

Méditerranée

Revue géographique des pays méditerranéens / Journal of Mediterranean geography

Paleoenvironment, Geoarchaeology, Historical Geography

Mobilité du trait de côte et destruction des vestiges archéologiques de la façade nord-occidentale du Cap Bon (Tunisie)

Coastline mobility and destruction of archaeological remains of the north-western façade of Cap Bon (Tunisia)

MOURAD KOUKA AND SOUMAYA TRABELSI

Abstracts

Français English

Le linéaire côtier situé entre Sidi Daoud et Sidi Erraïs (Cap Bon, Tunisie) a connu un recul modéré à l'origine de la destruction d'une partie importante des vestiges archéologiques. Cette étude vise à fournir une base de données sur l'évolution récente et actuelle du rivage le long de la façade nord-occidentale du Cap Bon. Pour ce faire, l'approche SIG a consisté en une comparaison de photographies aériennes de trois missions de 1962, 1989 et 2000 avec l'image *Google Earth* de 2018. La mesure de la dynamique du trait de côte s'est faite par le biais de l'extension *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) sous ARCGIS. Les résultats des analyses diachroniques montrent clairement qu'il n'existe presque aucun espace épargné par le recul des rivages et qu'un important patrimoine archéologique est en cours de destruction.

The coastline between Sidi Daoud and Sidi Erraïs has moderately retreated at the origin of the destruction of a significant part of the archaeological remains. This study aims to provide a database of recent and current shoreline evolution along the Northwestern façade of Cap Bon. To this end, the GIS approach consisted of a comparison of aerial photography of three

missions of 1962, 1989 and 2000 as well as the image of *Google Earth* of 2018. The measurement of the dynamics of the coastline has been done through the extension Digital Shoreline Analysis System (DSAS) under ARCGIS. The results of the diachronic analyses clearly show that there is almost no space spared by the retreat of the shores and that an important archaeological heritage is being destroyed.

Index terms

Mots-clés : Littoral, Cap Bon, Tunisie, recul des rivages, patrimoine archéologique, SIG

Full text

Cette recherche a été menée dans le cadre des programmes Erasmus+ (mobilité internationale de crédits entre les universités de Tunis et d'Aix-Marseille), le programme de recherche franco-tunisien CMCU PHC Utique (N° 17G0404) sous la direction d'Ameur OUESLATI et de Christophe MORHANGE. Nous remercions l'école doctorale de l'université de Sousse (Structures, systèmes et matériels pratiques en sciences humaines et sociales) pour le soutien financier ainsi que le laboratoire CGMED (Université de Tunis), tout particulièrement Hédi BEN OUEZDOU. Nous remercions aussi L'INP (Tunisie) et le CCJ (Aix-Marseille Université) pour leur collaboration. Enfin, nous remercions deux réviseurs, restés anonymes, ainsi que Christophe MORHANGE, pour leurs conseils qui ont contribué à l'amélioration du manuscrit.

1 - Introduction

- 1 Occupant la partie nord-occidentale du Cap Bon (Tunisie), la frange littorale étudiée s'étire sur environ 55 kilomètres et s'étend de Sidi Daoud à Sidi Erraïs (fig. 1).

Fig. 1



Localisation du trait de côte étudié (carte topographique du Cap Bon au 1/200.000°).

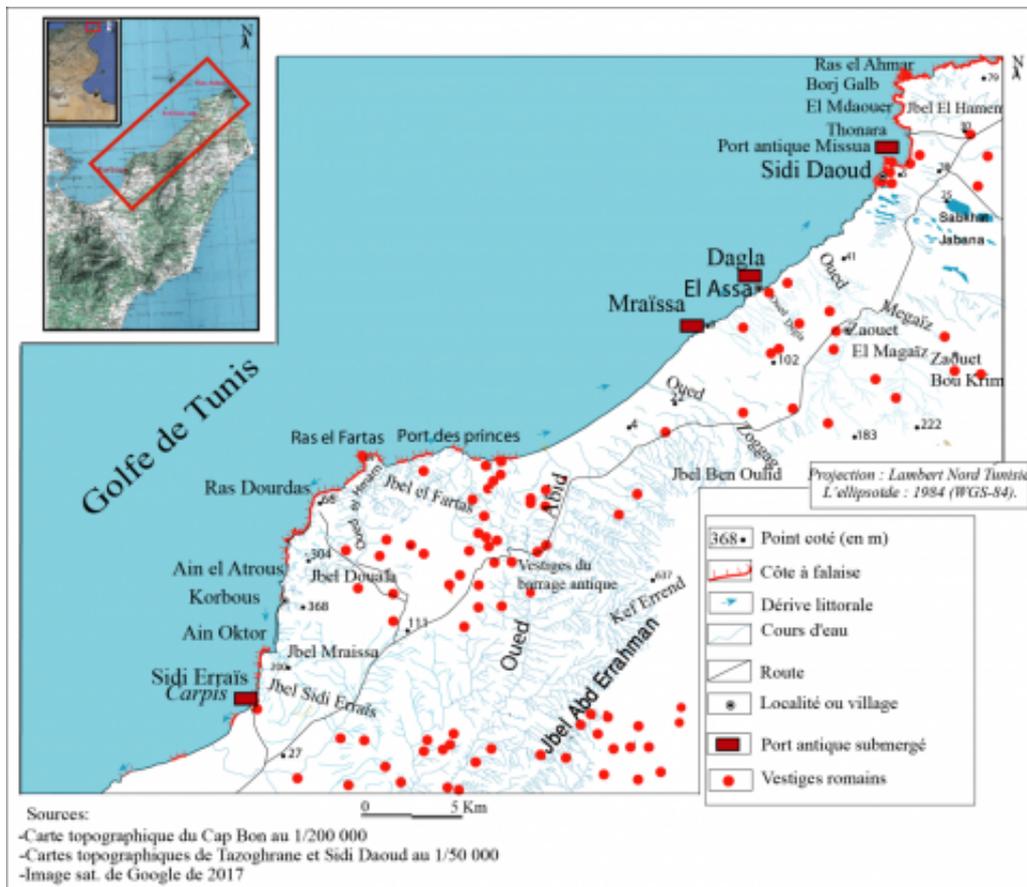
- 2 Les dynamiques actuelles le long du linéaire côtier sont commandées essentiellement par des facteurs naturels agissant à différentes échelles spatio-temporelles. À l'échelle pluri-décennale, l'élévation du niveau marin relatif est l'un des forçages qui semble avoir la part la plus importante dans cette dynamique (IHE, 2000 ; PASKOFF, 2001 ; SLIM *et al.*, 2004 ; PASKOFF, 2005 ; BRUNEL et SABATIER, 2007 ; OUESLATI *et al.*, 2015). Les études récentes sur la variation du niveau de la mer en Méditerranée prévoient une hausse du niveau marin de ca. 30 cm en 2100 (IPCC, 2018). De même, les caractéristiques météo-marines et le bilan sédimentaire littoral, ont toujours été des éléments importants dans l'étude de la dynamique côtière (FENSTER et DOLAN, 1993 ; TALLEY *et al.*, 2003). Bien que quasi-absente depuis l'antiquité tardive, l'action récente de l'homme a parfois, engendré des dysfonctionnements hydro-sédimentaires affectant l'alimentation des littoraux et accéléré le recul des rivages. C'est le cas du barrage sur l'Oued Abid ou encore le port de Sidi Daoud (OUESLATI, 1993, 2004, 2010 ; PASKOFF, 2001; BOUNOUH, 2010 ; LOUATIET ZARGOUNI, 2009 ; Kouka, 2017).
- 3 La région étudiée renferme une richesse remarquable en vestiges archéologiques appartenant à des sites importants et étendus comme Sidi Errais (*Carpis*), Dagla et Mraïssa. De ce fait, la région est un terrain propice à l'exploitation des marqueurs archéologiques comme révélateurs de la mobilité du trait de côte (OUESLATI *et al.*, 1987). L'objectif de notre recherche est de déterminer l'évolution du littoral et ses impacts sur le patrimoine archéologique. Pour se faire, une étude par photo-interprétation couplée à des mesures de terrain a été réalisée afin de reconstituer la mobilité du trait de côte sur plus d'un demi-siècle.

2 - Contexte naturel et historique

2.1 - Contexte historique

- 4 Durant l'antiquité, la côte occidentale du Cap Bon, montre, par sa position géographique, des conditions attractives pour les sociétés littorales (AOUNALLAH, 2001 ; SLIM *et al.*, 2004 ; TRABELSI, 2019). En constituant des environnements favorables aux activités portuaires et maritimes ainsi qu'une mise en valeur agricole, la région a connu une prospérité économique dès l'époque punique. Toutes les données archéologiques et historiques confirment cette prospérité. Plusieurs sources littéraires, comme le traité d'agronomie de Magon, indiquent que, dès l'époque punique, le Cap Bon a connu une activité agricole intégrant plusieurs types de cultures comme la vigne, l'olivier, l'élevage ainsi que l'apiculture (GSELL, 1913 ; AOUNALLAH, 2001). Cette production agricole se traduit par des échanges considérables et diversifiés avec Rome et ses provinces, ce que révèlent les études relatives aux épaves à cargaison d'origine africaine découvertes sur les côtes de France, d'Italie ou d'Espagne (BONIFAY *et al.*, 2002 ; BONIFAY, 2007).
- 5 Il convient de signaler l'importance des activités liées aux produits maritimes, qui sont démontrées par de nombreux vestiges archéologiques. L'importance de la pêche, représentée sur les mosaïques, a été confirmée par les recherches récentes (SLIM *et al.*, 2004 ; TRABELSI, 2019). Les prospections ont mis au jour de nombreux sites archéologiques côtiers renfermant plusieurs installations halieutiques en relation avec des ports antiques comme celui de *Missua*. Présentant une escale importante entre Carthage et Rome, *Missua* devait servir également de débouché aux carrières d'El Haouaria, qui alimentaient Carthage en matériaux de construction depuis l'époque punique (RAKOB, 1990). Les recherches sous-marines conduites à *Missua* ont montré des vestiges archéologiques d'une richesse insoupçonnée, en particulier la présence de dépotoirs portuaires et urbains s'étendant sur plusieurs centaines de m² (TRABELSI, 2019).
- 6 La période de prospérité économique a dû prendre fin avec l'invasion vandale (432-533 ap. J.-C.), car l'époque byzantine (533-633 ap. J.-C.) n'a laissé que peu de traces, à l'exception des fortifications militaires, telles que les ruines El Assa à Dagla. Depuis les invasions arabes du XI^e siècle, la région a connu un repli économique (AOUNALLAH, 2001). Au XIX^e siècle, l'intervention coloniale a entraîné des mutations profondes quant à l'organisation de l'espace et à l'exploitation des terres agricoles (SETHOM, 1977 ; PONCET, 1962). Il s'agit surtout de boisement entrepris depuis les années 1930 et dont le rôle était la fixation des dunes de sables (BRUN, 2007).

