



Dynamiques environnementales

Journal international de géosciences et de l'environnement

48 | 2021
DE Varia

La flèche de Rass Errmal a Jerba (s.e. Tunisie) : prémices d'une déconnexion de l'île mère et risques associés

The spit of Ras Errmal in Jerba. (s.e Tunisia). Beginning of a disconnection of the island mother and associated risks

Zahra Akacha



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/dynenviron/5735>

DOI : 10.4000/dynenviron.5735

ISSN : 2534-4358

Éditeur

Presses universitaires de Bordeaux

Édition imprimée

Date de publication : 5 juin 2021

Pagination : 23-44

ISSN : 1968-469X

Référence électronique

Zahra Akacha, « La flèche de Rass Errmal a Jerba (s.e. Tunisie) : prémices d'une déconnexion de l'île mère et risques associés », *Dynamiques environnementales* [En ligne], 48 | 2021, mis en ligne le 01 juin 2022, consulté le 09 décembre 2022. URL : <http://journals.openedition.org/dynenviron/5735> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/dynenviron.5735>

Ce document a été généré automatiquement le 9 décembre 2022.



Creative Commons - Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International
- CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

La flèche de Rass Errmal a Jerba (s.e. Tunisie) : prémices d'une déconnexion de l'île mère et risques associés

The spit of Ras Errmal in Jerba. (s.e Tunisia). Beginning of a disconnection of the island mother and associated risks

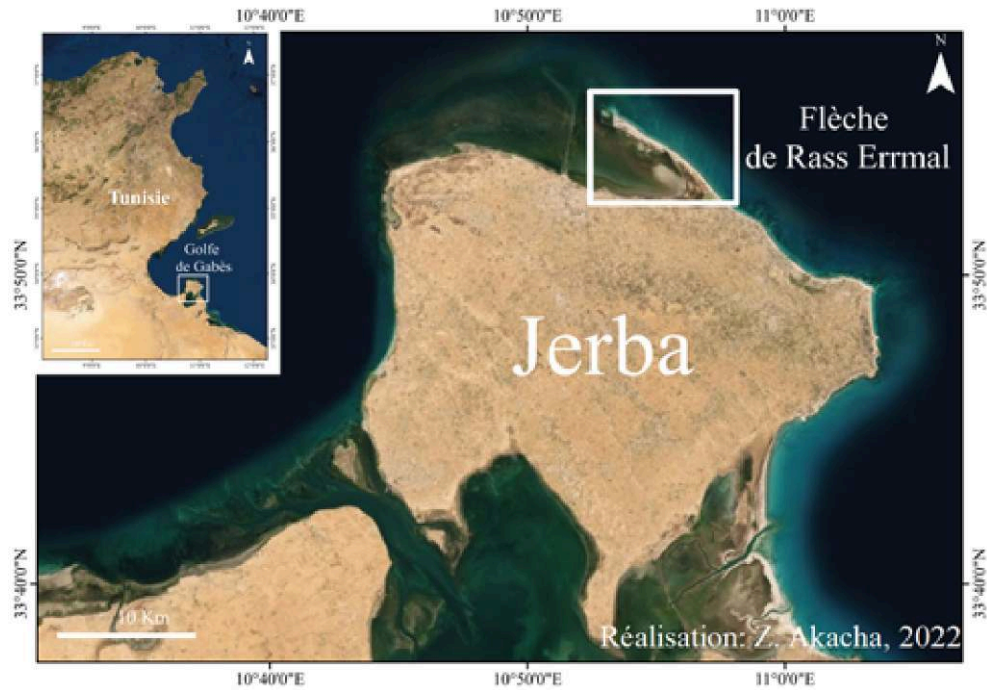
Zahra Akacha

Introduction

- 1 Située au nord de l'île de Jerba et allongée du sud-est au nord-ouest (fig. 1), la flèche de Rass Errmal est une langue de sable, longue de 8,33 km et qui abrite, du côté de sa face interne, un vaste marais maritime. Ce corps sableux a déjà retenu l'attention de différents chercheurs (Miossec & Paskoff, 1979 ; Oueslati, 1993, 2004 ; Masmoudi, 2010). L'accent avait été principalement mis sur deux points : l'allongement de la flèche d'une part, et l'érosion de certains segments de sa face externe d'autre part. L'explication de cette dynamique a souvent été cherchée dans les modifications de la charge sédimentaire de la dérive littorale en rapport avec la déstabilisation des plages de la zone touristique située dans le prolongement méridional de la flèche. La dérive littorale la plus active porte en effet vers le nord-ouest. La flèche a aussi retenu l'attention pour sa valeur paysagère et son intérêt de biodiversité ; elle est considérée, par des scientifiques ainsi que par certaines institutions publiques et des actifs de la société civile comme un espace à protéger (Paskoff, 1985 ; APAL, 2001 ; ASSIDJE, 2000).
- 2 Cette contribution essaie, par l'exploitation de différents documents cartographiques, photographiques et d'imagerie ainsi que par un travail de terrain, de préciser cette évolution et l'actualiser. Elle vise aussi à attirer l'attention sur une tendance préparant

à l'isolement de la flèche et les risques qui peuvent en découler surtout dans un contexte d'élévation du niveau marin.

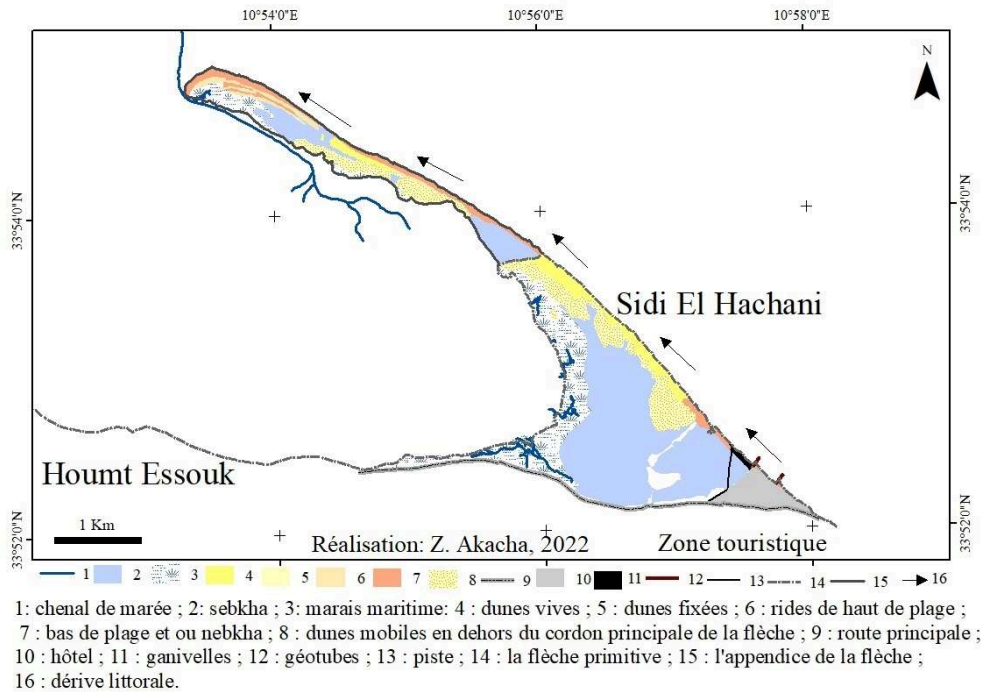
Figure 1 - Localisation de la flèche de Rass Errmal (source des images utilisées : image satellitaire de Google Earth 2018).



