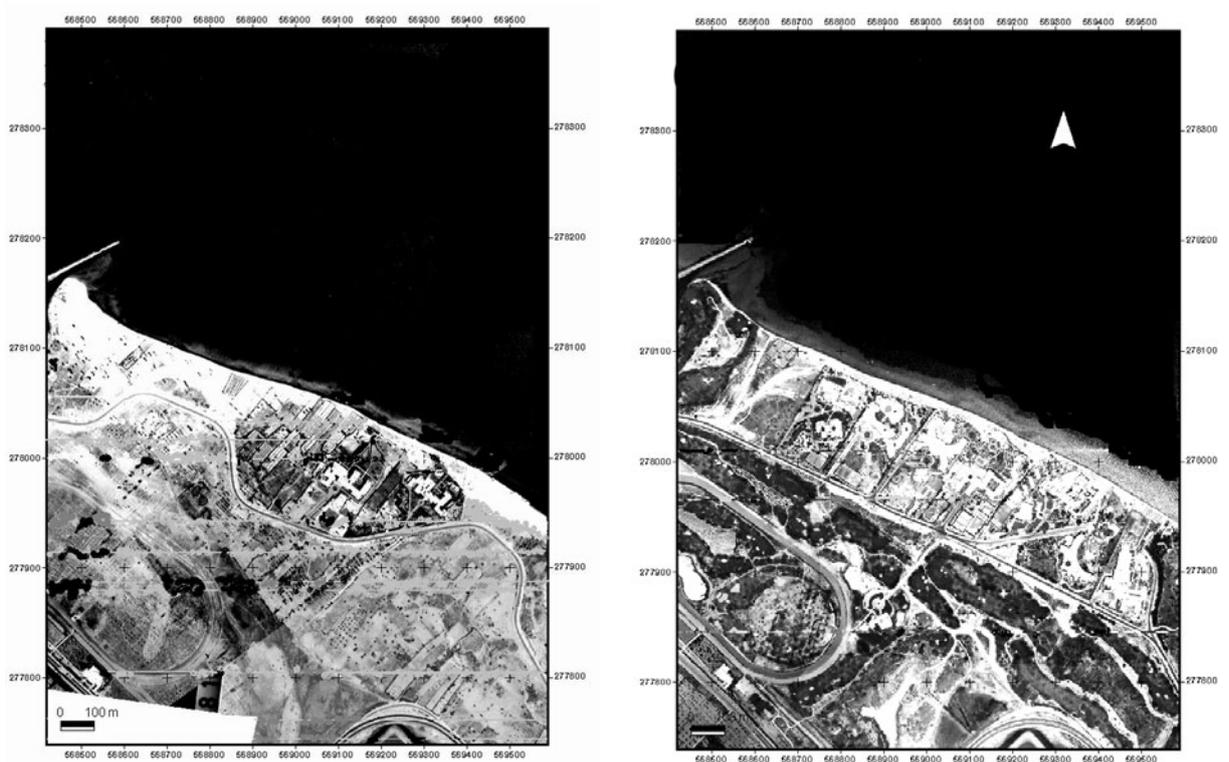


Fig. 7 : Evolution du rivage au Sud de l'oued Hamdoun, entre 1988 et 2001

Période entre 1988 et 1996

Les mêmes tendances évolutives du trait de côte que celles décrites précédemment sont observées, durant cette période, le long des côtes de la partie occidentale et du fond de la baie mais avec des vitesses d'érosion ou d'accrétion plus élevées. En effet, l'érosion s'intensifie le long des côtes de la partie occidentale de la baie, avec une vitesse variant entre 0,43 et 2,30m/an, alors que la sédimentation s'est accélérée sur les côtes du fond de la baie où on enregistre une avancée de la ligne de rivage de 0,46m/an à 1,54m/an. L'augmentation de l'intensité de l'érosion dans le secteur occidental serait liée, en plus de l'extension de l'espace bâti, à la destruction des édifices dunaires bordant le rivage et à l'étalement de leur matériel sur l'estran, mais aussi au rétrécissement considérable de l'extension des champs d'herbiers dû aux rejets d'eau chaude de la Centrale thermique à Sidi Abdelhamid.

Dans la partie orientale de la baie de Dkhila, qui est caractérisée par une ligne de côte ondulée, avec alternance de mini baies et de mini caps, la tendance évolutive est globalement inversée par rapport à celle relative à la période 1925-1988. Dans l'ensemble, les rivages dans ce secteur avancent dans les zones abritées et derrière les brise-lames de Skanès, mais reculent au niveau des parties avancées en mer.