Fig. 2



Carte des vestiges archéologiques le long de la façade occidentale de la péninsule du Cap Bon.

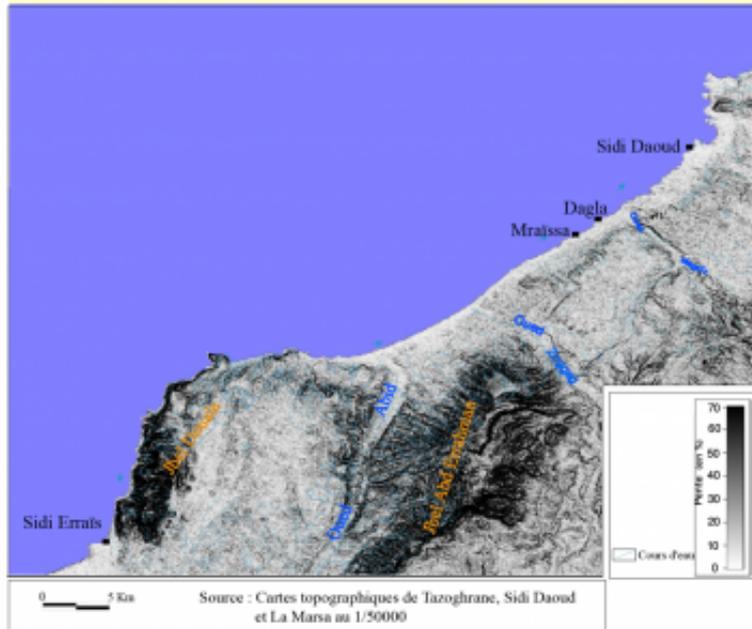
Sources : Carte topographique du Cap Bon au 1/200 00, carte topographique de Tazoghrene et Sidi Daoud au 1/50 000, image satellite : Google, 2017

3 - Un contexte physique en faveur d'une dynamique hydro-sédimentaire importante

3.1 - L'arrière-pays

- 7 Caractérisée par une grande diversité de reliefs, la partie occidentale du Cap Bon présente une topographie contrastée. À l'Est, le Jbel Abd Errahman est le relief le plus imposant du paysage. Ce massif présente les pentes les plus fortes, qui atteignent 70% sur certaines parois rocheuses (fig. 3). Au pied de cette chaîne, se développe une plaine monotone qui se poursuit jusqu'au littoral (fig. 4). La platitude est interrompue par des dunes éoliennes héritées ou récentes (KCHOUK, 1963 ; GROSSE, 1969 ; BRUN, 2007) et des collines. La falaise morte, qui remonte vraisemblablement au Miocène, est située à 5 km du rivage actuel (fig. 4).

Fig. 3

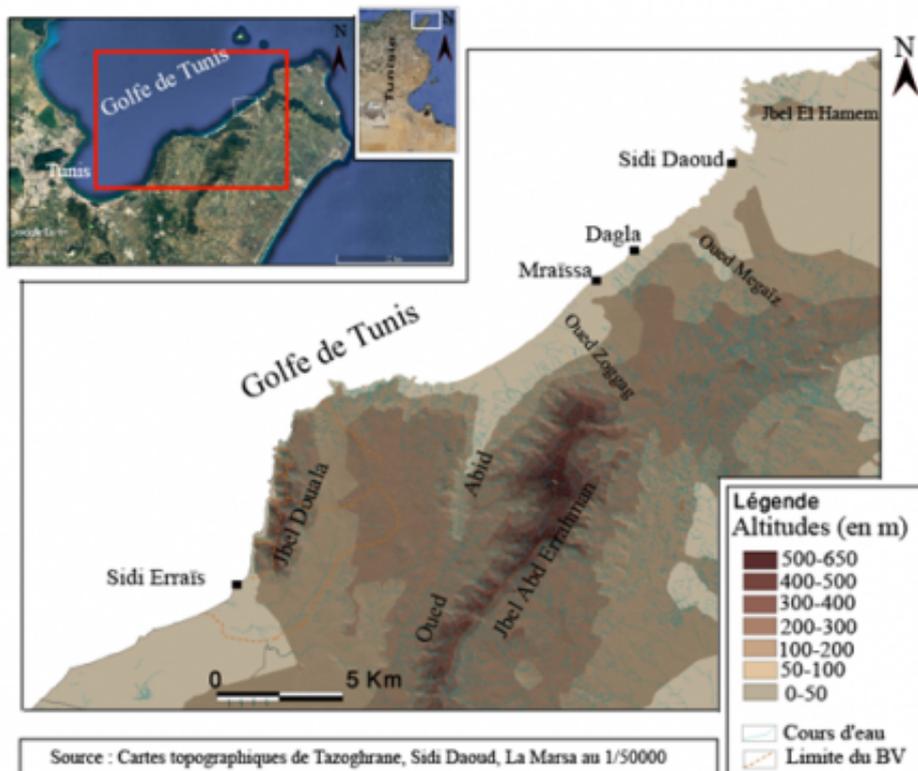


Carte des pentes de la façade occidentale de la péninsule du Cap Bon

Sources : Cartes topographiques de Tazoghane, Sidi Daouid et La Marsa au 1/50 000

- 8 La géologie est assez variée entre une région haute dominée par des couches gréseuses et une région basse où prédominent les marnes. Sur le plan structural, un système de failles normales, ou en décrochements, suit une direction NE-SO. Les failles ont affecté les dépôts miocènes et tyrrhéniens en bordure des rivages et traduisent une activité tectonique relativement importante (BEN AYED *et al.*, 1988).
- 9 La plaine est traversée par un réseau hydrographique dense et principalement exoréique. Les plus importants cours d'eau sont l'oued Abid qui draine un bassin versant de 150 km² et l'oued Zoggag qui draine un bassin versant de 80 km². L'accumulation des sédiments est estimée à 4,4 millions de m³ dans le nouveau barrage de l'oued Abid (DGRE, 2004).

Fig. 4

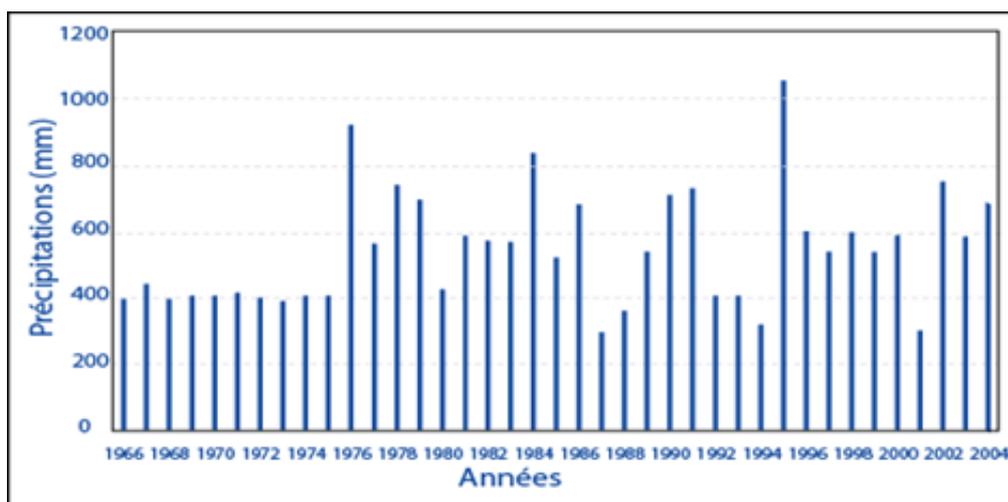


Modèle numérique de terrain (Kouka, 2018)

Sources : Cartes topographiques de Tazoghane, Sidi Daoud et La Marsa au 1/50 000

10 Les pluies présentent de grandes irrégularités interannuelles (fig. 5). L'année 1972 a enregistré 909 mm soit une augmentation de plus de 200 % par rapport à la moyenne, alors que l'année 1988, qui a été relativement sèche, n'a reçu que 50 % des précipitations par rapport à la moyenne, soit 225 mm. Les épisodes pluvieux exceptionnels, sous forme d'orages, représentent entre 25 et 30 % des totaux annuels (INM, 2004).