Une variété paysagère

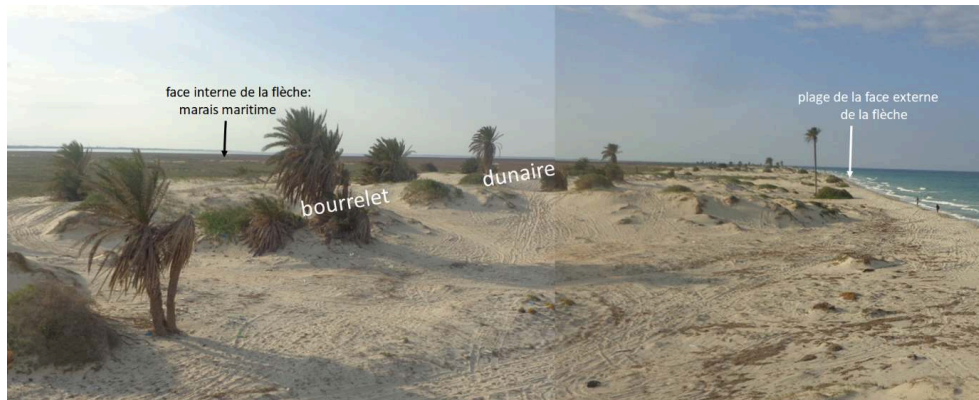
- 3 La plus grande des îles tunisiennes, Jerba se distingue aussi par son appartenance à la partie aride du pays ainsi que par la longueur de ses rivages, estimée à quelques 223,156 km (Oueslati, 2016). Ceci lui a permis, en dépit de sa topographie basse, d'avoir une morphologie variée dans laquelle se relaient côtes rocheuses, petites falaises, marais et plages sableuses. Ces dernières caractérisent surtout la partie orientale de l'île ; la flèche de Rass Errmal qui en fait partie forme une unité bien nette et individualisée sur les documents cartographiques. En fait, elle porte les témoins d'une évolution discontinue dans le temps. Miossec et Paskoff (1979) y ont distingué deux étapes. La première a permis la mise en place d'une « flèche primitive », déjà existante vers la fin du dix-neuvième siècle. La deuxième phase a vu, après 1907, l'allongement rapide du corps sableux par un « appendice ».
- 4 Actuellement, la flèche est un espace constitué d'une juxtaposition de milieux assez différents par leurs modelés, nature et contenu ainsi que par leur place dans le paysage d'ensemble (Akacha, 2021). Aussi, peut-on distinguer, du sud-est au nord-ouest (fig. 2) :

Figure 2 - Les différentes parties de la flèche et leur morphologie.



- 5 Une première unité qui correspond à une zone humide du type sebkha (Sidi El Hachani) et à des chotts d'une superficie de 60 ha et située à des altitudes très basses, puisque comprises entre 0 et -2 m. Sa surface est localement ponctuée par de petites nebkas isolées ou plus ou moins coalescentes, formées à la faveur de touffes d'une végétation halophile de hauteur rarement supérieure à 1 m. Sa face externe, qui intéresse un linéaire côtier d'environ 870 m, correspond à une plage sableuse sans dune bordière. Les marges internes montrent, du côté méridional contre la route qui mène vers Houmet Essouk, quelques petites accumulations sableuses et, du côté occidental, le passage à un schorre parcouru par un réseau dense de chenaux.
- 6 Une deuxième unité prolonge la précédente en direction du nord-ouest et se développe sur une longueur de 2,6 km. Elle correspond à « la flèche primitive » (Miossec & Paskoff, 1979) et se distingue par le fait qu'elle renferme les dunes les plus importantes. Elle forme un bourrelet continu large de 97 m qui s'interpose entre une plage sableuse étroite (4-9 m) du côté externe et un vaste schorre (-500 m) du côté interne, occupé par une formation serrée à salicornes et parcourue par un réseau de chenaux de marée assez dense. Les dunes, d'une altitude comprise entre 1 m et 2,5 m, sont de la famille des nebkas à flèche de sable au contact de la plage et de nebkas buissonnantes plus loin. La végétation est partout courte et assez espacée mais parfois ponctuée par des palmiers (fig. 3).

Figure 3 - Vue vers le nord-ouest, montrant un transect à travers la flèche primitive ; on reconnaît la plage de la face externe et le marais maritime de la face interne. Entre les deux, un bourrelet dunaire est pontué par une végétation psammophile et des palmiers (cliché : Z. Akacha).



- 7 Une troisième unité correspondant à une deuxième sebkha assez étendue (L : 700 m, l : 200 m). D'une superficie de l'ordre de 19 ha, elle s'ouvre sur la mer par une plage sableuse longue de 830 m mais sans dune bordière. Du côté interne, la place est bordée à un schorre.
- 8 Une quatrième unité, longue de 3,6 km, correspond à la partie la plus récente de la flèche connue, dans la bibliographie, sous l'appellation d'« appendice » (Miossec & Paskoff, 1979). Elle correspond principalement à une plage sableuse large (189 m) partiellement ponctuée par des nebkas de petite taille, isolées ou qui s'organisent pour former des rides plus ou moins continues, de hauteur pluridécimétrique à métrique et séparées par des creux allongés dans le même sens. Enfin, comme dans l'unité précédente, la partie interne correspond à un schorre. Ce dernier est cependant moins large et est commandé par un chenal de marée principal disposé parallèlement à la flèche.

