

Evolution et morphodynamique des îles barrières et des flèches littorales associées à des embouchures microtidales dans le Sud-Est tunisien

Sameh MASMOUDI¹, Chokri YAÏCH¹ & Messaoud YAMOUN²

1. Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax (ENIS), Laboratoire de dynamique sédimentaire et environnement, B.P. W 3038 Sfax, Tunisie. e-mail: chokri.yaich@enis.rnu.tn

2. Geosurvey, Impasse Chahrazed, 1002 El-Menzah V, Tunis. Tunisie.

Résumé. Dans la région de Bin el Ouidiane, se développe un système constitué de flèches littorales, d'embouchures microtidales, et d'îles barrières individualisant un lagon peu profond incisé par un complexe de chenaux de marée relativement profonds. Ce système révèle plusieurs corps sableux récemment édifiés et soumis à une évolution rapide ; leur morphodynamique est contrôlée par des facteurs autocycliques, comme les mécanismes hydrosédimentaires locaux, et allocycliques, comme en témoigne la migration de tout le système vers le lagon, accompagnée de la mise en place de lobes de tempête évoquant une amorce de rétrogradation générale.

Mot clés : Tunisie, Jerba, Méditerranée, morphologie.

Evolution and morphodynamics of barrier islands system in South East of Tunisia.

Abstract. In the Bin el Ouidiane area (southeastern Tunisia), develops a barrier island system, constituted by spits, barrier islands, microtidal inlets and shallow lagoon which is incised by deep tidal channels. This system reveals several recent sand bodies that show a spectacular and quick evolution; their morphodynamic is controlled by hydro-sedimentary mechanisms and they bear witness, with washovers, to retrogression

Key words: Tunisia, Jerba, Mediterranean, morphology.

INTRODUCTION

Les vagues et les courants de marée à travers les passes sont responsables de la formation et du comportement morphodynamique des deltas de jusant (Bruun & Gerritsen, 1959; O'Brien, 1969; Oertel, 1972; Goldsmith *et al.*, 1975; Bruun, 1978), dont les variations géométriques régionales sont expliquées par les différences climatiques et d'amplitude de marée (Oertel, 1975, Hayes, 1975, 1979, 1980, Hubbard *et al.* 1977, Nummedal & Fischer 1978).

En Tunisie, les études sur les embouchures tidales et les systèmes d'îles barrières est évoqué et mené pour la première fois dans le secteur de Bin El Ouidiane, frange littorale comprise entre l'île de Jerba et la région de Zarzis (Fig. 1). Il s'agit d'un système sous un régime microtidal (avec un marnage inférieur à 1 m). Le secteur représente une zone de transition entre la mer proprement dite et la lagune de Boughrara ; il se trouve séparé de celle-ci par une chaussée (El Kantara) reliant l'île de Jerba au continent et qui constitue une sorte de digue freinant les échanges hydrosédimentaires entre les espaces lagunaires.

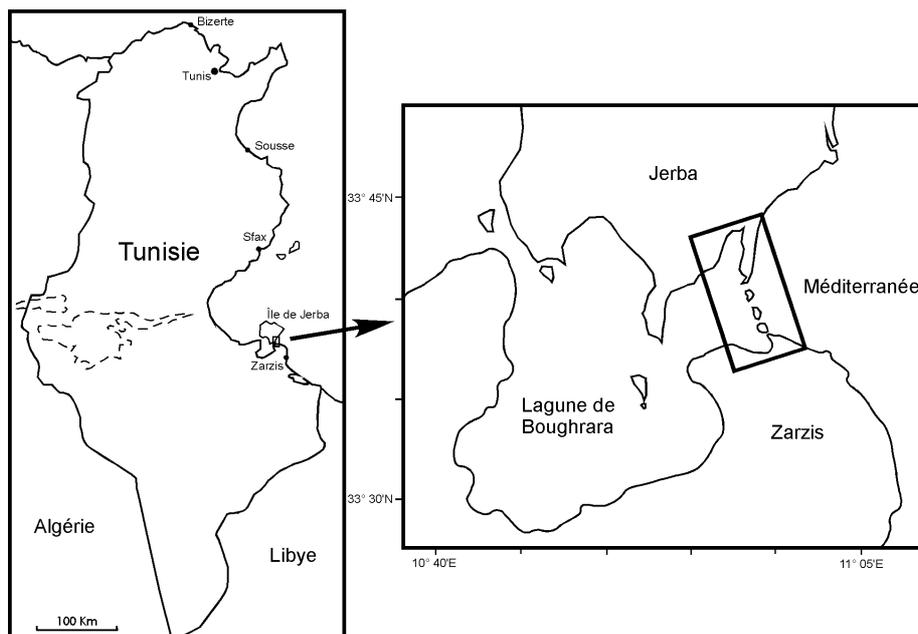


Figure 1. Localisation du secteur de Bin El Ouidiane.

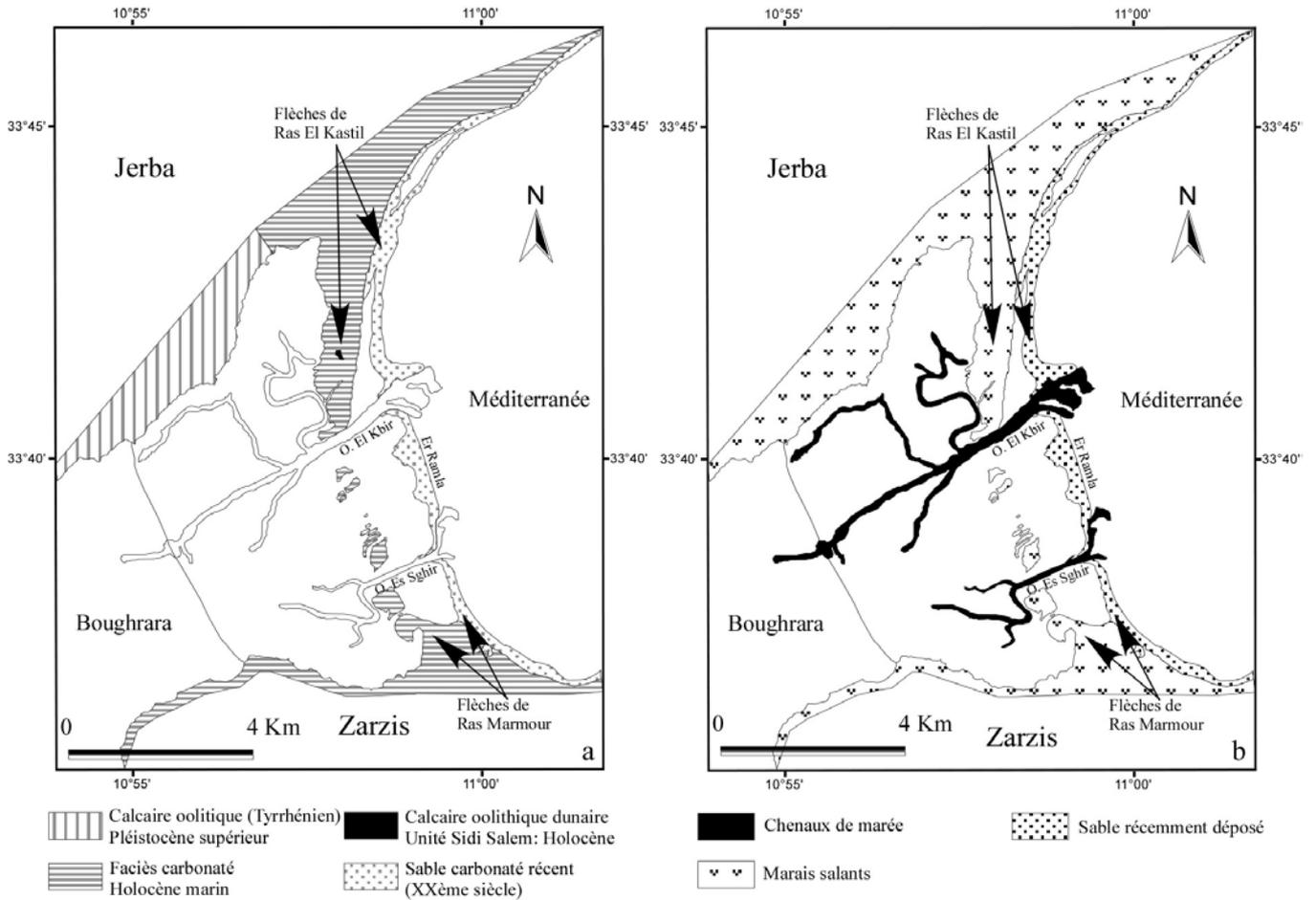


Figure 2. Géologie de la région de Bin El Ouidiane (a), et unités morphologiques et sédimentaires (b).