Fig. 5

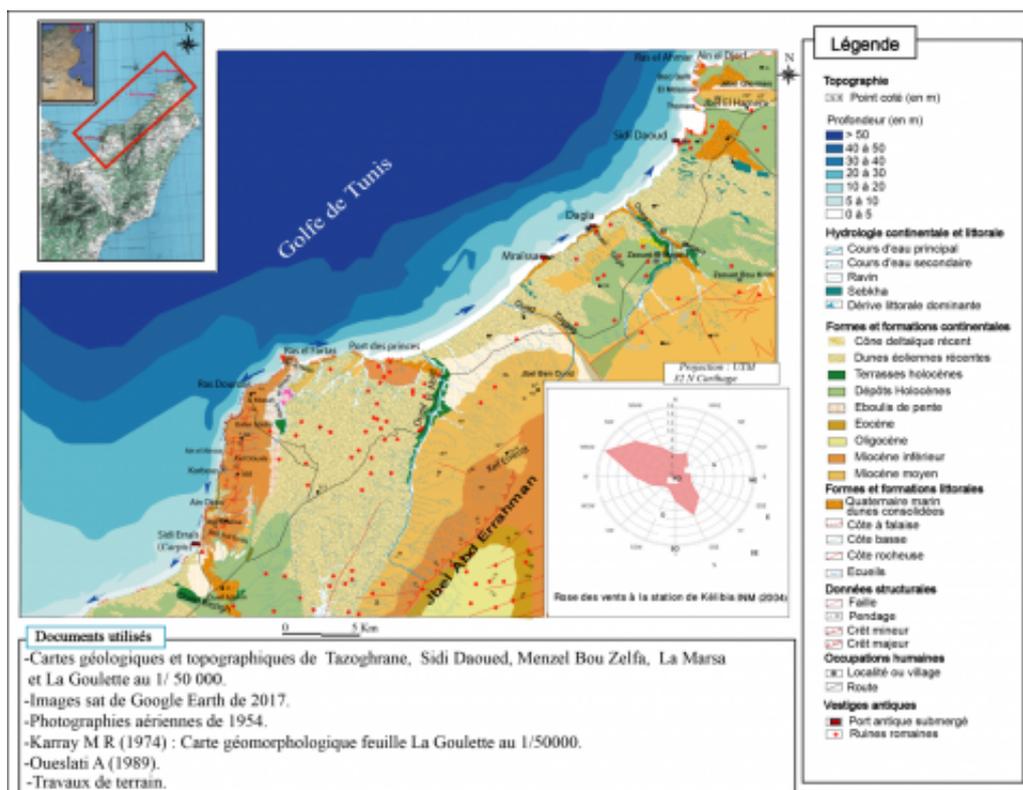


Variabilité interannuelle des moyennes pluviométriques (INM, 2004).

11 Quant aux vents, les plus importants sont ceux du secteur Est dominant en été ou du secteur Ouest prédominant en hiver (Fig. 6 ; INM, 2004). À la station de Kélibia, les vents prédominants sont de direction Ouest/Nord-Ouest. Ceux du Nord-Ouest, les plus violents, sont à l'origine d'une déflation éolienne (BRUN, 2007). Les vents du Sud-Est

soufflent surtout pendant l'été et au début de l'automne et sont généralement peu violents.

Fig. 6



Croquis géomorphologique de la partie occidentale de la péninsule du Cap Bon

Crédit : Kouka, 2019

3.2 - Le littoral

12 Les côtes de la partie occidentale du Cap Bon sont majoritairement basses. Les falaises les plus hautes s'étendent entre Ras El Fartas et Korbous. Ce tronçon, au tracé sinueux, s'individualise dans le paysage par l'alternance de caps et de criques. Les caps, comme Ras El Fartas, se caractérisent souvent par l'extension des falaises dont le commandement dépasse parfois vingt mètres. Plus à l'Est, le rivage est, en grande partie, bordé par des plages étendues relayées vers l'intérieur, par des champs dunaires importants (GROSSE, 1969 ; Fig. 6).

13 La côte, baignée par des eaux profondes, est soumise essentiellement à l'influence de deux dérives littorales de sens opposés. Une dérive littorale dirigée vers l'Est prend naissance au niveau de Ras El Fartas. Le long de la côte située entre Ras El Fartas et Sidi Erraïs, le courant dominant se dirige dans une direction opposée (KOUKI, 1984 ; El ARRIM, 1996 ; OUESLATI, 2004 ; fig. 5). Acheminant les dépôts des falaises grésos-argileuses de Korbous, le transit sédimentaire annuel des deux dérives littorales a été estimé entre 10 000 et 20 000 m³ par an (LCHF, 1982).

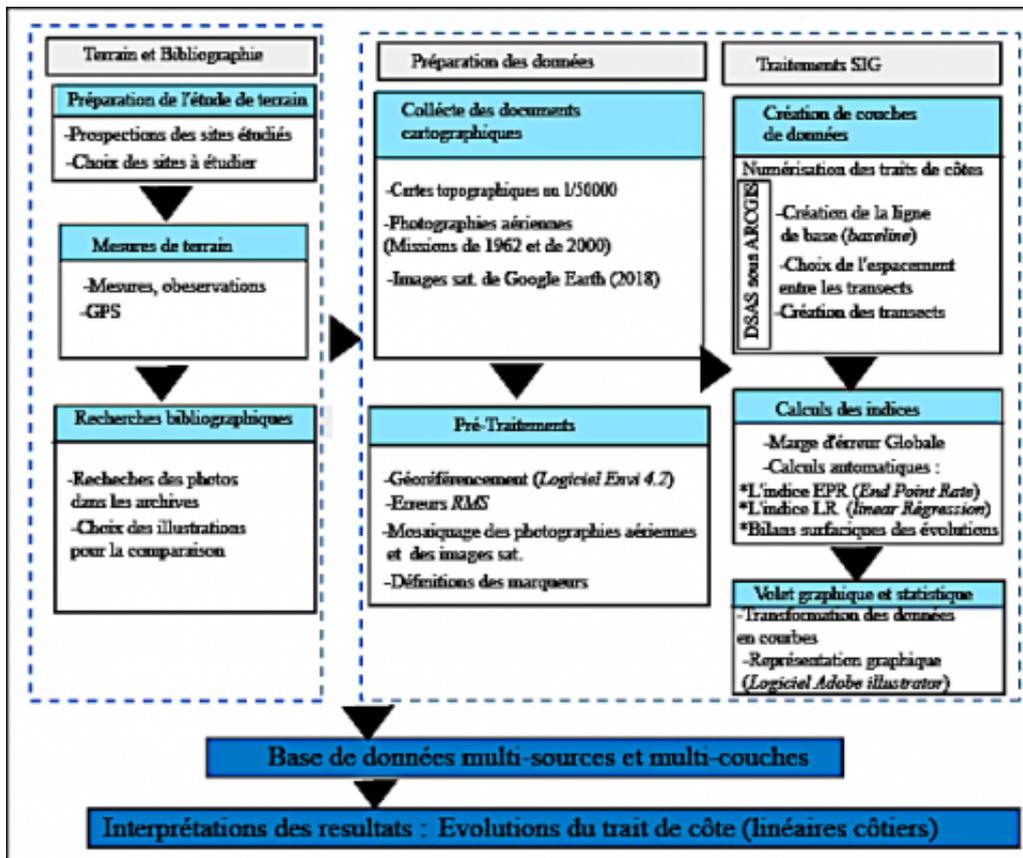
14 Les résultats des observations faites au cours de missions en mer (LCHF, 1965) et l'analyse théorique de la propagation des houles dans le golfe de Tunis révèlent la dominance de la direction NNE à NE des vagues. Leur hauteur significative et leur période moyenne, relatives à la période 1971-2000, sont de 1,25 m et 4,5 s (LOUATI et ZARGOUNI, 2009 ; <http://www.knmi.nl/waveatlas>). Le marnage moyen de vives eaux est de l'ordre d'une trentaine de centimètres et il est souvent masqué par l'agitation de

la mer (LOUATI et ZARGOUNI, 2009).