Méthodologie de l'étude spatiale de l'évolution récente de la flèche de Rass Errmal

- 9 La flèche de Rass Errmal a connu des mutations importantes de sa morphologie. Mais c'est au niveau de sa longueur et de la position du rivage de sa face externe sableuse que l'évolution est la plus nette et offre le plus de possibilité pour un travail de quantification. Pour la face interne, constituée, on l'a vu, principalement de terres humides, l'évolution est moins perceptible. L'importance de la marée et l'absence, à cause de la végétation du schorre, d'un trait de côte toujours bien tranché ne nous ont pas permis une cartographie sûre.
- 10 Ce travail est basé sur deux approches complémentaires : une approche cartographique et des observations directes sur le terrain. Pour la première, on a exploité des supports cartographiques et des outils du système d'information géographique (SIG) afin d'étudier l'évolution des rivages de l'île. Le terrain a permis de relever les indicateurs géomorphologiques d'une telle évolution et de mieux apprécier la dynamique des différents milieux et leur sensibilité aux tendances récentes de l'évolution sous l'effet des agents naturels et humains. Les observations directes ont

également permis de compléter et de vérifier les résultats obtenus par l'approche cartographique.

- 11 L'analyse de la cinématique du trait de côte a été réalisée sur une période de 90 ans en se basant sur une carte topographique détaillée, des photographies aériennes et une image satellitaire (tab. I). Pour les documents utilisés, la ligne de côte de référence a été définie comme étant la position instantanée de la ligne de rivage qui est très souvent utilisée lorsqu'on travaille dans un contexte mésotidal comme celui de la Méditerranée (terminologie en accord avec Boak et Turner, 2005). Mais, vu l'impossibilité de reconstituer l'état de la marée au moment de la prise des photographies aériennes ou de l'image satellitaire, on a considéré une incertitude maximale de ± 6 m en prenant en considération la platitude de l'estran et la valeur de la marée dont l'amplitude moyenne se situe autour de 0,8 m (APAL, 2001). Les différents documents cartographiques utilisés ont été géoréférencés à l'aide du logiciel Arc Map 10.2.1 sous la projection WGS 1984 UTM Zone 32N.

Tableau 1- Les documents utilisés pour le suivi de l'évolution de la position du trait de côte.

Type de document	Date	Echelle et/ou résolution	Source
Carte topographique	Travaux de terrain 1907 et carte topographique 1928	1/100 000	Service géographique de l'armée française, Paris, 1/100000 ISBN : B24_076_1928
Photographies aériennes	1963	1/12 500	Office de la Topographie et du Cadastre tunisien
Photographies aériennes	1985	1/25 000	Office de la Topographie et du Cadastre tunisien
Image satellitaire	2018	15 m	Image landsat copernicus

- 12 La mesure de la variation de la position du rivage est traitée à partir de l'application DSAS (Digital Shoreline Analysis System) qui s'utilise essentiellement comme une extension d'ArcGIS. En fait, la variation de la distance est mesurée à intervalles réguliers sur l'ensemble de l'objet considéré en s'appuyant sur des profils « transects », tracés perpendiculairement à la 'baseline'. Cette dernière, est définie comme étant une ligne de référence parallèle à la côte qui permet au logiciel de calculer automatiquement le taux de variation de la ligne du rivage (Kulling, 2013). Trois indicateurs statistiques de quantification ont été choisis : le taux de variation nette de la position du rivage (indice NSM), le taux de variation annuel moyen (indice LRR) et le coefficient de détermination linéaire du trait de côte dans le temps et dans l'espace (R^2).

L'apport du traitement des documents utilisés : trois périodes assez bien tranchées

- 13 L'exploitation des différents documents précités a permis de distinguer trois périodes bien distinctes dans l'évolution de la flèche : une première période antérieure à 1963, une deuxième période de 1963 à 1991 et une troisième période de 1991 à 2018.

Avant les années 1960 : une conjoncture de progradation

- 14 Entre 1928 et 1963, le corps primitif de la flèche a connu une tendance générale caractérisée par une progradation de la ligne de rivage depuis sa racine jusqu'à sa pointe (Fig. 2). Ceci s'est manifesté principalement à travers la partie sableuse, à savoir la face externe et la pointe de cette flèche. Les valeurs enregistrées ont varié entre 130 et 230 m, ce qui a permis un gain surfacique, par cette extension latérale ou élargissement, de l'ordre de 45 ha (fig. 4).
- 15 L'importance de cette dynamique s'exprime aussi à travers le rythme annuel de l'avancée de la ligne de rivage, compris entre 5 et 8,7 m, avec un taux moyen de 7 m. Du côté spatio-temporel, le taux de corrélation (R^2) indique un rythme stable d'évolution puisqu'il varie entre 1 et 0,6 soit 0,8 en moyenne.
- 16 La figure 4 montre aussi que le processus de l'allongement de la flèche annonçant la formation de l'appendice a déjà été engagé au début des années 1960. Les valeurs obtenues se situent entre 1,7 et 1,9 km, soit un rythme annuel variant entre 46 et 54 m. En terme de surface, il s'agit d'un gain, par cet allongement, de quelques 24,5 ha. Ainsi la flèche a gagné, par élargissement et allongement, un total de 69,5 ha, soit 21718,75 m²/an.

Figure 4 - L'évolution de la position du trait de côte et de la forme de la flèche de Rass Errmal, de 1928 à 1963. 1- trait de côte en 1963 ; 2- trait de côte en 1928 ; 3- dérive littorale (sources : carte topographique de Houmt Essouk en 1928 1/50000 et photographies aériennes de la mission 1963 ; réalisation : Z. Akacha).



Entre 1963 et 1991 : un rythme d'allongement rapide et un début d'érosion des plages situées en amont

- 17 Entre les années 1960 et les années 1990, la mobilité du trait de côte s'est traduite par une érosion de la face externe du corps primitif. En même temps la progression vers le nord-ouest, a continué, confirmant la formation de l'appendice.
- 18 L'érosion la plus sévère a touché la partie la plus proche de la racine de la flèche, avec un recul de l'ordre de 90 m, soit un rythme annuel de 3,21 m. Ailleurs, la valeur du recul a varié entre 1 et 3 m/an. La perte surfacique est estimée à quelque 13 ha. De son côté, la corrélation spatio-temporelle d'évolution de la position du trait de côte montre une forte variation, indiquant une instabilité du rythme d'évolution et une perturbation de la dynamique morpho-sédimentaire (fig. 5).

Figure 5 - L'évolution de la position du trait de côte et de la forme du corps primitif de la flèche de Rass Errmal, de 1963 à 1991. 1- trait de côte en 1991 ; 2- trait de côte en 1963 ; 3- dérive littorale (sources : photographies aériennes des missions de 1963 et 1991 ; réalisation : Z. Akacha).



- 19 Concernant l'appendice de la flèche, l'analyse de l'évolution de la position du rivage sur les 28 ans de la même période montre un rythme d'allongement très remarquable témoignant d'une dynamique particulièrement intense (fig. 6). La progression s'est faite sur environ 1,8 km avec un rythme annuel de 64 m. Sur le plan surfacique, ce segment côtier a gagné au moins 92 ha, soit plus de 3 ha/an.