Cette région est d'un grand intérêt tant économique (tourisme et pêche) que scientifique, et ce en raison de : (i) sa position privilégiée, contrôlant les échanges marins entre la lagune de Boughrara et le large (Fig. 1) ; (ii) la diversité des éléments morphologiques et dynamiques (flèches fixées, flèches actives, chenaux de marée, lobes de tempêtes associées à une île barrière, îlots et lagon) ; (iii) l'évolution spatio-temporelle rapide de certains éléments morphologiques, qui suggère un déséquilibre environnemental causé à la fois par des phénomènes naturels et anthropiques.

Sur le plan géologique et géomorphologique (Fig. 2, a et b), plusieurs auteurs se sont intéressés à la région, dont Paskoff & Sanlaville (1983), Oueslati (1995), Jedoui & Perthuisot (1997) et Jedoui (2000). Ces auteurs ont décrit des affleurements tyrrhéniens constituant les côtes rocheuses, des terrains holocènes, dunaires (éolianite attribuée à l'unité Sidi Salem Paskoff & Sanlaville (1977) et marins carbonatés couvrant des flèches fossiles et des îlots (Jedoui 2000).

L'objectif du présent travail est de caractériser les changements morphosédimentaires subis par le secteur au cours des dernières décennies, à travers un suivi par l'analyse des photographies aériennes de l'évolution spatio-temporelle et du comportement morpho-dynamique des principaux corps sableux.

COLLECTE DE DONNEES ET ANALYSES

Plusieurs missions de terrain réalisées entre 2001 et 2003 ont permis l'observation détaillée des différents éléments morphologiques. Au cours de ces campagnes, plusieurs centaines d'échantillons de sédiments en mer et sur la côte ont été prélevés.

Les travaux de laboratoire ont été focalisés sur l'analyse des photographies aériennes prises au cours des années 1952, 1985, 1991 et 2001, afin de suivre l'évolution spatio-temporelle des principales composantes morphologiques. Cette analyse a été accompagnée par des observations microscopiques, des analyses calcimétriques, granulométriques et microgranulométriques qui ont permis de déterminer divers indices et paramètres texturaux.

Ce travail a également permis de construire une base de données numérique et graphique sous forme de cartes thématiques géoréférencées.

ELEMENTS MORPHOLOGIQUES

Le secteur de Bin El Ouidiane dévoile plusieurs éléments morphologiques et sédimentaires (Fig.2b) :

Flèches littorales. Il existe deux catégories de flèches littorales (Pl. I, Ph. 1), des flèches fossiles et des flèches récentes :

– les flèches fossiles, à ossature holocène, sont couvertes par des marais salants à végétation halophile dense, incisées à l'ouest par des chenaux de marée (*tidal creeks*) et montrant, par endroits, des petits lacs d'eaux salées (*salt pans*) ;

– les flèches récentes sont allongées parallèlement aux flèches mères, entre lesquelles s'individualisent des baies et des lagunes.

Les pointes libres de ces flèches littorales sont en position de fuite par rapport aux principaux chenaux de marée. Ceux-ci contrôlent l'orientation et l'extension des pointes, d'une part, et s'opposent au développement des flèches littorales d'autre part.

Ile barrière. L'île barrière Er Ramla (Pl. I, Ph. 2), allongée sur environ 4 km, est alignée avec les flèches littorales récentes. Elle se termine par deux crochets libres tournés vers l'ouest, et montre des lobes de tempête, accumulations sablo-silteuses mises en place pendant les grandes tempêtes, quand les houles venant du large débordent l'île barrière, remaniant le sable dunaire et celui de la plage, et déposent le matériel transporté en direction du lagon.

Îlots. Les îlots, alignés avec les anciennes flèches littorales au nord et au sud, sont orientés NW-SE. Ils sont couverts par les marais salants et entaillés par les chenaux de marée (Pl. II, Ph.1).

Côtes rocheuses. Les côtes rocheuses (Pl. II, Ph. 2) faisant partie de l'île de Jerba, montrent de petits promontoires de roches du Pléistocène supérieur (Paskoff & Sanlaville 1983, Oueslati 1995, Jedoui & Perthuisot 1997 et Jedoui 2000) ; ces roches sont recouvertes de marais salants.

Chenaux de marée. Les chenaux de marée assurent les échanges hydrosédimentaires entre le « lagon » et la mer. Ils sont de trois catégories (Pl. III, Ph. 1 & Ph. 2) :

– les chenaux de premier ordre (l'Oued El Kbir et l'Oued Es Sghir) sont généralement peu sinueux ; leur profondeur maximale, ne dépassant guère 8 m, diminue vers l'amont ; ils sont bordés par des levées légèrement bombées et émergées à marée basse et sont adjacents à des embouchures microtidales orientées vers le large ;

– les chenaux de second ordre, affluents des premiers ;

– les chenaux de troisième ordre sont petits, étroits, et de faible profondeur et extension ; ils sont représentés par les *tidal creeks*, petits chenaux incisant les marais salants et par les *challels*, entailles transversales aux levées des grands chenaux, permettant la vidange partielle de l'eau des vasières vers ces chenaux.

Lagon. Le « lagon » est une vaste étendue d'eau salée d'une profondeur allant jusqu'à 2 m ; il est incisé par les chenaux de marée et comporte des zones d'inter-chenaux. Le fond est recouvert de vase silteuse et marqué par l'individualisation de vasières, zones déprimées le plus souvent tapissées d'algues vertes et de posidonies.

RESULTATS SEDIMENTOLOGIQUES ET INTERPRETATION

Faciès granulométriques

La carte de répartition de la moyenne granulométrique (Fig. 3a) évoque des zones à fort hydrodynamisme, comme au

niveau des chenaux de marée et de la façade orientale de l'île barrière et de la nouvelle flèche de Ras El Kastil, où apparaît le matériel le plus grossier. Le sable moyen couvre une grande partie des plages et des cordons dunaires. Le lagon est le siège d'une sédimentation fine, notamment au niveau des vasières ; il est donc le siège des écoulements les plus faibles.

Classement des sables

Les sédiments mal triés prédominent dans le secteur de Bin El Ouidiane (Fig. 3b), en particulier au niveau du lagon, qui est parcouru par les chenaux de marée. Seule la façade orientale externe montre un sable bien à modérément classé façonné par l'action des vagues (plage) et du vent (cordon dunaire).

Répartition du taux de carbonates

L'île barrière Er Ramla et la nouvelle flèche de Ras Marmour sont formées d'un matériel sableux d'origine marine, exclusivement carbonaté apporté par les vagues et en grande partie par les courants de dérive littorale (Fig. 3c). Quant aux anciennes flèches littorales, la teneur en carbonates augmente depuis les racines où prédomine le matériel terrigène, jusqu'aux pointes où les chenaux de marée (*tidal creeks*) inondent les marais salants (Fig. 3c). Dans le « lagon », les vasières enregistrent des taux de carbonates relativement importants (Fig. 3c) ; elles sont non seulement alimentées en éléments carbonatés par les chenaux de marée, mais constituent également le siège d'une production de carbonates en relation avec la faune et la flore.