4 - Méthodologie

- 15 L'approche méthodologique adoptée (fig. 7) s'inspire de la démarche adoptée dans les études de cinématique littorale utilisant des données multi-sources, traitées, intégrées dans une base d'informations géographiques et exploitées par un SIG (HALOUANI *et al.*, 2007 ; LOUATI et ZARGOUNI, 2013 ; KOUKA, 2017 ; MARZOUGUI et OUESLATI, 2017). Elle s'articule, pour l'essentiel, autour de l'analyse des documents cartographiques et photographiques ainsi que des images satellitaires disponibles.
- 16 La ligne de référence du trait de côte a été définie comme étant la position instantanée de la ligne de rivage (DURAND, 2000 ; BOAK et TURNER, 2005). La numérisation du trait de côte a été réalisée avec le logiciel *ARCGIS* sur les photographies aériennes (missions de 1962, 1989 et 2000) et les images satellitaires redressées de Google Earth (2018). Ce trait représente la ligne des pleines mers ou le contact de l'eau avec le pied d'une falaise ou d'une microfalaise.
- 17 L'analyse de la cinématique du trait de côte a été réalisée sur une période de 57 ans par le biais du programme *DSAS (Digital Shoreline Analysis System)* sous *ARGIS*. Il s'agit d'une extension conçue par Thieler *et al.* (2009) qui propose deux indices : l'indice *EPR (End Point Rate)* pour évaluer l'évolution entre l'emplacement de deux traits de côte successifs et l'indice *LR (Linear Regression)* pour estimer les taux d'évolution de chaque site sur l'ensemble de la période d'étude. Le programme a permis d'estimer des bilans surfaciques avec la possibilité de créer des polygones à partir des lignes de référence.
- 18 En dépit de cette méthode automatique, il demeure plusieurs sources d'erreurs (DOLAN *et al.*, 1991 ; FAYE *et al.*, 2008) qu'il convient d'évaluer afin d'éliminer les résultats aberrants. Les quatre sources d'erreurs répertoriées pour les lignes de référence numérisées par photo-interprétation sont (1) la collecte des amers sur le terrain (2) le géo-référencement des images, (3) la numérisation des lignes de référence et (4) les oscillations du niveau des pleines mers.
- 19 L'erreur globale, appelée « Erreur de Position Globale » (JUIGNER, 2012 ; FLETCHER *et al.*, 2003), a été calculée en prenant la racine carrée de la somme des carrés de chaque erreur à partir d'une table de marges d'erreurs intégrée au programme et incluse dans les mesures effectuées.
- 20 La marge d'erreur globale de la position du trait de côte est de l'ordre de 1,6 m. Ainsi, les taux de changements annuels calculés sur 56 ans ont une marge d'erreur de $\pm 0,02$ m/an.
- 21 Bien que l'étude diachronique de certains tronçons littoraux permette d'évaluer la vulnérabilité actuelle et récente des littoraux au risque d'érosion, les vestiges archéologiques constituent aussi d'excellents indicateurs de cette mobilité sur une durée beaucoup plus longue. La grande majorité des vestiges archéologiques ont été déjà répertoriés (OUESLATI, 2004 ; SLIM *et al.*, 2004 ; TRABELSI, 2019, 2020). Notre contribution consiste à illustrer, à travers quelques exemples, les graves menaces actuelles qui pèsent sur certaines portions du littoral et sur les sites archéologiques qu'ils recèlent. Pour chaque segment étudié, nous avons comparé les situations actuelles des vestiges archéologiques avec des photographies plus anciennes acquises lors de travaux réalisés de 1987 à 1997 (SLIM *et al.*, 2004).

Fig. 7



Organigramme de la méthodologie adoptée

5 - Résultats : une dimension historique d'une érosion de plus en plus accélérée

5.1 - Le segment côtier de Sidi Daoud

22 Situé à 2 km au Sud-Ouest de la *tonnara* de Sidi Daoud, à proximité de la localité de Sidi Bou Djemara, ce tronçon s'individualise par un paysage morphologique qui se caractérise par la succession de quatre domaines. On trouve (1) des micro-plages de quelques mètres de largeur logées au fond des criques ; (2) une micro-falaise taillée dans des formations gréseuses et des structures archéologiques ; (3) de petites lagunes bordées par une végétation halophile et (4) un champ dunaire qui s'étale sur ca. 3 km de largeur (fig. 8).

Fig. 8



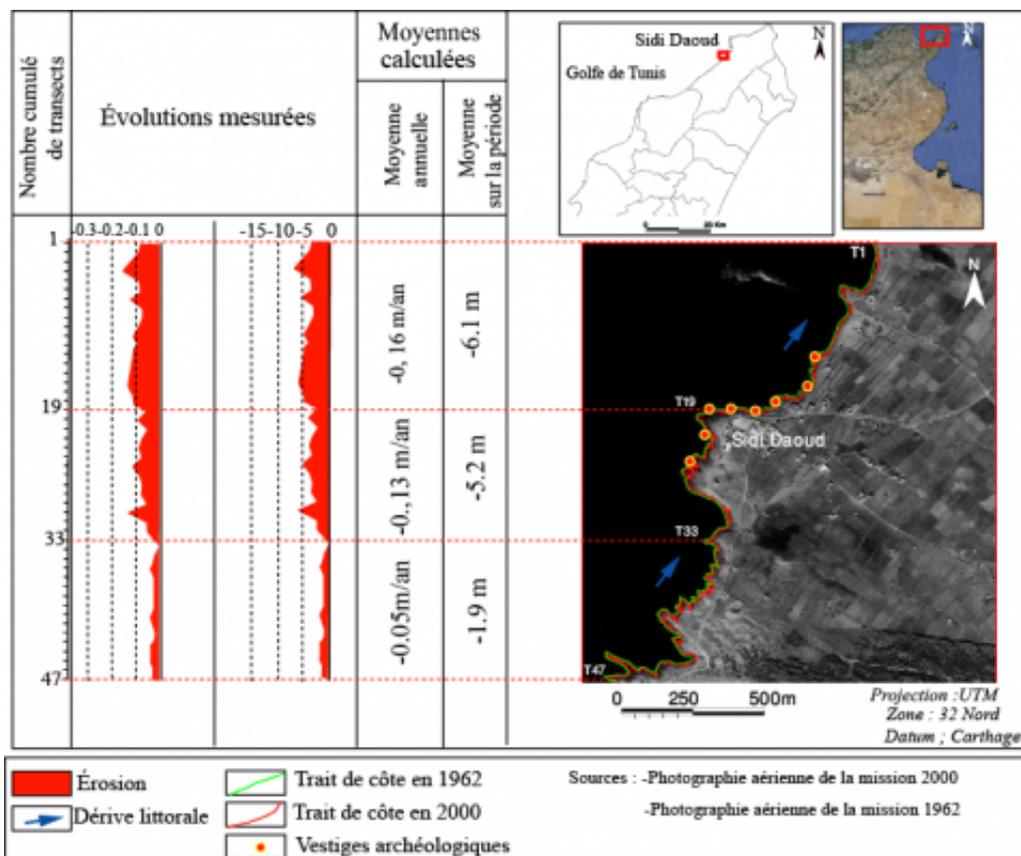
Morphologie littorale du segment de Sidi Daoud.

5.1.1 - Étude diachronique

Évolution de 1962 à 2000

23 Sur l'ensemble du linéaire côtier étudié, la période 1962–2000 est caractérisée par une juxtaposition de secteurs en stabilité et en recul (fig. 9). Très majoritaires, les transects en recul correspondent souvent à des falaises tronquant des structures archéologiques. Bien que les valeurs soient faibles, puisqu'elles ne dépassent jamais $-0,2 \text{ m/an}$ ($\pm 0,02 \text{ m/an}$), elles ont des impacts directs sur la conservation des vestiges archéologiques (fig. 9).

Fig. 9



Évolutions mesurées du segment côtier à Sidi Daoud entre 1962 et 2000.

24 Le premier segment, bordé par de nombreux vestiges archéologiques (transects 1 à 19), se caractérise par des vitesses de recul relativement plus importantes. La moyenne est de $-0,16$ m/an ($\pm 0,02$ m/an), et le bilan surfacique montre une perte de $0,57$ ha, soit $0,06$ ha pour 100 m de linéaire côtier. Ceci nous donne une perte annuelle de 15 m² pour 100 m de linéaire côtier.

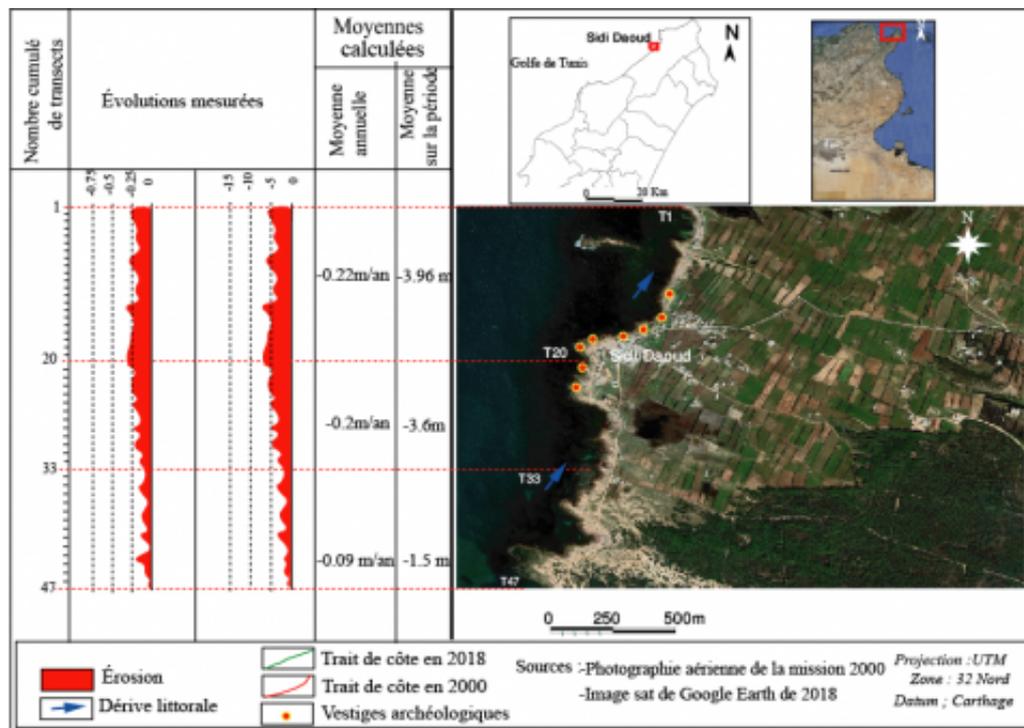
25 Le deuxième segment (transects 19 à 33) correspond aussi à une micro-falaise rocheuse taillée dans des vestiges archéologiques sur 700 m de longueur. Il se caractérise par un recul plus faible de $0,13$ m/an ($\pm 0,02$ m/an), et une perte surfacique de $3\,460$ m², soit 494 m² pour 100 m de linéaire côtier. La moyenne surfacique annuelle est de l'ordre de -13 m² pour 100 m de linéaire côtier.