Figure 6 - L'évolution de la position du trait de côte et de la forme de l'appendice de la flèche de Rass Ermal, de 1963 à 1991. 1- trait de côte en 1991 ; 2- trait de côte en 1963 ; 3- dérive littorale (sources : photographies aériennes des missions de 1963 et 1991 ; réalisation : Z. Akacha).



De 1991 à 2018: L'érosion s'étend à toute la flèche

- 20 En comparant l'évolution de la position du trait de côte, avec celle de la période précédente, on constate une accélération du rythme de recul de la ligne de rivage. De plus, l'érosion touche l'ensemble de la flèche à l'exception de sa pointe qui a continué à progresser mais à un rythme ralenti.

Au niveau du corps primitif

- 21 Le retrait de la ligne du rivage s'est accentué (fig. 7). Les valeurs de recul total se situent, pour l'ensemble de la période, autour de 60 m. Elles sont les plus élevées au niveau de la racine et de la pointe de ce corps où elles atteignent respectivement 150 m et 100 m. Le taux annuel moyen du retrait de la ligne de rivage a varié entre 1,5 et 3,5 m. Ce recul qui traduit un bilan sédimentaire négatif est à l'origine d'une perte d'une superficie de l'ordre de 12 ha, soit 4444 m²/ an.
- 22 La corrélation spatio-temporelle de l'évolution de la position du trait de côte du corps primitif de la flèche confirme qu'à partir des années 1990, le rythme de retrait s'est accentué et la tendance au recul est en accélération.

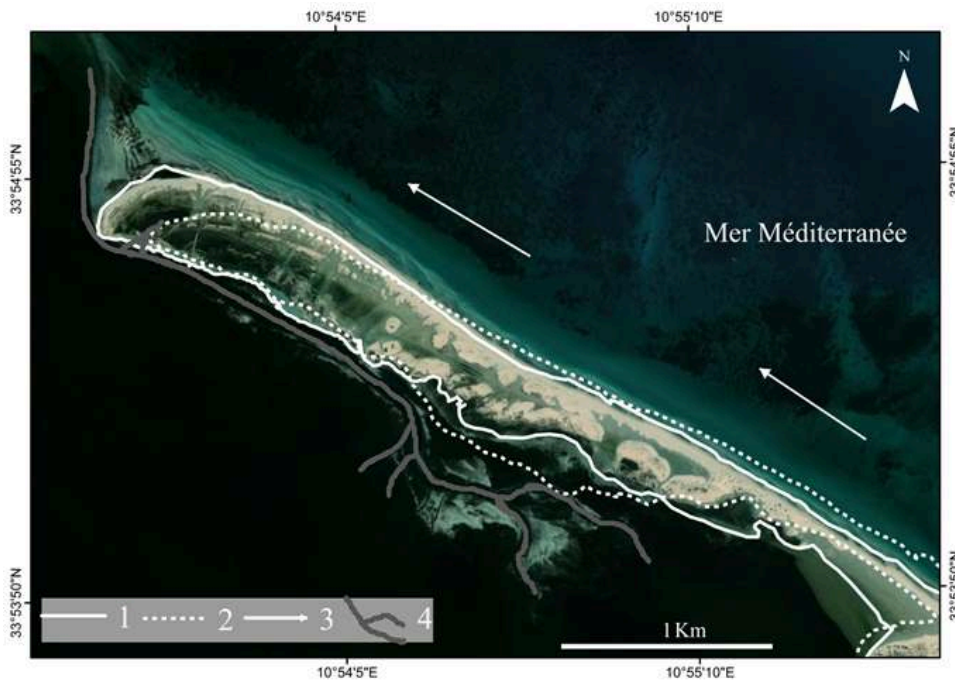
Figure 7 - L'évolution de la position du trait de côte et de la forme du corps primitif de la flèche de Rass Errmal, de 1991 à 2018. 1- trait de côte en 2018 ; 2- trait de côte en 1991 ; 3- dérive littorale ; (sources : photographies aériennes de la mission 1991 et image satellitaire de Google Earth 2018 ; réalisation : Z. Akacha).



Au niveau de l'appendice

- 23 Au cours de la même période, la ligne de rivage de la face marine de cette partie de la flèche a reculé en moyenne de 80 m. Toutefois, l'accrétion a continué au niveau de la pointe. Elle a été de l'ordre de 740 m, soit 27 m/an et a permis un gain de terrain estimé à 28 ha, soit 10370 m²/an. Ceci équivaut au tiers de la superficie gagnée par rapport la période précédente (1963-1991). Mais cette tendance est aujourd'hui bloquée par un chenal de marée qui oblige la dérive littorale à déposer sa charge plutôt dans l'avant-côte. C'est ce que suggère d'ailleurs le panache blanc visible sur les images les plus récentes (fig. 8), dans le domaine de l'avant-côte autour de la pointe, notamment du côté du large.

Figure 8 - L'évolution de la position du trait de côte et de la forme de l'appendice de la flèche de Rass Ermal, de 1991 à 2018. 1- trait de côte en 2018 ; 2- trait de côte en 1991 ; 3- dérive littorale ; 4- chenal de marée (sources : photographies aériennes de la mission 1991 et image satellitaire de Google Earth 2018 ; réalisation : Z. Akacha).



- 24 Le coefficient de corrélation spatio-temporelle d'évolution du rivage de l'appendice de la flèche est élevé puisque situé autour de 0,9 en moyenne. Cette forte corrélation indique que le sens et la vitesse de variation spatio-temporelle sont homogènes et que le rythme de régression ainsi que l'allongement de la flèche ont été constants durant la période étudiée.

La confirmation par l'observation directe du terrain

- 25 Sur le terrain, la tendance érosive se manifeste par un amaigrissement continu du bas de plage, qui perd en largeur et en épaisseur. Dans la plage de la partie distale, peu épaisse et dépourvue de dunes comme déjà signalé, le retrait du rivage semble s'inscrire dans le cadre d'une migration du corps sableux vers l'intérieur. La végétation du schorre formé à l'abri de la flèche est en effet en train de subir une dynamique d'ensevelissement par les sables de la plage. Au niveau du corps primitif, les formes d'érosion sont plus manifestes. Outre la réduction de la largeur de la plage, les rides dunaires sont un peu partout taillées par une falaise vive. La perte de terrain au profit de la mer se lit aussi à travers la végétation régulièrement déchaussée mais aussi par des palmiers rattrapés par la mer et parfois abattus sur l'estran. Miossec & Paskoff (1979) avaient déjà décrit les ruines d'une construction démolie par les vagues et gisant sur la bas de plage. Ces ruines attribuées au marabout de Sidi El Hachani ne sont plus visibles, car rattrapées par le rivage et annexées au domaine de l'avant-côte. Aujourd'hui, les vagues entament une construction plus récente (fig. 9) située en arrière de l'endroit où se trouvaient de telles ruines. Cette construction, abandonnée, était encore à l'abri au cours des années 2010.