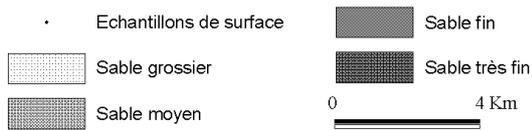
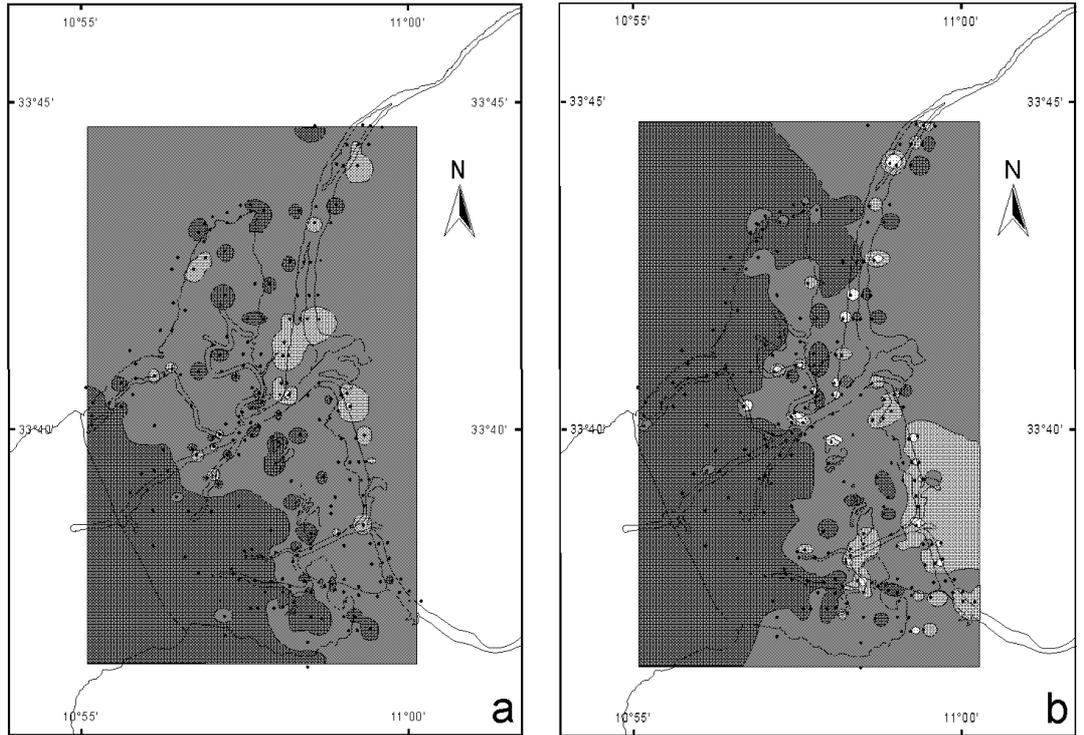
Rôle de l'hydrodynamisme dans l'érosion et l'engraissement du secteur d'étude

Les facteurs hydrodynamiques, comme les courants de dérive littorale, les chenaux de marée, les vagues et les vagues de tempête jouent un double rôle : ils sont responsables de l'envasement du lagon, de l'engraissement de la partie orientale du secteur ; de la formation de nouveaux corps sableux, mais engendrent également dans d'autres endroits, l'érosion de dépôts plus anciens, ou plus récents.

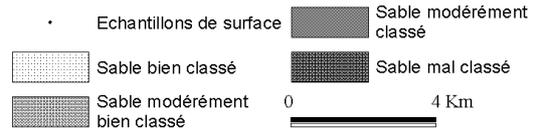
En effet, les nouvelles flèches littorales et les deltas de jusant se sont développés grâce au matériel apporté en grande partie par la dérive littorale dont l'une des sources d'alimentation est représentée par les plages orientales de l'île de Jerba et de la région de Zarzis (Fig. 4).

Par ailleurs, le système de chenaux de marée montre une grande ramification dans le lagon ; il contribue efficacement à l'envasement des vasières et alimente en partie les deltas tidaux par les courants de jusant. En bordure des chenaux de premier et second ordre, la conséquence de cet engraissement rapide est l'accrétion verticale importante des levées qui se trouvent émergées à marée basse.

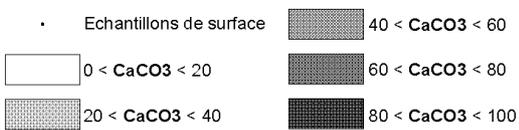
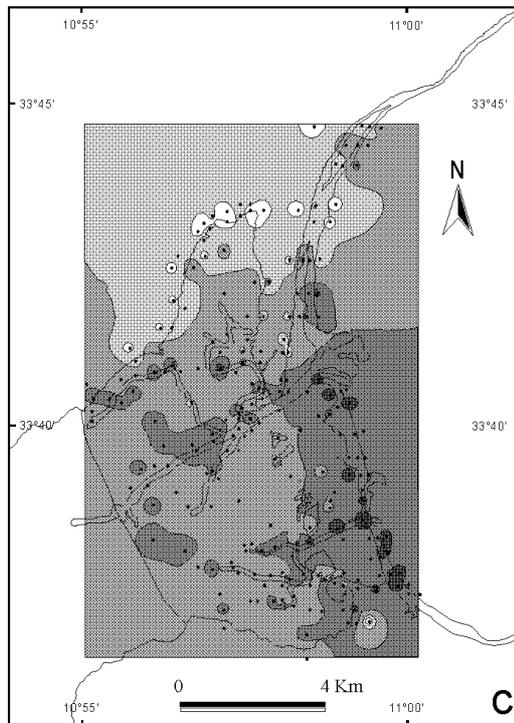
A l'opposé, ces mêmes chenaux de marée contrôlent la progression de l'île barrière et des flèches sableuses récentes soit vers le nord soit vers le sud. Les tempêtes sont responsables de la destruction partielle du profil des plages



a - Moyenne granulométrique



b - Classement du sable



c- Taux de carbonates

Figure 3. Paramètres sédimentologiques Des formations de la région de Bin El Ouidiane.

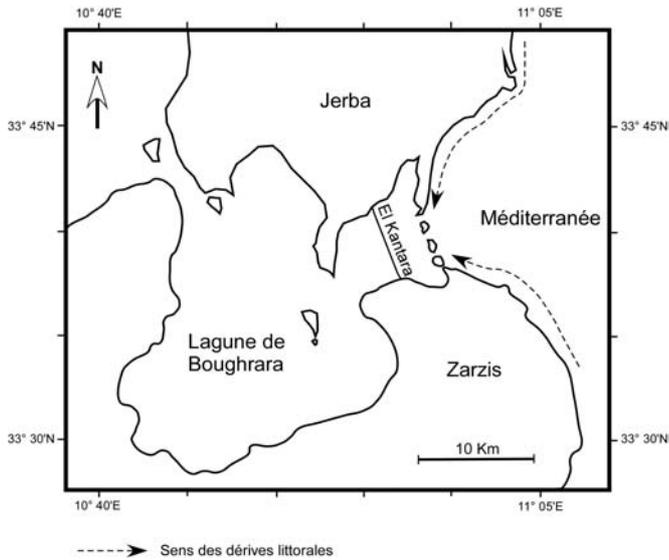


Figure 4. Convergence des dérivés littorales dans la région de Bin El Ouidiane.

orientales, par l'ouverture périodique de brèches et de passes permettant à l'eau marine de pénétrer et d'inonder les dépressions internes. Au niveau de la flèche récente de Ras El Kastil (Fig. 2b), l'ouverture de certaines brèches a permis l'apparition temporaire de nouvelles îles barrières et de deltas de flot et de jusant (Pl. IV, Ph. 1). Ces brèches sont colmatées pendant les périodes de beau temps par la dérive littorale.

EVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE D'ÎLES BARRIÈRES ET DES EMBOUCHURES MICRO-TIDALES

L'île barrière Er Ramla et la nouvelle flèche de Ras Marmour

Dans le secteur, plusieurs îles barrières se sont édifiées au cours de la seconde moitié du XXème siècle, dont les plus importantes sont celles d'Er-Ramla (Fig. 5A), formée parallèlement aux îlots, et de Ras Marmour, greffée sur une ancienne flèche littorale (Fig. 6B).