26 Le troisième segment (transects 33 à 47), qui mesure 700 m de longueur, est relativement stable. Certaines valeurs sont même incluses dans la marge d'erreur globale ($\pm 1,6$ m/an). La superficie perdue est de $1\,300$ m² ; soit $4,8$ m² pour 100 m de linéaire côtier par an.

Évolution de 2000 à 2018

27 À l'image de la période de 1962 à 2000, ce segment côtier a poursuivi un recul, mais avec des rythmes plus importants. Le long des transects analysés, le trait de côte a reculé de 3 m par rapport à sa situation de 2000, soit un taux moyen d'érosion de $0,16$ m/an. Les taux les plus importants concernent le premier secteur où la microfalaise tronque un matériel archéologique abondant (transect 1 à 20) avec une moyenne de $0,22$ m/an ($\pm 0,02$ m/an). Certains transects montrent une moyenne de recul de $0,3$ m/an ($\pm 0,02$ m/an ; fig. 10).

Fig. 10



Évolutions mesurées du segment côtier à Sidi Daoud entre 2000 et 2018.

28 Du transect 19 au transect 33, les valeurs baissent légèrement, avec un recul moyen de $0,2$ m/an ($\pm 0,02$ m/an).

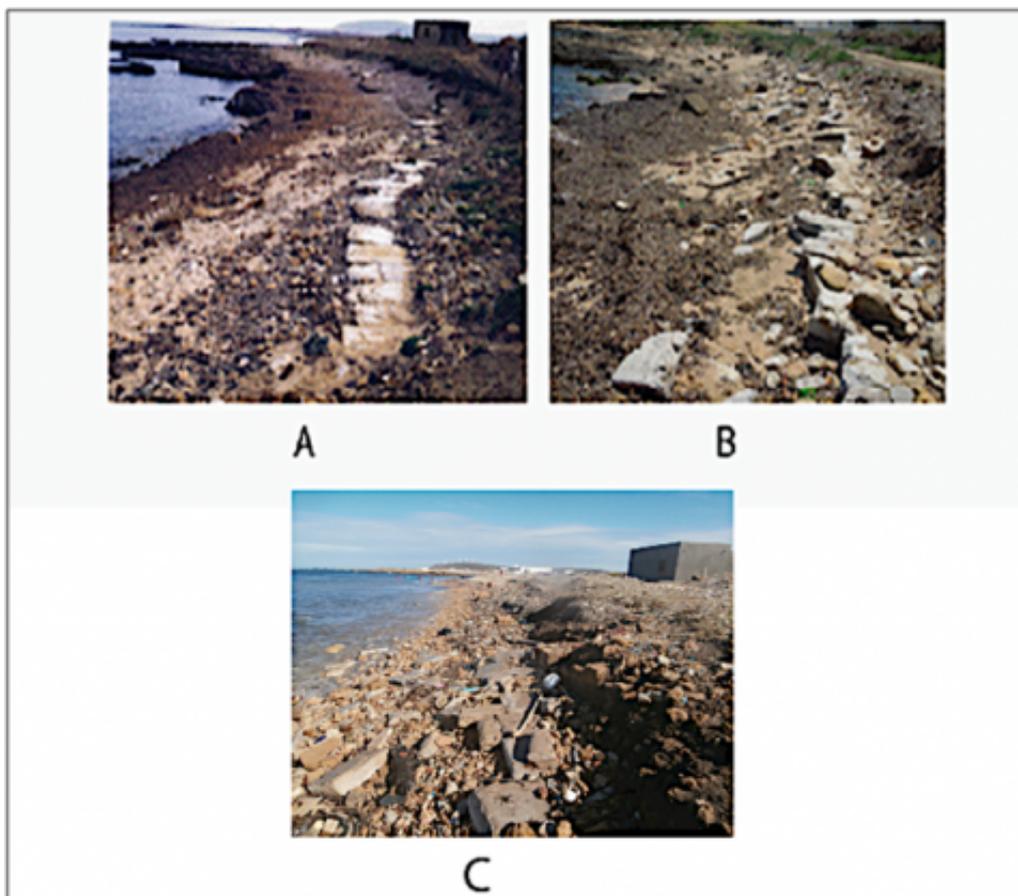
29 Plus au Sud (transects 33 à 47), le trait de côte semble plus stable comme le montre la décroissance des valeurs d'évolution mesurées, avec une moyenne de $-0,09$ m/an ($\pm 0,02$ m/an).

- 30 Le bilan surfacique des surfaces érodées a été estimé à 0,7 ha, ce qui donne une perte de 0,03 ha pour 100 m de linéaire côtier. Le recul annuel est de 16 m² pour 100 m de linéaire côtier.

5.1.2 - Des vestiges archéologiques en cours de destruction

- 31 Le fait que les vestiges archéologiques soient situés à une faible altitude les rend très vulnérables face à l'action des vagues de tempêtes. Les résultats des analyses diachroniques montrent que ce secteur a connu un recul de l'ordre de 0,2 m/an. Entre 1989 et 2019, plusieurs vestiges archéologiques auparavant inconnus sont découverts à la faveur du recul des rivages. D'autres, déjà répertoriés, attirent l'attention par leur vulnérabilité. C'est le cas des vestiges d'une chaussée romaine souvent exposée à l'action des vagues de tempête dans l'étage supralittoral (fig. 11). Ces vestiges signalés depuis 30 ans par Slim *et al.*, semblent en danger. Leur dégradation est particulièrement nette à l'occasion des tempêtes (BEN BOUBAKER et HENIA, 2005).

Fig. 11



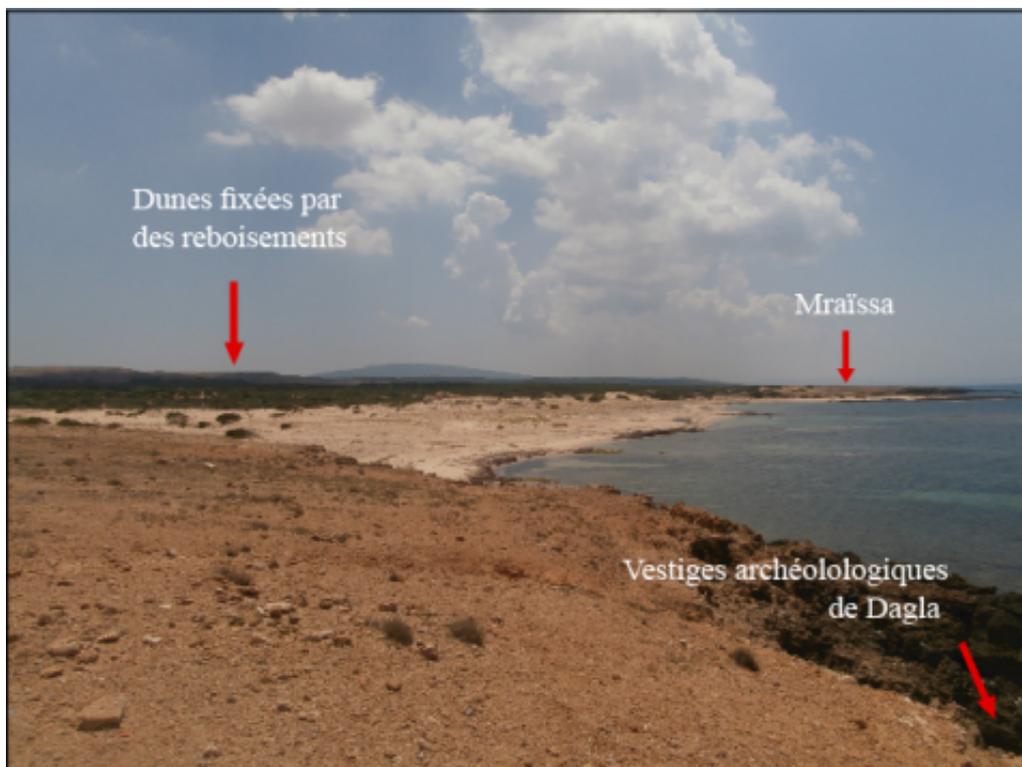
Vestiges de la chaussée romaine érodés et exposés à l'action des vagues

A- Photographie de P. Troussel (1989, Archive CCJ) ; B- Photographie de S. Trabelsi (2016) ; C- Photographie de M. Kouka (2018)

5.2 - Le segment côtier entre l'embouchure de l'oued Megaïz et Mraïssa

32 D'une longueur de 12 km, ce segment situé entre l'embouchure de l'oued Megaïz et le site archéologique de Mraïssa renferme une richesse remarquable en vestiges. L'arrière côte est en grande partie occupée par des champs dunaires récents fixés par des reboisements (BRUN, 2007) et peu d'aménagements anthropiques y sont répertoriés (fig. 12). Pour avoir des mesures précises et fiables, 251 transects ont été retenus pour les deux périodes d'étude.