Figure 9 - Construction abandonnée dans la partie proximale de la flèche. Déjà entamée par l'érosion, elle occupe une position en arrière de l'emplacement du marabout de Sidi El Hachani appartenant désormais au domaine de l'avant-côte : la preuve d'une continuation de la dynamique du retrait du rivage (cliché : Z. Akacha).



- 26 Sur le terrain, les indices géomorphologiques les plus manifestes de l'affaiblissement de la flèche se concentrent toutefois vers la racine de celle-ci. La plage est devenue très mince et parfois discontinue laissant la place à des affleurements de matériaux vaseux appartenant à la sebkha de Sidi El Hachani située immédiatement en arrière. De plus, une brèche y est ouverte et est relayée par un chenal en extension en direction de la sebkha. Cette brèche voit sa largeur et sa longueur varier d'une année à l'autre, comme le montrent différentes missions d'images satellitaires de Google Earth, sans doute en fonction des données météomarine. En décembre 2012, elles ont atteint respectivement 31 m et 328 m ; en décembre 2013 la largeur est passée à 150 m environ. Mais la tendance générale va dans le sens d'une confirmation et d'une extension. L'examen des mêmes images et leur date de réalisation laissent aussi penser que l'ouverture de la brèche est saisonnière. Elle caractérise la saison hivernale mais certainement aussi les moments de tempêtes. Il s'ensuit souvent la submersion de Sabkhet Sidi El Hachani, comme le montre l'image de février 2015 (fig. 10).

Figure 10 - Brèche ouverte au niveau de la racine de la flèche de Rass Errmal : témoin d'un stade avancé dans l'affaiblissement du corps sableux (sources : décembre 2012 : Image landsat 7 copernicus 2012 ; juillet 2013 : Image landsat 8 copernicus 2013 ; février 2015 : Image landsat 8 copernicus 2015).



Synthèse de l'évolution

- 27 La figure 11 tente de récapituler les principaux résultats des mesures effectuées. L'étude diachronique qui a permis sa réalisation a, tout en confirmant l'idée de

l'érosion soutenue par des travaux antérieurs, permis de dégager deux grandes phases (fig. 11). Avant les années 1960, la flèche a connu une tendance générale caractérisée par une progradation soutenue. C'est en fait, une période au cours de laquelle le littoral était encore à l'abri des interventions anthropiques. Le mouvement du rivage en direction de la mer s'est parfois fait à un rythme annuel supérieur à 64 m, ce qui permet un gain surfacique de l'ordre de 69,5 ha.

- 28 Depuis les années 1960 et jusqu'à aujourd'hui, un changement de tendance en faveur d'un recul accéléré du rivage avec un allongement de la flèche s'est produit. Deux sous-périodes ont pu être distinguées. La première s'étale entre les années 1960 et les années 1990. Elle s'est caractérisée par un allongement rapide de la flèche (64 m/an) et un début de l'érosion des plages sur la face externe, ce qui permit un gain surfacique de l'ordre de 79 ha. La deuxième sous-période a démarré avec les années 1990 pour se prolonger jusqu'à nos jours. Elle se caractérise par une accélération du rythme du recul de la ligne de rivage allant de 60 à 150 m, contre un ralentissement de l'allongement de la partie distale de la flèche avec un rythme annuel qui n'est plus que de l'ordre de 27 m/an.

Figure 11- L'évolution de la position du trait de côte et de la forme de la flèche de Rass Errmal, de 1928 à 2018. 1- trait de côte en 2018 ; 2- trait de côte en 1991 ; 3- trait de côte en 1963 ; 4- trait de côte en 1928 ; 5- dérive littorale ; 6- chenal de marée (sources : carte topographique de Houmt Essouk en 1928 1/50000, photographies aériennes des missions de 1963 et 1991 et image satellitaire de Google Earth 2018 ; réalisation : Z. Akacha).



- 29 Une telle dynamique morphosédimentaire témoigne d'un cadre naturel devenu de plus en plus fragile suite à différentes interventions humaines imprévoyantes. De fait, depuis les travaux de recherche que nous avons cités, l'aménagement de la frange littorale s'est accentué avec empiètement sur le haut de plage et ses dunes par de nouvelles installations hôtelières ou des travaux de protection (fig. 12). Certains de ces derniers ont contribué à empêcher une partie des sédiments à continuer leur transfert par la dérive littorale, en direction de la flèche. C'est le cas en particulier des géotubes

implantés selon une forme allongée perpendiculairement au rivage au niveau de l'hôtel Radisson (fig. 13) ainsi que des ganivelles utilisées devant le même hôtel (fig. 14) et dans la partie méridionale de la frange externe de Sabkhet Sidi El Hachani (fig. 15).

Figure 12 - L'évolution de l'occupation du front de mer sur le littoral nord-oriental de Jerba par les hôtels.

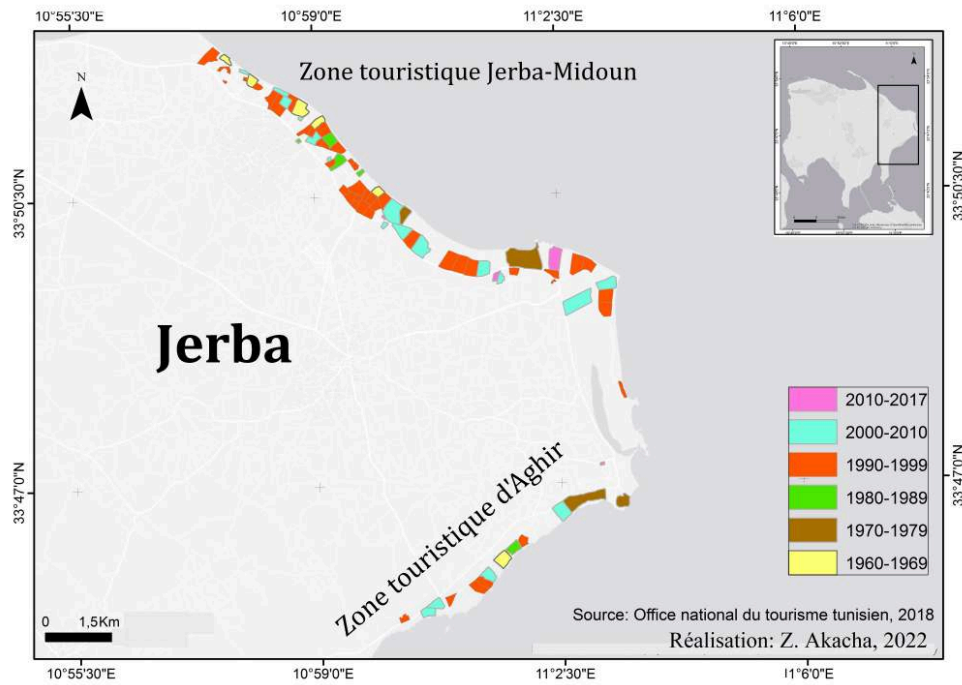


Figure 13 - Freinage du transit sédimentaire suite à la confection de travaux de protection (géotubes et ganivelles) au niveau de l'hôtel Radisson.