Les premiers processus d'édification des îles barrières d'Er-Ramla et de Ras Marmour ont été vraisemblablement facilités par une accumulation sableuse le long de hauts fonds rocheux de direction subméridienne.

Au cours des années 1980 du siècle dernier, cette accumulation sableuse s'est traduite par l'élargissement de la zone occupée par les replats de marée (*sand flats*). Une décennie plus tard, a eu lieu l'individualisation de plusieurs îles barrières (Fig. 5 A et B). Au début du XXIème siècle, deux îles barrières se sont soudées entre elles en formant une seule île que nous avons nommée « Er-Ramla ». L'île barrière de Ras Marmour s'est rattachée au continent, formant une flèche littorale. L'édification de ces nouveaux corps sableux a engendré une baisse de l'influence de la marée et de l'action des vagues, individualisant ainsi un lagon peu profond, protégé et calme.

Par ailleurs, l'île barrière Er Ramla a accusé une migration vers le lagon accompagnée du développement de lobes de

tempêtes (*washovers*), traduisant probablement l'amorce d'une rétrogradation qui n'est pas en contradiction avec l'élévation du niveau de la mer à l'échelle régionale et globale.

Sur le plan de l'impact sur l'environnement, le développement rapide de l'île barrière, la mobilité des flèches littorales récentes et la migration des deltas tidaux peut engendrer l'étranglement des principaux chenaux de marée et constituer une menace pour la navigation dans la région. Les actions anthropiques ont contribué également aux changements constatés comme par exemple :

- les modifications apportées à la chaussée romaine El Kantara par l'obstruction des ouvertures sous-marines, ont transformé cet ouvrage en barrage séparant le bassin de Bin El Ouidiane de la lagune de Boughrara ;
- l'implantation de zones balnéaires sur les dunes de plage des côtes orientales de Jerba et de Zarzis a accéléré les phénomènes érosifs à l'amont et a induit un ensablement et envasement excessifs à l'aval ;
- la pêche pratiquée par dragage a détruit l'herbier sous-marin, facteur prépondérant de stabilité et de maintien des sédiments sous-marins.

Embouchures microtidales : deltas de jusant

Les deltas de jusant reconnus dans le secteur sont situés entre l'île barrière Er Ramla et les nouvelles flèches littorales ; ils sont caractérisés par des corps sableux larges et allongés orientés vers le large. Ils sont adjacents aux passes tidales (Pl. IV, Ph.2).

Le delta de jusant de l'Oued Es Sghir (Fig. 6B) migre tantôt vers le nord, tantôt vers le sud. Ce déplacement est en sens opposé à celui de l'Oued El Kbir (Fig. 6A). Sur le plan hydrodynamique, cette évolution est semblable car elle s'effectue soit vers l'amont-dérive (*updrift*) soit vers l'aval-dérive (*downdrift*) par rapport à la direction principale de la dérive littorale (Fig. 6, A et B).

La morphodynamique des deltas de jusant dépend essentiellement de la migration des passes tidales. Pendant la deuxième moitié du XXème siècle, la phase couvrant la période comprise entre les années 1950 et les années 1980 (Fig. 6 A et B) est caractérisée par une mobilité des passes tidales des grands chenaux de marée vers l'amont-dérive. Les plates-formes de *swash* ont migré vers l'amont, mais également en direction du lagon (Fig. 6).

Dans les années 1990, ces embouchures micro-tidales ont subi un déplacement vers l'aval suite à l'accumulation du sable dans la plate-forme de *swash* amont par la dérive littorale et la migration en direction du lagon continue (Fig. 6 A et B).

Dans le détail, la baisse du prisme tidal (volume de sédiments entrant dans le lagon entre la basse et la pleine mer des vives eaux) causée par le barrage naturel que fait l'île barrière Er Ramla entre le « lagon » et la mer, a favorisé une intensité accrue de la dérive littorale induisant une migration des passes tidales vers l'aval et l'accumulation du sable sur les plates-formes de *swash* amont.

La phase allant des années 1990 jusqu'à 2000 révèle une nouvelle déviation de la passe tidale de l'Oued El Kbir vers

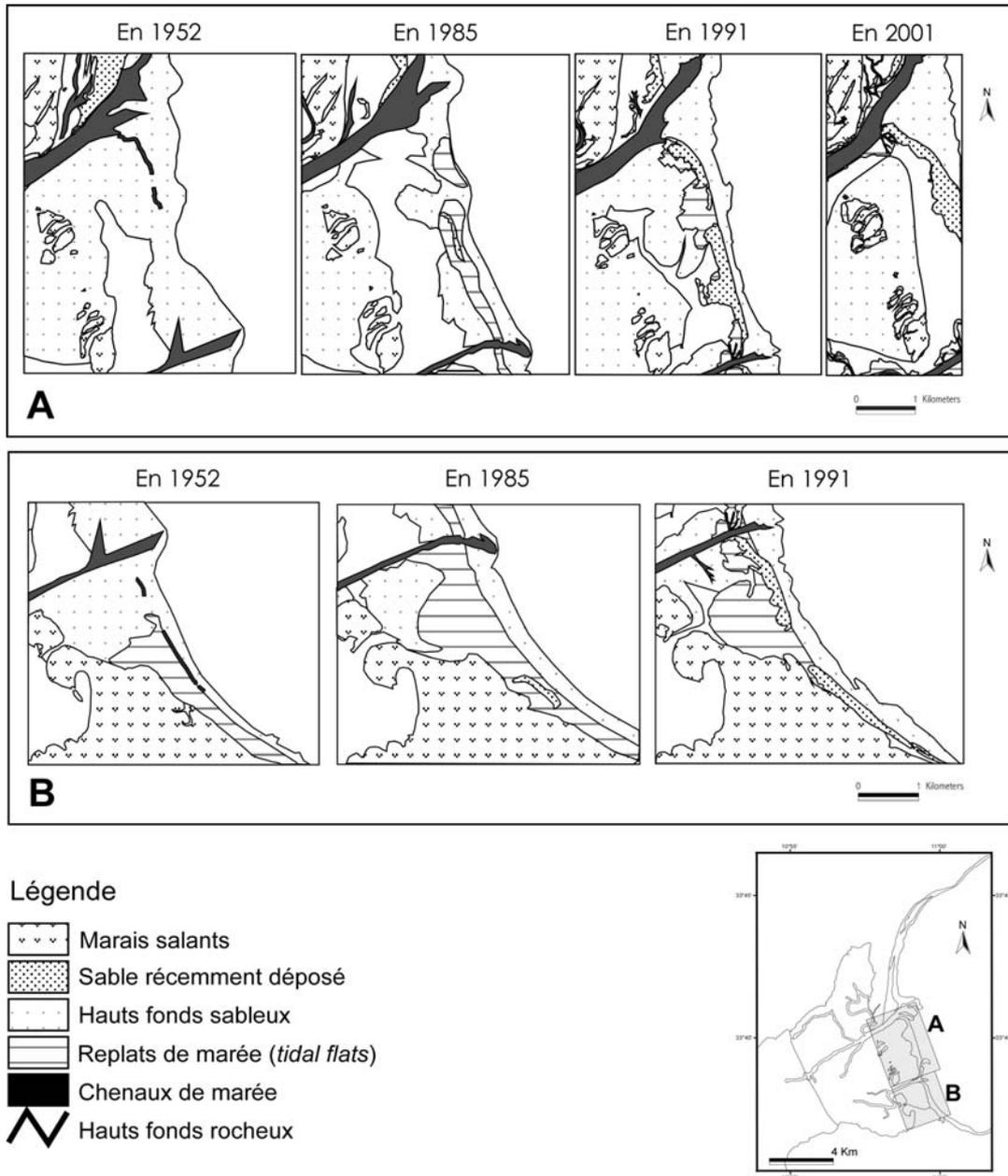


Figure 5. Formation et évolution de l'île barrière Er Ramla (A) et de la flèche récente de Ras Marmor (B).

l'amont (Fig. 6A). Cette modification est probablement expliquée par l'accumulation du sable dans la plate-forme de *swash* aval apportée par la nouvelle dérive littorale longeant la façade orientale de l'île barrière (er Ramla) ainsi que par des apports provenant du large.