Fig. 12



Dunes reboisées à l'arrière côte du segment côtier entre l'embouchure de l'oued Megaïz et Mraïssa

Crédit : Kouka, 2017

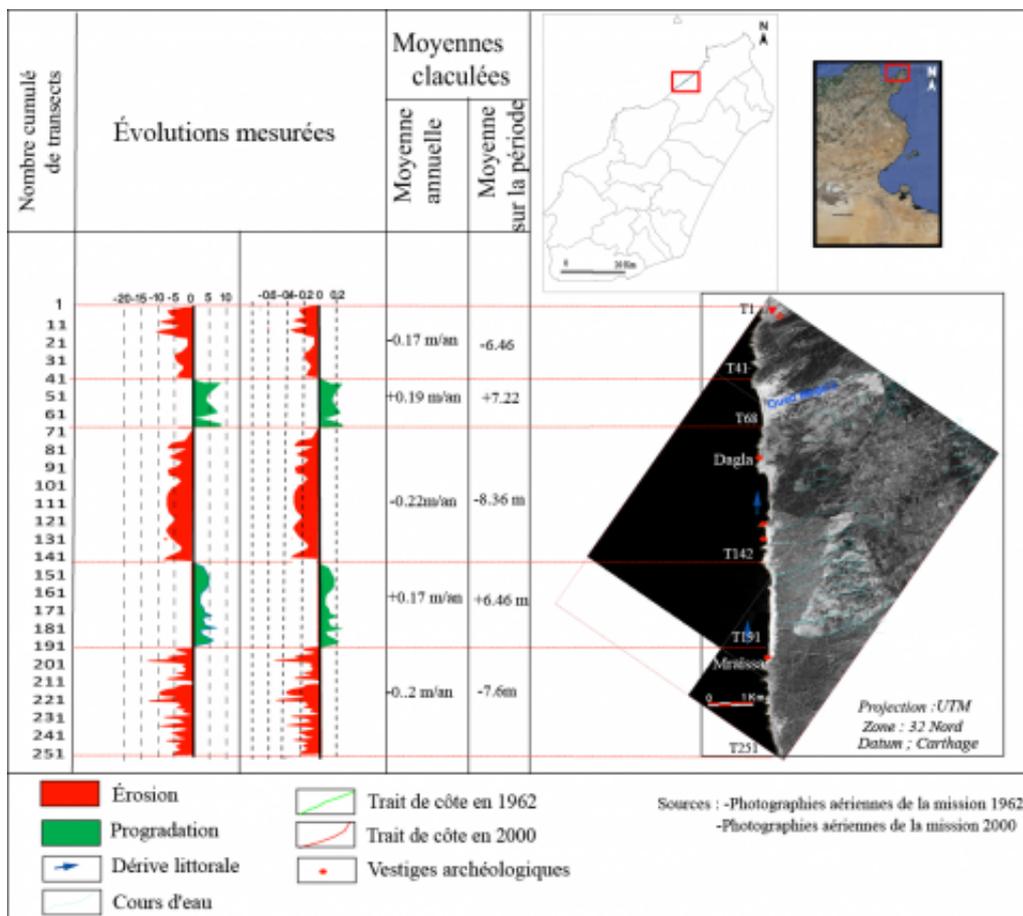
5.2.1 - Étude diachronique

Évolution de 1962 à 2000

33 Les taux d'évolution enregistrés dans ce segment sont majoritairement négatifs (70 % du nombre de transects étudiés). Un zonage prenant en compte le contexte physique et le type d'évolution géomorphologique permet de dégager trois dynamiques principales (fig. 13) :

- Le premier type correspond à un linéaire côtier d'une longueur de 2 km (transect₁ au transect 41) et taillé en micro-falaise, qui a connu un recul de l'ordre de 6,5 m ($\pm 1,6$ m), ce qui donne une moyenne de $-0,17$ m/an ($\pm 0,02$ m/an). La surface totale érodée dans ce secteur est de 1,3 ha ; soit 0,06 ha pour 100 m de linéaire côtier.
- Le deuxième type correspond à une côte sableuse, de 50 m de large en moyenne bordée d'un cordon littoral et de dunes récentes. Ce segment, qui s'étire sur 3,7 km (transects 68 au 142), montre un recul de trait de côte de l'ordre de 0,22 m/an ($\pm 0,02$ m/an). Les taux d'évolution varient d'un transect à l'autre. Le linéaire situé entre le transect 68 le transect 75 montre une moyenne

de recul modeste de 0,1 m ($\pm 0,02$ m/an), voire même une stabilité pour quelques points. Avec une moyenne de -0,35 m/an ($\pm 0,02$ m/an), les transects 101 à 121, se caractérisent par un recul plus important. Le bilan surfacique est de 3 ha de perte, ce qui donne -0,08 ha/100 m de linéaire côtier de 1962 à 2000.

Fig. 13


Évolution du segment côtier entre l'embouchure d'Oued Megaïz et Mraïssa de 1962 à 2000.

- Le troisième type correspond à deux linéaires côtiers nourris par les apports des oueds. Le premier, situé entre le transect 41 et 68, a connu une légère avancée du trait de côte. Les valeurs enregistrées varient de +1,5 à +8 m, ce qui donne une moyenne de +0,19 m/an ($\pm 0,02$ m/an). En termes de surface, ce linéaire côtier a gagné 9 720 m² ; soit 720 m² pour 100 m de linéaire côtier.
- 34 Le linéaire côtier, compris entre le transect 142 et 191, correspond au débouché de modestes organismes hydrographiques, dont le plus important est l'Oued Dagla. Dans ce secteur, la progradation représente 96 % de la côte étudiée. La moyenne est de l'ordre de +0,17 m/an ($\pm 0,02$ m/an) et la surface gagnée est de 1,58 ha, soit 0,06 ha pour 100 m de linéaire côtier.
- Enfin, un quatrième segment côtier de 3 km (transect 191 au 251) a connu un recul de 0,2 m ($\pm 0,02$ m/an), ce qui correspond à une surface perdue de 2,28 ha, soit 0,07 ha pour 100 m de linéaire côtier.
- 35 Le bilan surfacique pour les segments montrant un recul correspond à une perte de 6,58 ha, soit une moyenne de -13,1 m² pour 100 m de linéaire côtier par an. Les segments qui se caractérisent par un engraissement montrent un gain total de 2,55 ha,

soit une moyenne de +5,5 m² pour 100 m de linéaire côtier par an.

Évolution de 2000 à 2018

36 Comme pour la période précédente, nous avons pu définir trois linéaires côtiers en érosion et deux qui ont connu une progradation (fig. 14). Si on compare les vitesses de recul actuelles avec celles de la période précédente, on constate une poursuite des mêmes tendances, mais avec des rythmes accélérés.

37 En effet, les analyses montrent un premier secteur du transect 1 à 41, caractérisé par une ligne de rivage qui recule de 0,25 m/an ($\pm 0,02$ m/an) pour une superficie perdue de 7 200 m², soit 360 m² pour 100 m.

38 Dans le deuxième secteur (transect 41 au 68), le trait de côte a avancé de 3,9 m ($\pm 1,6$), ce qui donne une moyenne de +0,2 m/an ($\pm 0,02$ m/an). Une évolution plus importante a été enregistrée entre les transects 51 et 58, avec une moyenne de + 0.4 m/an ($\pm 0,02$ m/an), pour un gain de 6 075 m², soit +450 m² pour 100 m.

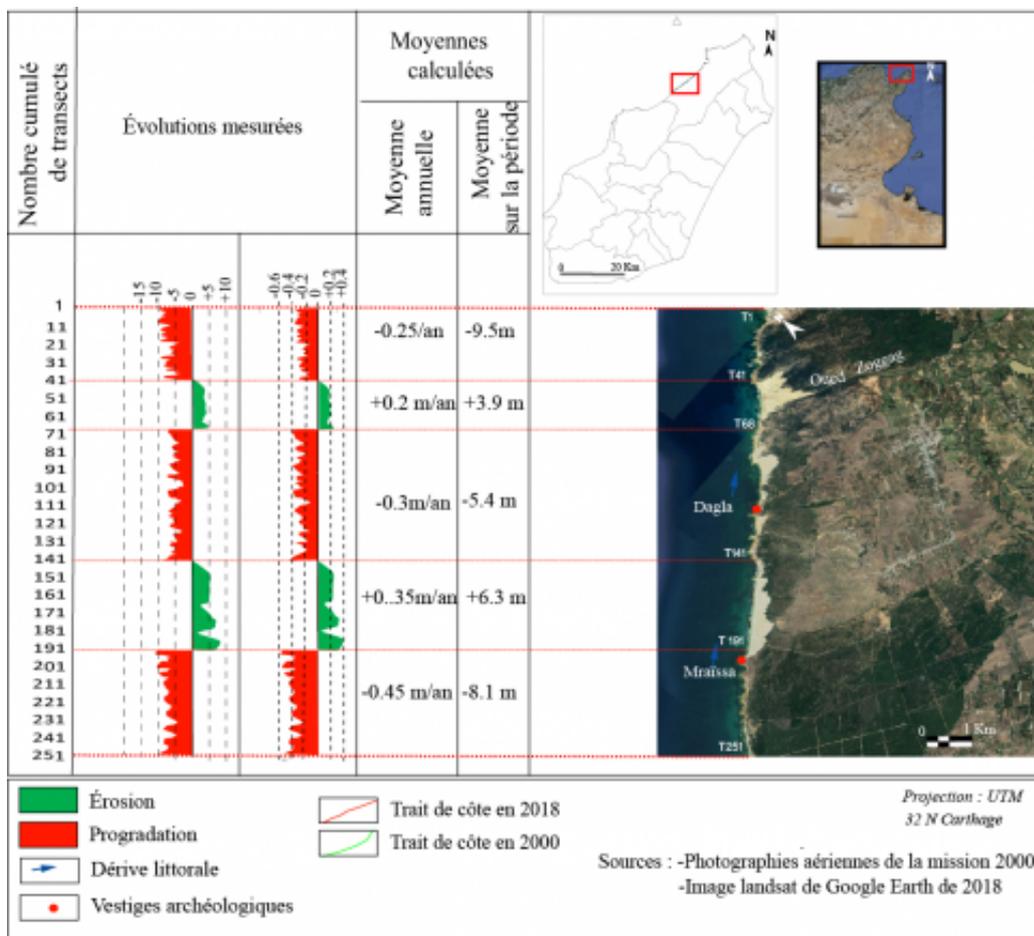
39 Le troisième segment côtier (du transect 68 au 141) présente une zone en érosion de 0,3 m/an ($\pm 0,02$ m/an). La surface perdue dans ce segment est de 1,97 ha ; soit -0,05 ha pour 100 m de linéaire côtier.