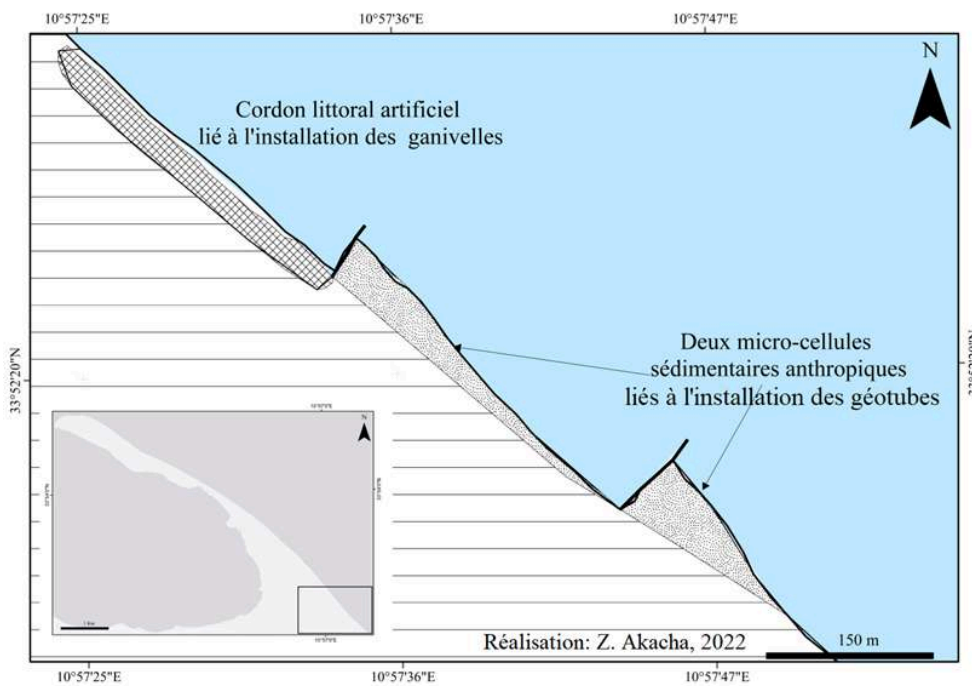


Figure 14 - Important développement de la dune de haut de plage suite à l'utilisation des ganivelles devant l'hôtel Radisson (cliché : Z. Akacha, avril 2016).



Figure 15 - Les ganivelles installées au niveau de la racine de la flèche de Rass Errmal (la situation en novembre 2015 et en juillet 2017 (clichés : Z. Akacha) : un piégeage assez rapide du sable ; sur la photo de juillet 2017, les ganivelles commencent à être enterrées.



Quelle évolution si l'hypothèse d'une élévation du niveau de la mer se vérifie ?

- 30 Plusieurs méthodes d'analyse prévisionnelle quantitative ont été élaborées afin de déterminer l'évolution future du littoral et de pouvoir anticiper sur les changements morphologiques à venir et sur les réponses éventuelles à apporter pour éviter l'aggravation des risques (Stéphan, 2011).
- 31 La cartographie prévisionnelle de l'évolution de la flèche de Rass Errmal, dans le cadre d'une élévation actuelle du niveau marin, est basée sur deux types d'approches. La première considère la position future de la ligne du rivage projetée en fonction du rythme d'évolution historique depuis 1991 en suivant une régression linéaire simple

qui s'intéresse uniquement à la mobilité de rivage. La deuxième approche est basée sur le calcul des surfaces perdues dans le cas d'une élévation statique du plan d'eau de 30 cm en 2030, 50 cm en 2050 et 1 m en 2100, scénarios déjà retenus dans un travail antérieur portant sur l'ensemble du littoral tunisien (APAL, 2012). Une telle approche est simulée en s'appuyant sur le modèle numérique du terrain sans tenir compte de la réponse des unités géomorphologiques à cette élévation du niveau marin.

Prévoir l'évolution future du trait de côte en se basant sur le rythme de son évolution historique

- 32 La première méthode s'attache à prévoir la position future du trait de côte en s'appuyant sur des données de l'évolution historique. Elle consiste à éclairer ce qu'a été le comportement d'une côte dans le passé pour comprendre son état actuel mais aussi pour prédire, par extrapolation, l'évolution dans les décennies à venir (Paskoff, 1994).
- 33 Si on se base sur la période 1991-2018, durant laquelle la flèche de Rass Errmal a connu une nouvelle évolution, le rivage de la partie ancienne de la flèche a reculé de 2,5m/an en moyenne, ce qui donne une évolution régressive de 30 m à l'horizon de 2030, 80 m à l'horizon de 2050 et 205 m à l'horizon de 2100. Quant à l'appendice de la flèche, les valeurs enregistrées permettent de distinguer deux tendances différentes : un recul de sa façade marine de 6,6 m/an d'une part et un allongement de sa pointe avec un rythme annuel de l'ordre de 43 m/an d'autre part. La régression de la façade marine atteindrait alors 79,2 m en 2030, 211,2 m en 2050 et 457,2 m en 2100. L'allongement de la pointe serait de 516 m en 2030, 1376 m en 2050 et 3096 m en 2100 (fig.16).
- 34 En fait, l'évolution ne sera peut être pas aussi simple et tranchée. D'une part, le recul du rivage connaîtrait plutôt une accélération compte tenu de l'énergie supplémentaire dont disposeront les vagues avec l'augmentation de l'épaisseur de la tranche d'eau sur l'actuel estran. D'autre part, la flèche ne pourra pas continuer à s'allonger avec la même facilité que ce qui s'est produit jusqu'à nos jours, sa pointe ayant atteint comme on l'a vu un important chenal de marée. Enfin, si rien n'est fait au niveau des estrans, comme un travail de rechargement de sédiments par exemple, la fourniture sédimentaire par la dérive littorale diminuera substantiellement puisque les plages de la zone touristique doivent à leur tour être concernées par l'élévation du niveau marin, ce qui entraînera logiquement une accentuation de leur rétrécissement, voire leur disparition par endroits.