CONCLUSION

Dans la région de Bin El Ouidiane, se développe un système d'îles barrières montrant une variété d'éléments morphologiques en perpétuelle évolution et dynamique. Les principaux résultats peuvent se résumer dans ce qui suit :

1. La présence de plusieurs flèches littorales fossiles et récentes associées à une mer peu profonde sous un régime microtidal montrant un complexe d'îles barrières. Ces îles

barrières sont apparues au cours de la seconde moitié du siècle dernier. L'île barrière Er Ramla, la plus développée, montre un matériel sableux exclusivement carbonaté apporté essentiellement de la dérive littorale et des vagues. Les lobes de tempête (*Washovers*), mis en place du côté du lagon, représentent l'une des manifestations de l'action des tempêtes et un témoin probable de l'élévation du niveau relatif de la mer ;

2. L'individualisation d'un lagon de faible profondeur, siège d'une sédimentation fine et vaseuse. Cet espace est découpé par un complexe de chenaux de marée pouvant être subdivisés en trois catégories :

– les grands chenaux généralement peu sinueux, sont les premiers responsables des différents types d'échanges entre le lagon et le large ;

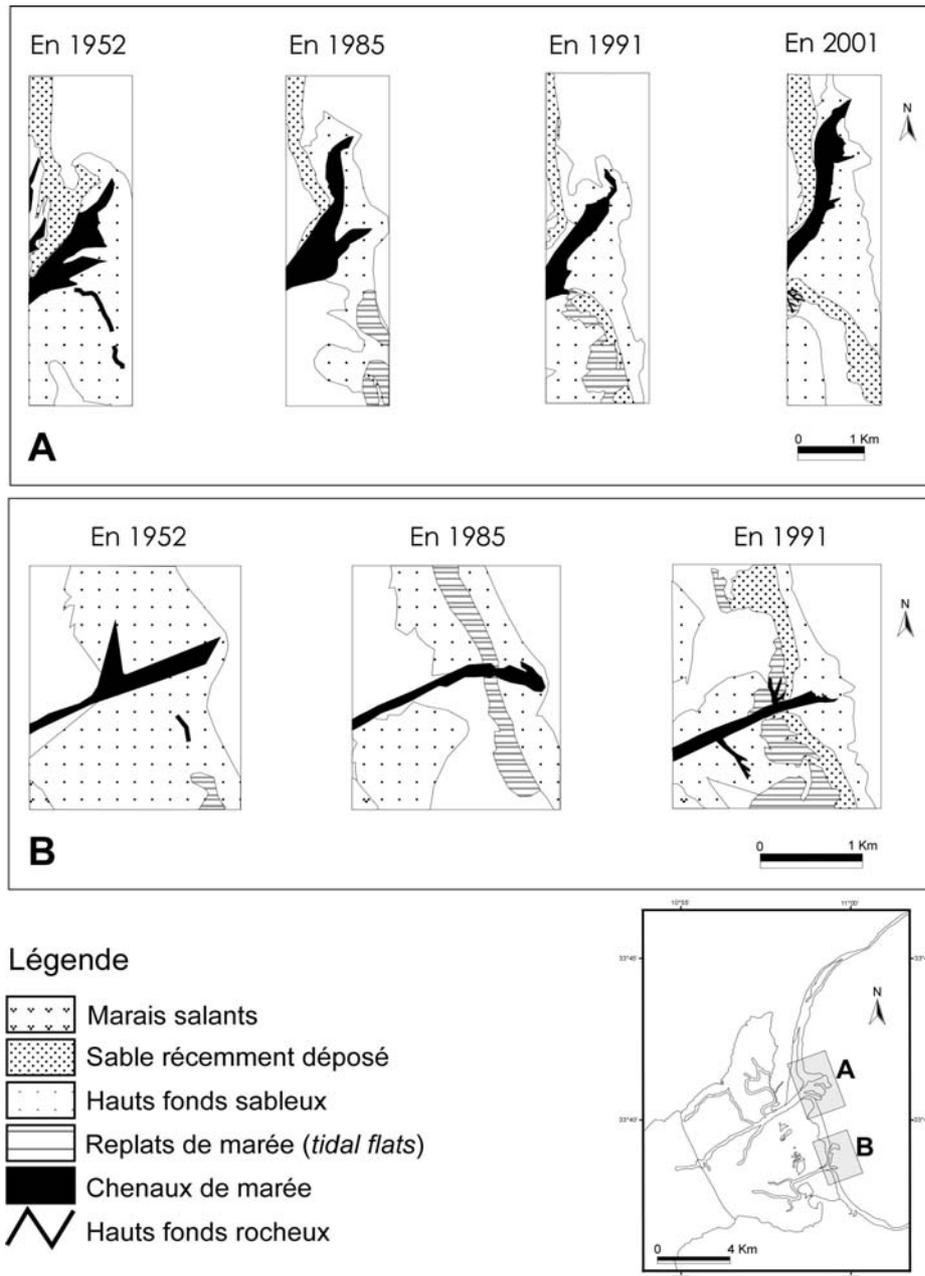


Figure 6. Evolution des deltas de jusant de l'Oued El Kbir (A) et l'Oued Es Sghir (B)

– les chenaux de second ordre découpent le lagon en petits bassins correspondant à des vasières tapissées d'algues ;

– les chenaux de troisième ordre parmi lesquels les *tidal creeks* alimentent les petits lacs salés *salt pans* ; quant aux « *challèl* », ils assurent la communication hydraulique entre les vasières et les grands chenaux.

3. La caractérisation d'embouchures microtidales dont certaines sont éphémères. Les principales embouchures de l'Oued El Kbir et l'Oued Es Sghir sont des appareils deltaïques de jusant résultant de l'interaction entre la dérive littorale, les courants de marée et les vagues. Ces appareils ont accusé une grande mobilité face aux actions hydrodynamiques les plus importantes. En effet, les courants de dérive littorale tendent à faire migrer les deltas

de jusant vers l'aval-dérive, alors que les vagues de marée haute tendent à les orienter vers l'amont-dérive.

4. Côté budget sédimentaire, les phénomènes érosifs sont caractérisés localement et sont engendrés par les courants de marée et l'action des tempêtes ; l'ensablement et l'envasement du lagon représentent le facteur prépondérant, et constituent la majeure préoccupation des pêcheurs de la région. La présence de la chaussée romaine El Kantara jouant le rôle de digue face aux échanges hydrodynamiques et sédimentaires avec la lagune de Boughrara vient aggraver la situation.

5. Enfin, la migration générale de tout le système vers le lagon traduit probablement une amorce de rétrogradation compatible avec l'élévation du niveau relatif de la mer. Ce

phénomène pourra probablement se poursuivre dans le cas où les conditions de réchauffement général seront maintenues.