40 Le secteur compris entre les transects 141 et 191 montre une progradation atteignant 6,3 m $\pm 1,6$ m (moyenne de + 0,35 m/an ($\pm 0,02$ m/an), pour une surface gagnée de l'ordre de 1,57 ha ; soit 0,06 ha pour un linéaire côtier de 100 m.

41 Le segment côtier situé entre les transects 191 et 251 a connu les valeurs d'érosion les plus significatives. La moyenne de recul est de l'ordre de 0,45 m/an ($\pm 0,02$ m/an). En termes de surface, ce segment a perdu 2,4 ha, ce qui donne - 0,08 ha pour 100 m de linéaire côtier.

42 Pour l'ensemble du linéaire côtier, le trait de côte a reculé de manière significative, entraînant une perte importante de l'ordre de 5 ha, soit -23,5 m² pour 100 m de linéaire côtier par an.

Fig. 14



Évolution du segment côtier entre l'embouchure d'Oued Megaiz et Mraïssa de 2000 à 2018.

5.2.2 - Mraïssa et Dagla : Deux sites archéologiques en danger

43 Même si une partie importante des vestiges archéologiques d'interface sont actuellement submergés comme les fonds de carrières littorales et les ports antiques, les dégâts récents attribuables aux tempêtes et à l'érosion marine doivent nous inciter à prendre conscience de la vulnérabilité du patrimoine archéologique dans le contexte du changement global (IPCC, 2018). En se basant sur les résultats des analyses diachroniques pour une période de 56 ans, le volume érodé sur la seule partie des vestiges archéologiques de Dagla (transects 100 à 141) a été estimé à 600 m³. L'érosion du trait de côte dans les environs du site archéologique de Mraïssa correspondant à une perte sédimentaire de l'ordre de 2000 m³. Ces chiffres illustrent la gravité de la situation.

44 Les ruines de Dagla, décrites par Slim *et al.* (2004) sont tronquées le plus souvent en falaise vive de 3 à 4 m de hauteur (fig. 15). Au pied des falaises, une couche colluviale sablo-limoneuse explique leur vulnérabilité.

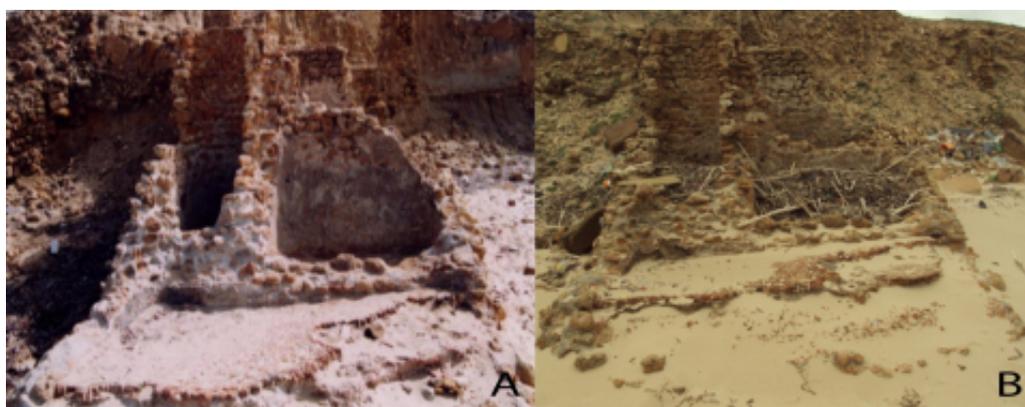
Fig. 15



État des vestiges à Dagla : Falaises tronquant les vestiges archéologiques qui reculent à l'occasion des tempêtes.

- 45 Les vestiges de Mraïssa n'échappent pas à cette dynamique. C'est le cas des cuves de salaison antiques dont la comparaison entre 1990 et 2016 traduit bien le risque qui pèse sur ce patrimoine archéologique menacé de disparition (fig. 16).

Fig. 16



Exemple des cuves de salaisons de Mraïssa

Crédits : A- Photographie de P. Troussset, 1990 (archives CCJ), B- Photographie de S. Trabelsi (2016).

5.3 - Le segment côtier de Sidi Erraïs dans les environs du site archéologique de *Carpis*

- 46 Long de 850 m, le segment côtier étudié est caractérisé par la présence de la cité antique de *Carpis*. Les résultats des mesures effectuées montrent que l'érosion littorale a eu tendance à se généraliser, touchant de plus en plus des vestiges auparavant épargnés.

5.3.1 - Étude diachronique

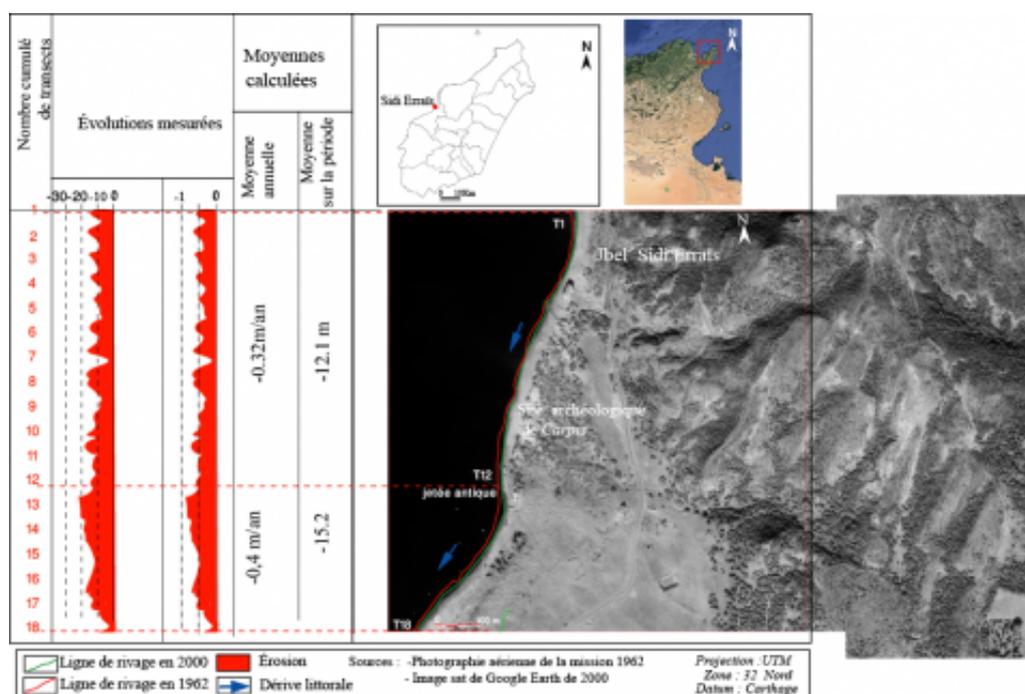
Évolution de 1962 à 2000

- 47 L'évolution du trait de côte dans les environs de *Carpis* se caractérise par un recul quasi général (fig. 17). Ce recul n'est cependant pas régulier. Il prend une ampleur particulièrement importante à proximité immédiate des vestiges. Situées au bord de cette plage, les constructions antiques ont contribué à l'accentuation de l'action des eaux marines lors des tempêtes à cause de la réflexion des vagues par ces murs qu'elles

heurtent (fig. 20). Ceci a contribué à la perturbation de l'échange sédimentaire entre les différentes parties du profil transversal des plages (OUESLATI, 2010).

48 Afin de mieux saisir la dynamique de ce segment côtier, nous l'avons subdivisé en deux tronçons.

- Un premier secteur est situé au nord des jetées du port antique de *Carpis* (transects 1 à 12). La ligne de rivage a reculé en moyenne de 12.1 m \pm 1.6 m par rapport à 1962, soit un taux moyen d'érosion de 0.32 m/an (\pm 0.02 m/an). Le bilan surfacique montre un recul de 7200 m², ce qui donne 1200 m² pour 100 m de linéaire côtier. La superficie annuelle perdue est de 31.5 m² pour 100 m.
- Dans le deuxième secteur situé au sud des jetées du port antique (transects 12 à 18), les valeurs augmentent encore. Le taux moyen de recul est de 0.4 m/an (\pm 0.02 m/an). Le recul a été de 4560 m², soit 1520 m² pour 100 m de linéaire côtier depuis 1962, ce qui donne un bilan annuel de -40 m² pour 100 m de linéaire côtier.