Figure 16 - Évolution future du trait de côte de la flèche de Rass Errmal à l'horizon de 2030, 2050 et 2100, en ne considérant que le rythme de son évolution historique.



1: position du trait de côte en 2018; 2: position du trait de côte à l'horizon de 2030; 3: position du trait de côte à l'horizon de 2050; 4: position du trait de côte à l'horizon de 2100 (réalisation: Z. Akacha, 2022).

- 35 Prévoir l'évolution future en considérant la submersion qu'occasionnera l'élévation du niveau marin
- 36 La cartographie du phénomène de submersion est basée sur le modèle numérique du terrain et l'élévation du niveau marin prévue à l'horizon de 2050 et 2100. Elle consiste, comme dans un travail antérieur sur le littoral tunisien (APAL, 2012), à délimiter les zones submersibles avec une élévation du niveau moyen de la mer de 50 cm en 2050 et 1 m en 2100.
- 37 La prise en compte de l'élévation en cours du niveau marin, surtout dans une conjoncture marquée par une réduction de l'alimentation de la flèche en sédiments, produira un nouveau paysage. La flèche sera d'abord déconnectée de l'île mère. Le processus semble déjà entamé avec l'apparition de la brèche décrite au niveau de Sabkhet Sidi El Hachani. Ailleurs, seules des rides dunaires relativement importantes, dépassant la valeur de l'élévation du niveau marin supposée selon les différents scénarios, pourraient échapper à la submersion. Le maintien de ces rides qui se limitent en fait au corps primitif de la flèche conduira à une évolution vers un paysage des îles-barrières qui sera plus tard segmentée pour donner lieu à un essaim de petits îlots sableux plus ou moins rapprochés les uns des autres (fig. 17 et 18).
- 38 Une telle évolution se fera aussi aux dépens d'une partie de la richesse écologique et des espaces sableux. Mais les pertes à ce niveau devraient être encore plus accentuées dans les différents espaces humides (marais maritimes, sebkhas et chotts) qui correspondent aux topographies les plus basses et sont déjà, avec le niveau marin actuel, fréquemment inondés, notamment à l'occasion des tempêtes.
- 39 Tout ne paraît pas toutefois négatif. D'une part, le nouveau paysage d'îlots sableux assez engagés dans la mer pourrait avoir une dimension esthétique particulière. Les

îlots de Dhar Ghannouche, récemment formés entre Jerba et la presqu'île de Zarzis sont, sur ce plan, assez expressifs. Ils ont vite attiré l'attention et sont devenus des espaces récréatifs très convoités (Oueslati, 2004). D'un autre côté, la déconnexion de la flèche, ou de ce qui en restera, de l'île mère rendra sa fréquentation moins facile que de nos jours. Ce qui pourrait aider à un contrôle et une gestion plus efficaces si une décision de protection est prise.

- 40 Faut-il préciser toutefois que là encore n'est considérée qu'une partie de la réalité, à savoir la submersion sur la base du critère de l'altitude. En fait, la submersion ne peut pas être dissociée du retrait du rivage par érosion. Les deux phénomènes travailleront simultanément et chacun doit logiquement favoriser l'action de l'autre. Leur conjonction pourrait, si rien n'est fait de la part de l'homme, finir par entraîner la disparition de la flèche, le matériel exposé aux vagues étant toujours très tendre. C'est dire toute l'importance des interventions bien étudiées et programmées si l'on veut que tout ne soit pas perdu. Or, les données du terrain laissent parfois penser que c'est le contraire qui se produit. La partie dunaire de la flèche a parfois été rasée suite à des travaux d'extraction du sable au point de créer des espaces déjà submersibles avec le niveau marin actuel à l'occasion des tempêtes (fig. 18).

Figure 17 - La flèche de Rass Errmal et les conséquences d'une élévation du niveau de la mer de 50 cm : un nouveau paysage fait d'un alignement d'îles-barrières (levé topographique personnel en utilisant GPS Garmin 64S).

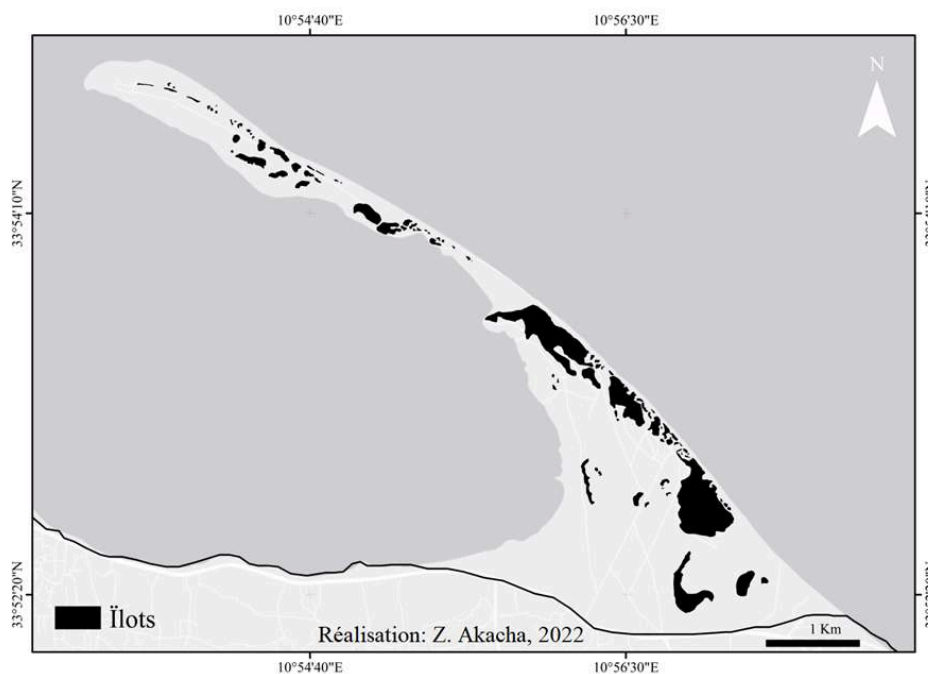


Figure 18 - Les parties les plus basses sont déjà submergées lors des tempêtes. Ici, un secteur dont la topographie a été abaissée suite à une extraction du sable dans le corps primitif de la flèche (Source : Association pour la Sauvegarde de l'île de Djerba, 2000).