Période entre 1996 et 2001

L'évolution spatio-temporelle du rivage durant cette période ne concerne que la partie occidentale et le fond de la baie car les photographies aériennes de l'année 2001 disponibles ne couvrent que ces deux secteurs. La superposition des tracés du trait de côte des années 1996 et 2001 indiquent un léger ralentissement de l'érosion des côtes du secteur occidental ; en effet, la vitesse du retrait du rivage qui était comprise entre 0,43 et 2,3m/an, entre 1988 et 1996, diminue entre 1996 et 2001, avec des valeurs variant entre 0,32 et 2,06 m/an. Par contre, le rivage du fond de la baie continue à avancer mais avec une vitesse plus élevée : 0,46 à 1,54 m/an, pour la période 1988-1996 et 1 à 4,5 m/an entre 1996 et 2001.

CONCLUSIONS

L'analyse diachronique de l'évolution du rivage de la frange littorale Sousse-Monastir, basée sur la carte topographique au 1/50 000 (1925) et des photographies aériennes des missions de 1962, 1988, 1996 et 2001, a permis la reconnaissance de ce système côtier dans son état naturel et le suivi de sa transformation en fonction des aménagements successifs. Elle a permis aussi de quantifier l'érosion linéaire ou, par endroits, l'engraissement, sur une période de 76 ans, entre 1925 et 2001. Il en ressort que le maximum d'érosion est enregistré entre l'Oued Hallouf et Sidi Abdelhamid et dans le secteur occidental de la baie de Dkhila où le trait de côte recule à une vitesse moyenne, respectivement de 1,02 et de 1,22 m/an, pour la période entre 1925 et 2001. L'ampleur du phénomène d'érosion dans ces deux secteurs est liée à la perturbation du transit sédimentaire par le port de Sousse et par le bassin de refroidissement de la centrale thermique, à l'intensification de l'urbanisation et des aménagements, à la faiblesse des apports fluviaux actuels et à la forte exposition de ces deux franges côtières face aux houles dominantes des secteurs Nord et Nord-Est. Le recours aux ouvrages de protection (brise-lames et enrochements, au sud du port de commerce) dans le secteur situé entre le port de Sousse et Oued Hallouf n'a fait que déplacer l'érosion plus en aval, dans le sens de la dérive littorale. Il en va différemment dans le secteur situé au fond de la baie de Dkhila, où les rivages sont stables ou en accrétion, car ils restent encore alimentés en sédiments par les dérives littorales en provenance des secteurs adjacents. Mais l'érosion qui puisait des sédiments des plages des secteurs oriental et occidental, pour engraisser la côte du fond de la baie, trouve de moins en moins de matériaux à la suite de l'occupation humaine quasi-totale de l'arrière plage. Le taux d'engraissement devra donc diminuer progressivement à la suite de l'épuisement des réserves des secteurs adjacents.

REFERENCES

- BACCARI, N. 2001. Méthodologie d'inventaire d'aménagement des bassins versants se basant sur les images aérospatiales (bassins versants Ettiour, El Hajr, Fidh Ali, Fidh Bennaceur). DEA. Univ. Tunis El Manar. Fac. Sci. de Tunis. 74p.
- BEN FREDJ, T. 2001. Les baies de cote de Monastir. Géomorphologie et impact des aménagements sur leur évolution. Université de Tunis I. Faculté des sciences humaines et sociales. 122p.
- BOURGOU, M. 1999. Les ports du Sahel au Nord de Monastir. Le cadre morphologique et l'emprise de l'espace littoral par l'homme. Tunis, *Cahiers du CERES. Série Géographique*, 21 : 259-276.
- BOUSSEMA, M. R. 1994. Analyse multidimensionnelle et par systèmes-experts d'images multi sources de télédétection et de données géocodées. Thèse. Doc. D'Etat, Faculté des Sciences de Tunis, 285p.
- DIRECTION GÉNÉRALE DE L'EQUIPEMENT ET DE L'HABITAT, 2002 : Plans d'occupation des plages de Sousse, Hammem Sousse et Akouda. Rapport final de phase 3. 58p.
- H.P. HYDROTECNICA PORTUGUESA. 1995- Etude générale pour la protection du littoral tunisien. Première phase, 4 rapports présentés à D.G.S.A.M, 26p.
- KERSTEN, T. & CHUAT, N. 1997. La Suisse recouverte d'ortho-photos avec le projet Suissphoto. Séminaire « ortho-photos numériques et réalité visuelle en mensuration officielle » EPFL 24-28 février 1997. : 1-5.
- OTTIER, H. 1999. Photogrammétrie analytique, Cours ENSG, 20p.
- OUESLATI, A. 1993. Les côtes de la Tunisie, *Pub. Fac. Sci. H.S, Tunis*, XXXIV, série 2, 387p.
- OUESLATI, A. 2004. Littoral et aménagement en Tunisie, Ed ORBIS, 534p
- PASKOFF, R. 1985. Les littoraux : Impacts des aménagements sur leur évolution. Edition Masson. Paris 127p.
- SOUAYED, M. 2001. Avancée de la mer au niveau de la plage de Sidi-Abdelhamid. Sousse-Sud. 2^{ème} journée de la géologie du Sahel. Volume des communications. pp 118-122.