Remerciements

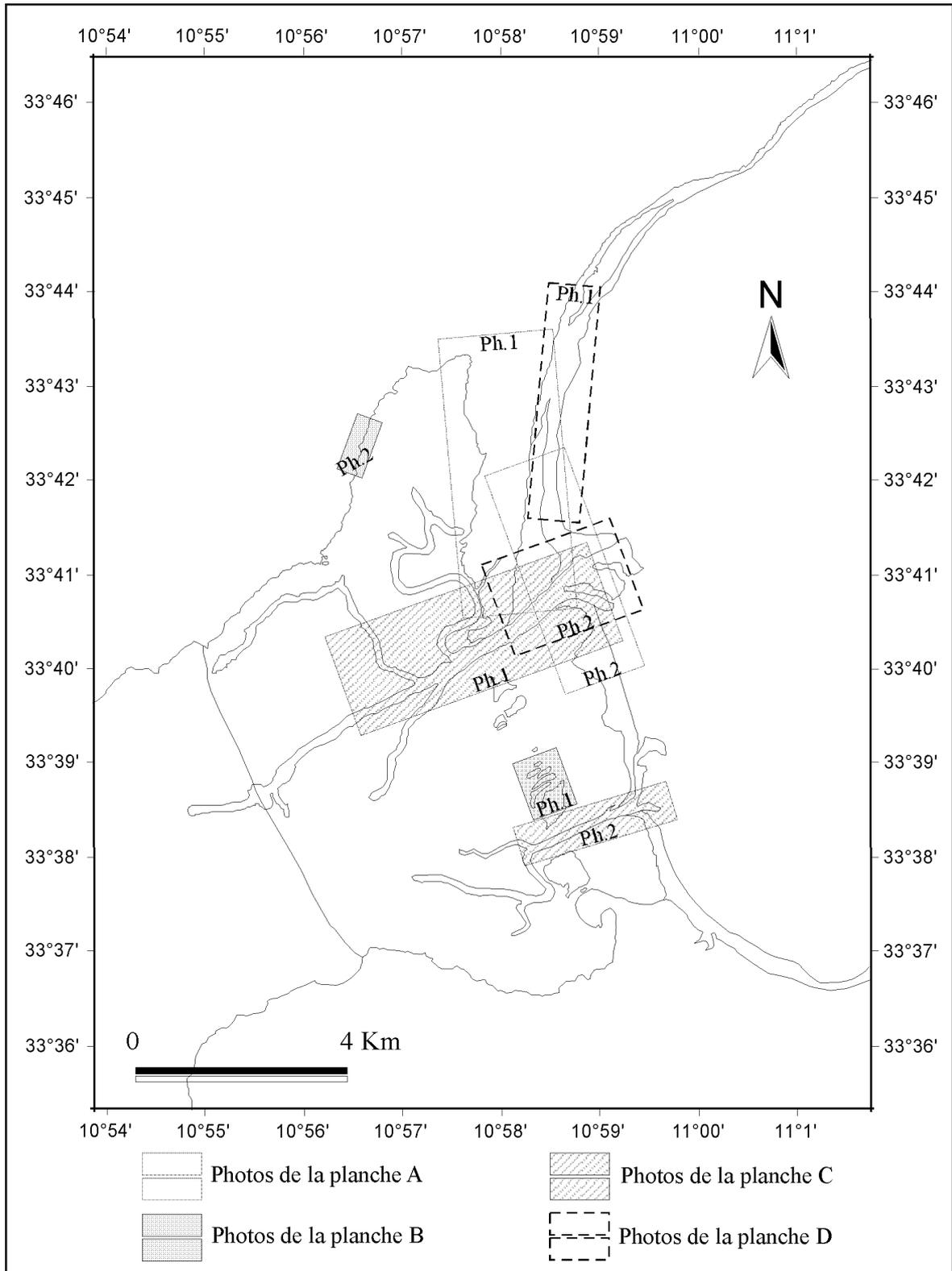
Nous tenons à remercier Messieurs Hefedh GARGOURI, ingénieur à l'ENIS pour son aide technique, ainsi que Tarek LOURIMI (pêcheur) pour avoir accompagné l'un de nous (S.M.)

au cours des campagnes d'échantillonnage en mer. Cette étude a été réalisée et financée dans le cadre des activités de l'unité de recherche Dynamique sédimentaire et Environnement 03/UR10-03 du Ministère de l'enseignement supérieur de Tunisie.

Nous remercions M. Christian CARRUESCO (Université de Bordeaux) et un évaluateur anonyme pour leurs remarques et suggestions qui ont permis d'améliorer le manuscrit.

Références

- Bruun P. 1978. *Stability of tidal inlets*. Developments in Geotechnical Engineering, Elsevier, 23, 510 p.
- Brunn P. & Gerritsen F. 1959. Natural by-passing of sand at coastal inlets. J. Waterways and Harbors Division, Proc. Am. Soc. Civil Eng., 85, 75-107.
- Goldsmith V., Bryne R., Sallenger A.H. & Drucker M.D. 1975. The influence of waves on the origin and development of the offset coastal inlets of the southern Delmarva Peninsula, Virginia. In : Cronin L.E. (ed.) - *Estuarine Research*, Vol. 2, Academic Press, New York, pp. 183-200.
- Hayes M.O. 1975. Morphology of sand accumulation in estuaries : an introduction to the symposium. In : Cronin L.E. (ed.) - *Estuarine Research*, Vol. 2, Academic Press, New York, pp. 3-22.
- Hayes M. O. 1979. Barrier islands morphology as function of tidal and wave regime. In : Leatherman S.P. (ed.) - *Barrier islands*, Academic Press, New York, pp. 1-27.
- Hayes M.O. 1980. General morphology and sediment patterns in tidal inlets. *Sed. Geol.*, 26, 139-156.
- Hubbard D.K., Barwis J.H. & Nummedal D. 1977. Sediment transport in four South Carolina inlets. Am. Soc. Civil Eng., Proceedings Coastal Sediments' 77, pp. 582-601.
- Jedoui Y. & Perthuisot J.P. 1997. Notice explicative de la carte géologique de la Tunisie à 1/100.000° Zarzis et Ajim, feuilles n° 93 et 84. *Ed. Serv. Geol.* (ONM), Tunis. 32 p.
- Jedoui Y. 2000. *Sédimentologie et géochronologie des dépôts littoraux quaternaires : reconstitution des variations des paléoclimats et du niveau marin dans le Sud-Est tunisien*. Thèse d'Etat, Univ. Tunis, 338 p.
- Nummedal D. & Fischer I.A. 1978. Process-response models for depositional shorelines : the German and Georgia bights. Am. Soc. Civil Eng., Proc. of the 16th Coastal Engineering Conference, pp. 1215-1231.
- O'Brien M.P. 1969. Equilibrium flow areas in inlets on sandy coasts. J. Waterways and Harbors Division, Proc. Am. Soc. Civil Eng., 95, 43-51.
- Oertel G.F. 1972. Sediment transport on estuary entrance shoals and the formation of swash platforms. *J. Sed. Petrogr.*, 42, 857-863.
- Oertel G.F. 1975. Ebb tidal deltas of Georgia estuaries. In : Cronin L.E. (ed.) - *Estuarine Research*, Vol. 2, Academic Press, New York, pp. 267-276;
- Oueslati A. 1995. Les îles de la Tunisie. *Série géographique n°10* - Tunis 1995. 368 p.
- Paskoff R. & Sanlaville P. 1983. Les côtes de la Tunisie : variations du niveau marin depuis le Tyrrhénien. *Collection de la maison de l'orient méditerranéen*, série géographique et préhistorique, 14, 189 p.
- Paskoff R. & Sanlaville P. 1977. Les formations quaternaires de l'île de Djerba (Tunisie) : essai sur les lignes de rivage. *C.R. Somm. Soc. géol. Fr.*, 4, 217-219.
- Manuscrit déposé auprès du Comité BSM-17 le 14 avril 2004
Transmis au Comité éditorial le 29 novembre 2004
Version modifiée acceptée le 22 juillet 2005*