Conclusion

- 41 Ce travail nous a permis de préciser et de quantifier l'évolution récente de la forme de la flèche de Rass Errmal et la mobilité de son rivage. Basé sur des observations directes du terrain et une exploitation de documents couvrant une période longue de 90 années, il montre qu'un changement important, en défaveur de la largeur de la flèche, s'est produit à partir des années 1960. La tendance est celle d'un retrait de plus en plus marqué du rivage de la face externe, sableuse et la plus ouverte à la mer. Le retrait a parfois atteint des valeurs supérieures à 3,5 m/an. L'allongement de la flèche a lui aussi marqué le pas et s'est presque totalement arrêté depuis les années 2000. Une telle évolution nous paraît en rapport, au moins, avec une réduction des arrivées sédimentaires par la dérive littorale depuis les plages de la zone touristique. Cette réduction est due au rétrécissement de ces plages mais aussi à des obstacles dressés sur le chemin de la dérive littorale.
- 42 Tout cela fait de cette flèche un corps vulnérable à une élévation du niveau marin. Si rien n'est fait, cette évolution devrait accentuer le retrait du rivage et entraîner la submersion de grandes superficies. La flèche risque de disparaître et, au mieux, elle sera transformée en îles-barrières puis segmentée pour offrir un paysage fait d'une multitude d'îlots sableux. Un tel paysage pourrait constituer, moyennant des interventions bien étudiées et programmées, une opportunité pour la création de réserves naturelles ou d'espaces récréatifs intéressants.

BIBLIOGRAPHIE

- Akacha Z. (2021). L'île de Jerba (Tunisie orientale) : indicateurs et facteurs de l'évolution récente de la position de rivage et vulnérabilité à une élévation du niveau marin. Thèse de doctorat en géographie, Université de Tunis, 279 p.
- APAL. (2001). Étude de la gestion de la zone sensible de Rass Errmal à Jerba. Rapport définitive de la phase I, SCET, Tunisie, 88 p.
- APAL, PNUD, IHE. (2012). *Etude de la carte de la vulnérabilité du littoral tunisien à l'élévation du niveau de la mer due aux changements climatiques*. Etude financée par le PNUD sous le contrôle de l'APAL et réalisée par IHE, Rapports phase 1 et phase 2.
- Association pour la Sauvegarde de l'île de Djerba ASSIDJE. (2000). Projet de création d'Aires Spécialement Protégées à l'île de Djerba en Tunisie. Rapport illustré d'un projet, dans le cadre du programme de micro-financements du fonds pour l'environnement mondial, 95 p.
- Boack E.H, Turner I.L. (2005). Shoreline definition and detection. *Journal of Coastal Research*, Vol. 21, n°4, p. 688-703.
- Elamour M., Amar F. (2008). Wind energy potential in Tunisia. *Renewable Energy*, n° 33, p. 758-768.
- Masmoudi S. (2010). Évolution morphodynamique, sédimentologique et variation du niveau relatif de la mer de l'Holocène à l'actuel : cas du système des côtes barrières de Jerba-Zarzis (Sud-Est tunisien). Thèse de doctorat en sciences géologiques, Université de Sfax, 377 p.
- Miossec J.M., Paskoff R. (1979). Évolution des plages et aménagements touristiques à Jerba (Tunisie) : le cas du littoral nord-est de l'île. *Méditerranée*, n° 1-2, p. 99-106.
- Oueslati A. (1993). *Les côtes de la Tunisie ; Géomorphologie et Environnement et Aptitudes à l'Aménagement*. Publ. Fac. Sc. Hum & Soc., Tunis, 387 p.
- Oueslati A. (1995). *Les îles de la Tunisie*. Publ. CERES, Tunis, 368 p.
- Oueslati A. (2004). Littoral et aménagement en Tunisie. Édit. Orbot impression, Tunis, 534 p.
- Oueslati A. (2016). Les îles de la côte orientale de la Tunisie. *Dynamiques Environnementales*, n° 38, p. 188-211.
- Paskoff R. (1985). *Les plages de la Tunisie*. EDITEC, Caen, 198 p.
- Paskoff R. (1994). Développement du tourisme et préservation de l'environnement en Tunisie. Le littoral, rapport d'expert n°1, Tunisie, 50 p.
- Stéphan P. (2011). Les flèches de galets de Bretagne : évolutions passées, présentes et futures. In *Milieus naturels et sociétés, approches géographiques*, l'Harmattan, Paris, 263 p : 187.

RÉSUMÉS

Située au nord de l'île de Jerba, la flèche de Rass Errmal a fait l'objet de plusieurs travaux. Les études qui lui ont été consacrées ont permis d'y distinguer deux parties : une flèche primitive et un appendice plus récent. L'attention a également été attirée sur la rapidité de l'évolution récente en mettant l'accent sur l'allongement de la flèche par déplacement de sa pointe.

Dans cette contribution nous tenterons une reconstitution de l'évolution de cette flèche. Un accent sera toutefois mis sur la partie proximale. Une telle dynamique, aujourd'hui surtout favorisée par certains aménagements, risque de s'accélérer avec l'élévation, annoncée, du niveau marin. Il en résultera aussi des modifications importantes tant sur le plan paysager que patrimonial, la flèche constituant l'un des éléments les plus importants de la morphologie de la partie septentrionale de l'île et présentant également un important intérêt de biodiversité.

Outre un examen direct du terrain, le travail proposé se base sur une exploitation et une superposition de différents documents (cartographiques, photographiques et d'imagerie) s'étalant sur une période longue de quatre-vingt-dix années. Il donne l'occasion d'une réflexion sur les modifications attendues et les risques associés. Des représentations sont tentées en fonction des différents scénarios de l'élévation du niveau marin.

Situated in the North of the island of Jerba, the spit of Rass Errmal has been considered in several works. Former studies dedicated to it have shown two parts: a primitive spit and a more recent appendix. The attention was also drawn to the speed of the recent evolution by emphasizing the extension of the spit by movement of its point.

In this contribution, we shall try a reconstruction of the shape of this spit. Emphasis will be given to the proximal part which suggests a dynamic preparing future disconnection from the island mother. Such a dynamic, today fostered by some changes, might accelerate with the predicted sea-level rise. The will result in important changes in terms of landscape and patrimony, since the spit constitutes one of the more important elements of the morphology of the northern part of the island and it also has a significant biodiversity interest.

This work is based both on direct field survey and different documents (maps, photos and images) spreading out over a long period of ninety years. It provides an opportunity to reflect the expected modifications in the spit morphology and the associated risks. Representations of these changes are proposed according to different scenarios of the sea level rise.

INDEX

Mots-clés : Jerba, flèche littorale, risques, aménagements littoraux, niveau marin.

Keywords : Jerba, coastal spit, risks, coastal managements, sea-level.

AUTEUR

ZAHRA AKACHA

Université de Tunis, Faculté des Sciences Humaines et Sociales, Laboratoire CGMED.

zahra.akacha@gmail.com