Annexe. Emplacement des photos des planches I, II, III et IV

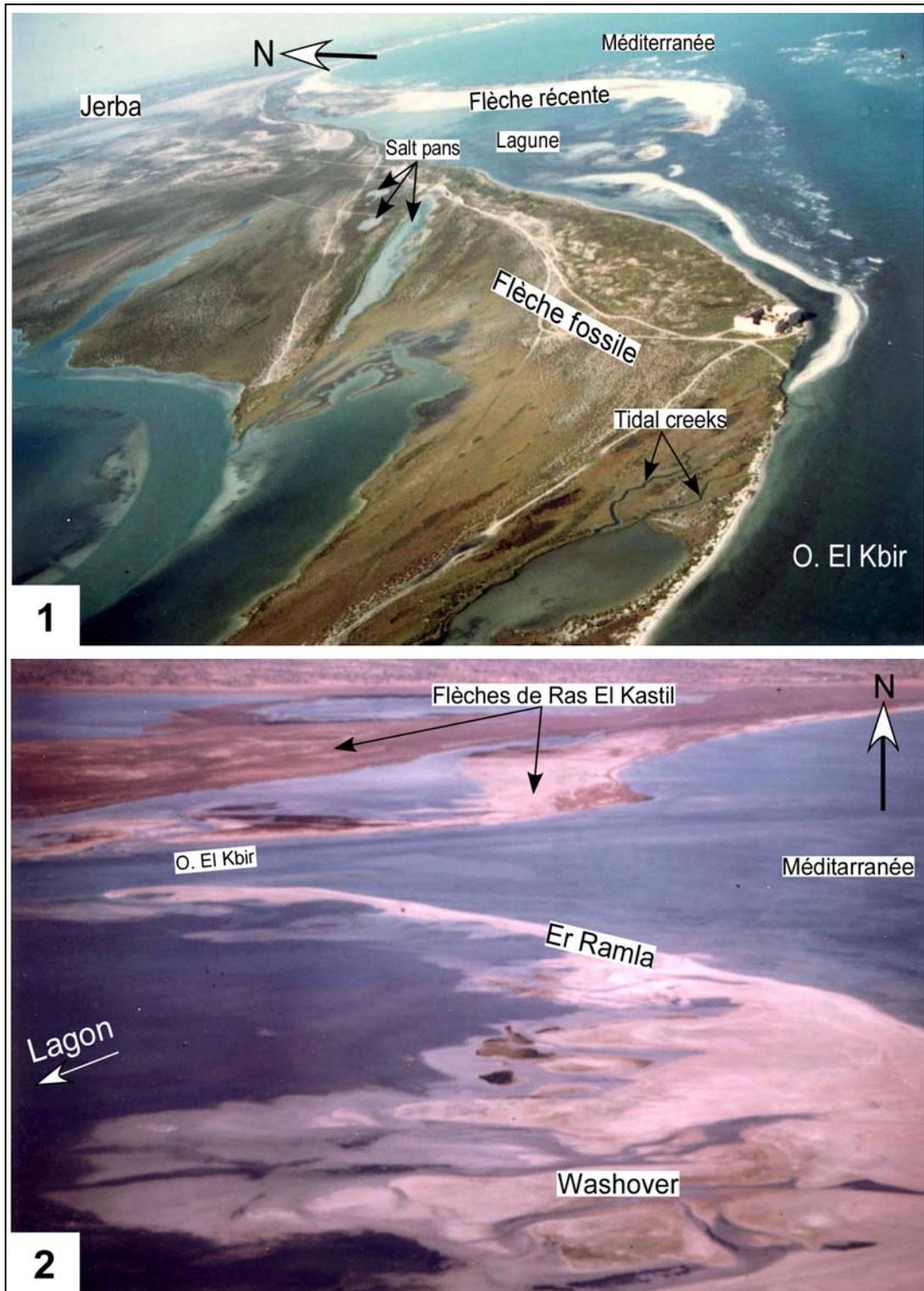


Planche I

Photographie 1. Vue aérienne vers l'île de Jerba, révélant les flèches littorales de Ras El Kastil (cliché aérien Y. M. 1994).

Photographie 2. Vue aérienne de l'île barrière Er Ramla montrant des dépôts de débordement (cliché aérien Y. M. 1994).

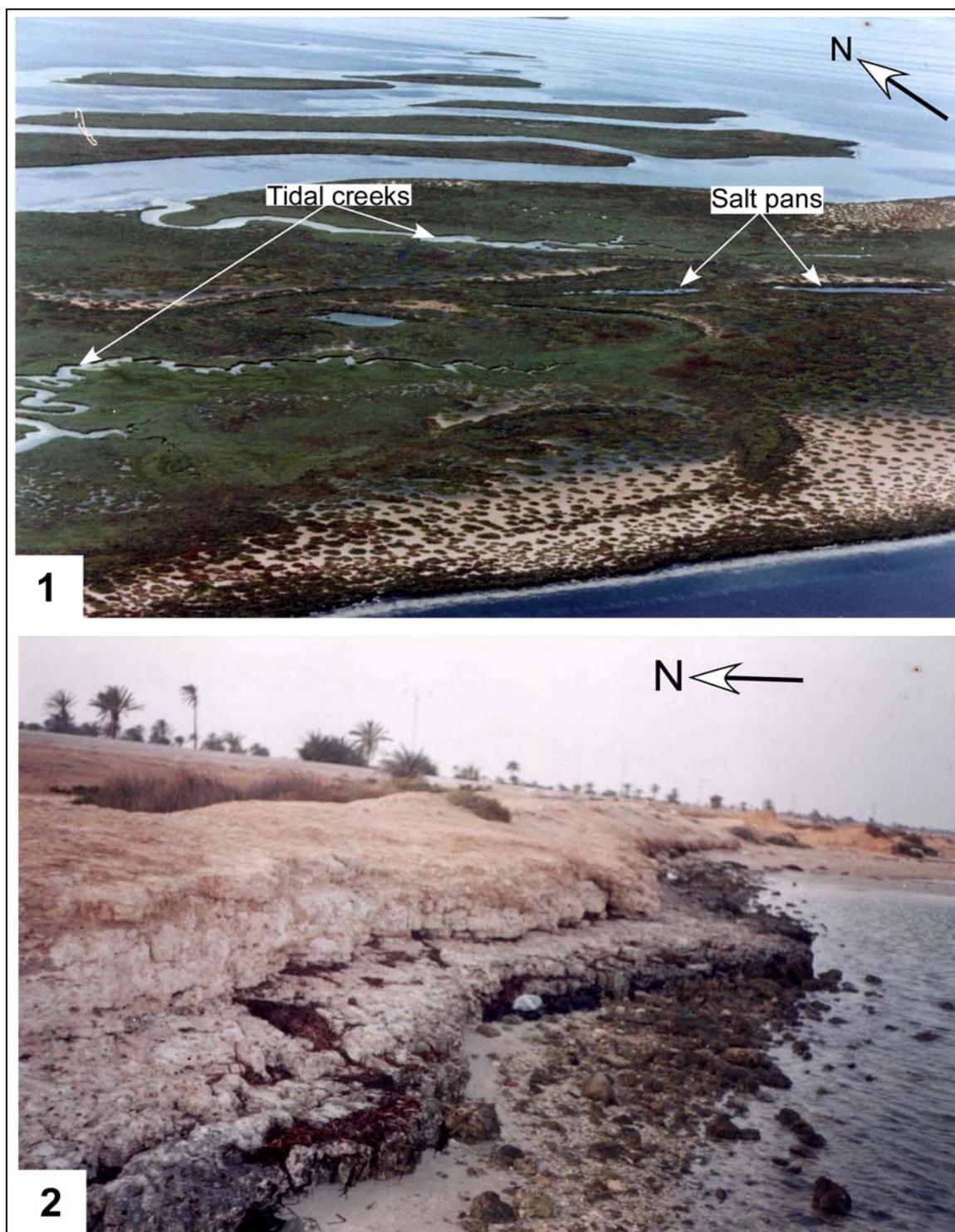


Planche II

Photographie 1. Vue aérienne des îlots (cliché Y. M. 1998)

Photographie 2. Côtes rocheuses.

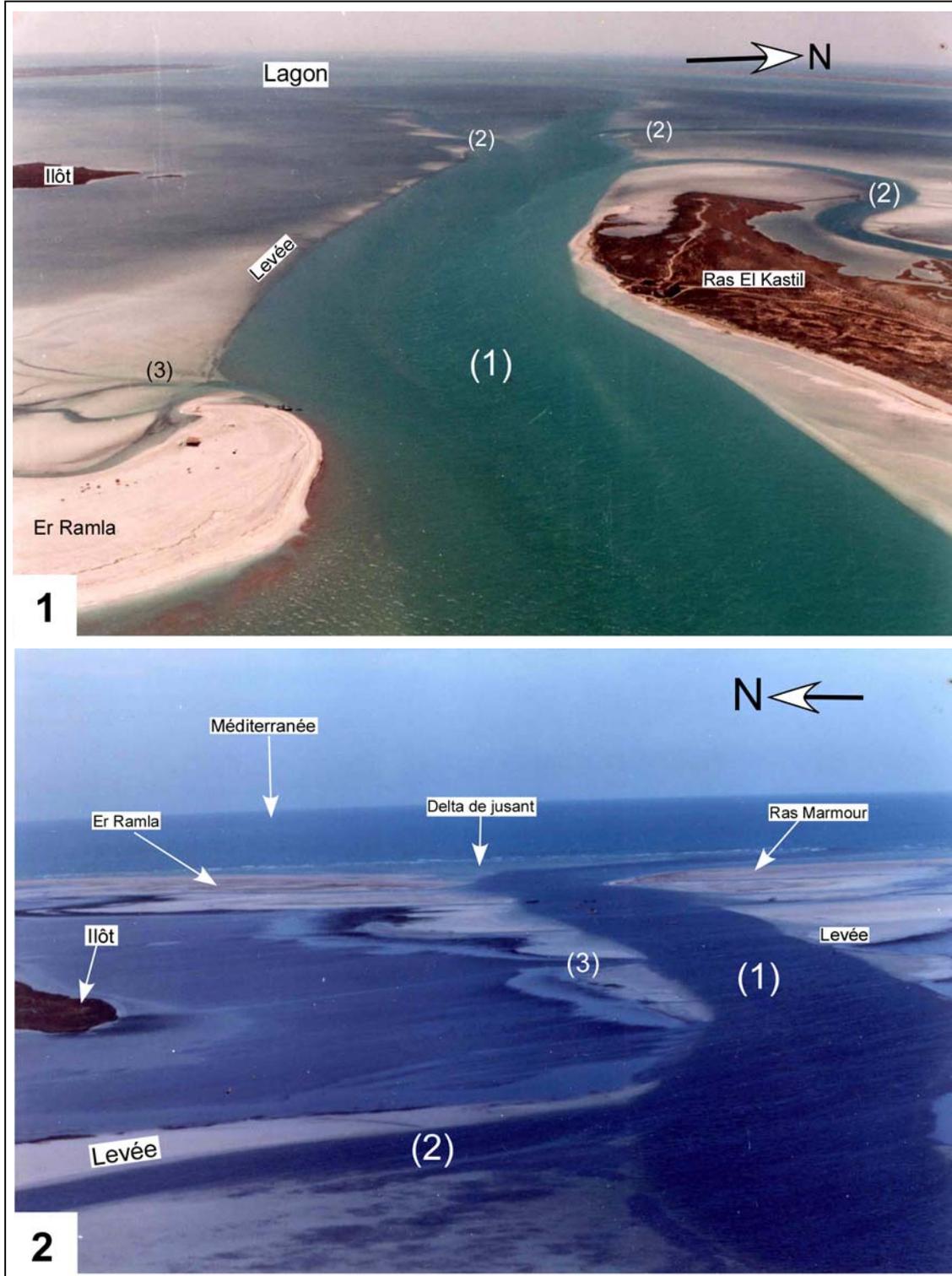


Planche III

Photographie 1. Vue aérienne du système de chenaux associé à l'Oued El Kbir (cliché Y. M. 1995).
(1) Canal de premier ordre (l'Oued El Kbir) (2) Chenaux de second ordre (3) chenaux de troisième ordre (*Challèl*)

Photographie 2. Vue aérienne du système de chenaux associé à l'Oued Es Sghir (cliché Y. M. 1996).
(1) Canal de premier ordre (l'Oued El Kbir) (2) Chenaux de second ordre (3) chenaux de troisième ordre (*Challèl*)

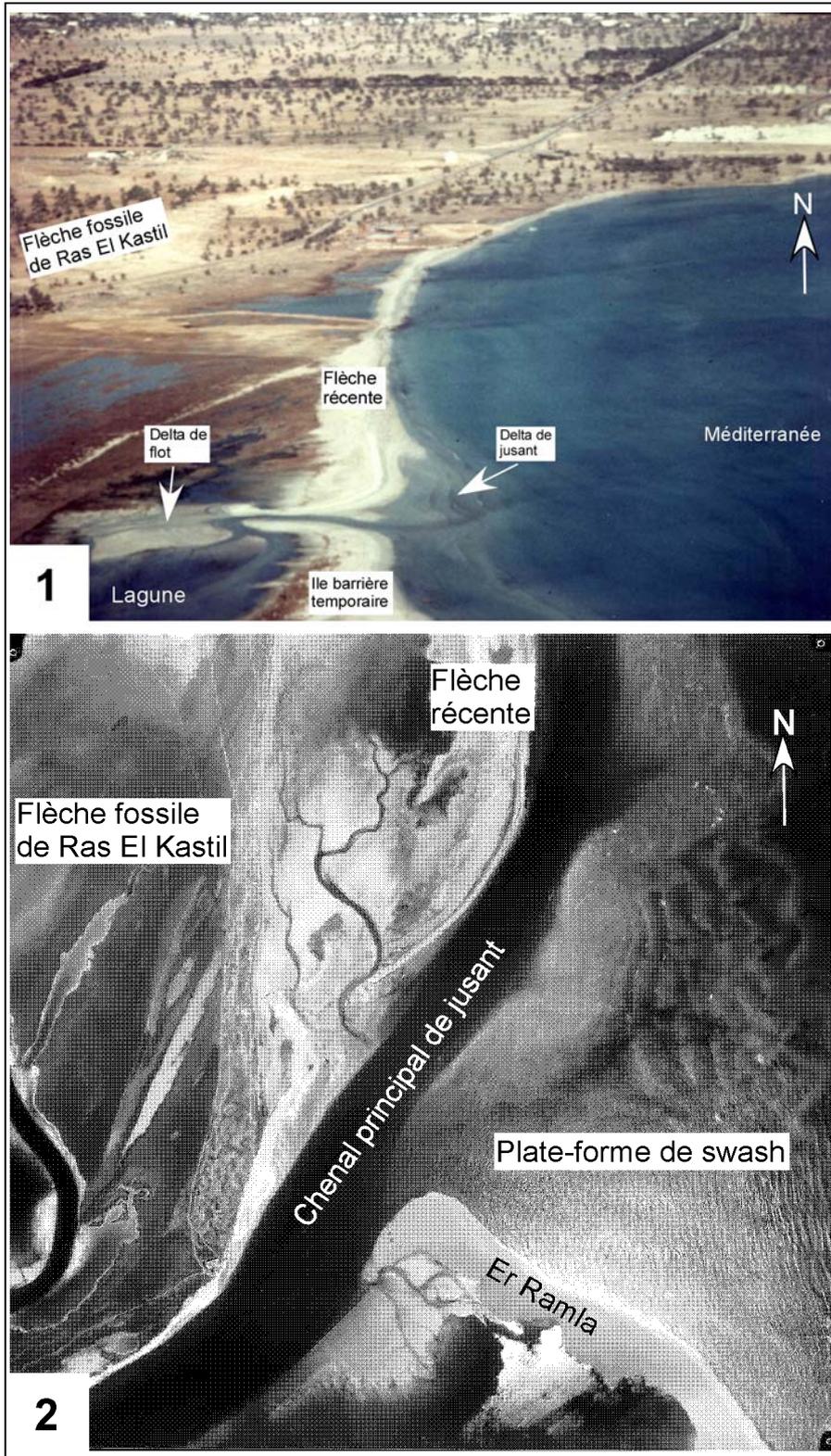


Planche IV

Photographie 1. Ouverture d'une passe tidale et mise en place temporaire d'une île barrière et deux deltas de flot et de jusant au niveau de la flèche récente de Ras El Kastil (cliché aérien de Y. M., 1993).

Photographie 2. Cliché aérien montrant les composantes du delta de jusant de l'Oued El Kbir (Office National de Topographie – Tunisie, mission 2001).