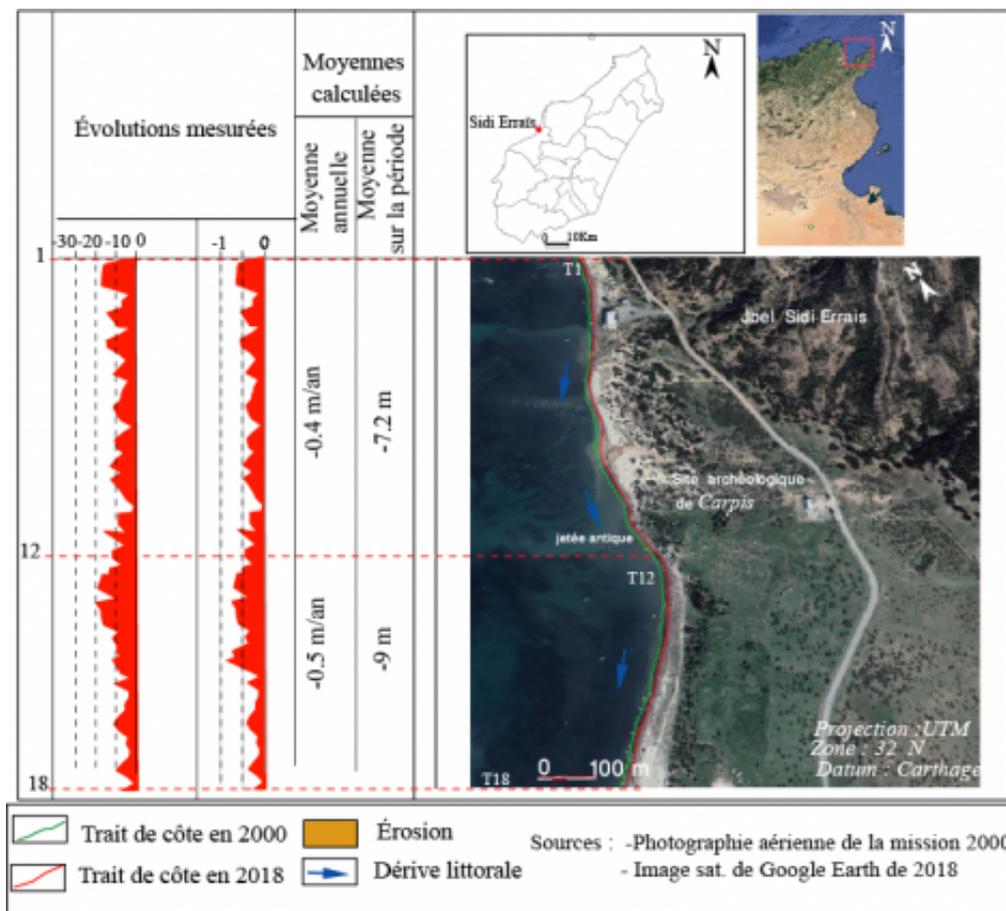


Mesures des évolutions dans le segment côtier de Sidi Erraïs (*Carpis*) entre 1962 et 2000.

Évolution de 2000 à 2018

49 Pour cette période (fig. 18), la mobilité du trait de côte est encore plus importante. Le premier secteur (transects 1 à 12) présente une ligne de rivage en recul de 0,4m/an (\pm 0,02 m/an). La surface perdue est de l'ordre de 5 000 m², soit -714 m² pour 100 m de linéaire côtier. Le deuxième secteur suit la même tendance, mais, avec une ampleur plus importante. La moyenne est de - 0,5 m/an (\pm 0,02 m/an), mais les valeurs peuvent atteindre - 0,8 m/an (\pm 0,02 m/an) au niveau du transect 14. Ce secteur a perdu 2 700 m² ; soit -900 m² pour 100 m de linéaire côtier. Pour l'ensemble du site archéologique, le trait de côte a reculé de l'ordre de 0.77 ha depuis 2000 ; soit -855 m² pour 100 m de linéaire côtier. Le bilan surfacique annuel est de -47,5 m² pour 100 m de linéaire côtier.

Fig. 18



Mesures des évolutions dans le segment côtier de Sidi Erraïs (*Carpis*) entre 2000 et 2018.

5.3.2 - À Sidi Erraïs (*Carpis*) : un patrimoine archéologique qui court un risque réel

50 Nous l'avons déjà signalé, les analyses de la cinématique de trait de côte aux abords du site archéologique de *Carpis* montrent un retrait de 0,5 m/an. Les vestiges les plus en danger correspondent à des structures romaines, sous la forme de murs en petits moellons (SLIM *et al.*, 2004). En termes de surface, on a enregistré une perte moyenne annuelle de 70 m² pour 100 m de linéaire côtier. À la différence des autres sites, la facilité d'accès au rivage le rend particulièrement exposé aux perturbations d'origine anthropique, en accueillant un nombre important d'estivants.

51 Ce site archéologique a fait l'objet d'un suivi archéologique depuis plusieurs années (TRABELSI, 2014, 2020). Lors de deux inspections réalisées en 2014 et 2019, et en comparant avec la situation de 1987, date des prospections établies par l'équipe franco-tunisienne, nous avons pu constater une intense dégradation des vestiges archéologiques (fig. 19). C'est le tronçon correspondant à l'antique *Carpis* qui est le plus affecté (transects 10 à 18, fig. 17 et 18). Les violentes tempêtes des hivers 2018 et 2019, dont nous ne disposons malheureusement pas de mesures, en sont l'une des causes principales. Ces épisodes de haute énergie ont cisailé les falaises et les dunes, favorisant ainsi des effondrements. Nous avons aussi relevé un amaigrissement de l'estran. En effet, pour certains tronçons, la largeur de la plage, qui se situait en 1962 entre 6 et 7 m, ne dépasse actuellement jamais 3 m. L'érosion a aussi entraîné l'exhumation de structures archéologiques sous-jacentes.

Fig. 19



Fig. 19 : Exemple d'érosion accélérée menaçant les vestiges archéologiques à *Carpis*

Sources : A- Photographie de P. Troussel (1990, archives CCJ) ; B- Photographie de S. Trabelsi (2018).

6 - Discussion

52 La dynamique du trait de côte le long de la façade occidentale de la péninsule du Cap Bon varie beaucoup spatialement. La majorité des secteurs (fig. 20) est caractérisée par une érosion assez importante et montrent une vulnérabilité accrue des vestiges archéologiques.

53 Le premier forçage est lié à la structure des littoraux (40 % de côte rocheuse) qui limite la mobilité des rivages. De plus, plusieurs segments côtiers, notamment ceux situés entre Sidi Daoud et Mraïssa, sont restés jusqu'à nos jours à l'abri d'aménagements anthropiques. Ponctuellement, les apports sédimentaires des oueds bénéficient aussi à certains tronçons littoraux.

54 En revanche, le segment côtier situé entre les transects 68 et 142 est caractérisé par une érosion marquée du rivage depuis 1962. Cette évolution est attribuable à la faiblesse des apports sédimentaires des oueds particulièrement modestes. De ce fait, les apports restent occasionnels et en quantités peu significatives. Ces organismes hydrographiques n'ont donc pas pu contribuer à rééquilibrer le bilan sédimentaire déficitaire du littoral dans un contexte de transit sédimentaire bi-directionnel (EL ARRIM, 1996 ; OUESLATI, 2004) ; fig. 5.

Fig. 20

Période d'étude	(N° Transects)	Longueur du linéaire (Km)	%	Type du linéaire côtier	Type de l'évolution	Moyenne annuelle (m/an)
1962-2000	T1 à T33	1.5		Côte à falaise	érosion	-0.15 (±0.02)
	T33 à T47	0.7		Côte à falaise	Erosion/stabilité	-0.05(±0.02)
2000-2018	T1 à T33	1.5		Côte à falaise	érosion	-0.21(±0.02)
	T33 à T47	0.7		Côte à falaise	Erosion/stabilité	-0.09 (±0.02)
1962-2000	T1-T41	2.		Côte à falaise+ cote sableuse	Erosion	-0.2(±0.02)
	T68-T142 T191-T251	3.7 3				
	T41-T68 T142-T191	1.35 2.45		Côte sableuse (embouchure des oueds)	progradation	+0.18(±0.02)
2000-2018	T1-T41 T61-T141 T191-T251	2 4 3		Côte à falaise+ cote sableuse	Erosion	-0.33(±0.02)
	T41-T61 T141-T191	1 2.5		côte sableuse (embouchure des oueds)	progradation	+0.27(±0.02)
1962-2000	T1-T18	0.85		côte sableuse	érosion	-0.36 (±0.02)
2000-2018	T1-T18	0.85		à falaise	érosion	-0.45(±0.02)
Bilan 1962-2018		12	85		Erosion	-0.2(±0.02)
		3.8	15		Progradation	+0.22(±0.02)

Tableau synthétique des évolutions mesurées

55 Bien que relativement faible dans l'ensemble, le recul de la plupart des tronçons étudiés trouve son explication partielle dans la diminution des apports sédimentaires des oueds. La faiblesse des débits traduit des précipitations peu importantes durant la période étudiée (INM, 2004). De plus, on note la construction de barrages collinaires sur les oueds les plus importants, comme pour l'Oued Abid qui a vu ses apports diminués à la suite de l'installation d'un barrage en 2002 (BEN MAMMOU, 2006). Les travaux des riverains, comme le blocage du lit des oueds, ont aussi perturbé et diminué la charge sédimentaire au niveau de base.

56 Comme l'indiquait déjà Oueslati en 2010, les manifestations de l'érosion des plages ont été relevées, en Tunisie, même dans des terrains encore non touchés par l'urbanisation. C'est le cas de la côte occidentale du Cap Bon. Bien que le trait de côte bénéficie d'une alimentation sédimentaire non négligeable grâce à la dérive littorale qui lui fait parvenir une partie des débris arrachés aux falaises des caps situés plus au Sud-Ouest, la tendance générale est au recul. Pour expliquer cette tendance, il est nécessaire de prendre en compte le contexte actuel de montée du niveau marin (APAL-PNUD, 2013) ainsi que les changements dans le régime des tempêtes associées au changement global (IHE, 2000 ; IPCC 2018). De ce fait, la connaissance des conditions météorologiques potentiellement érosives, ainsi que leurs impacts sur le littoral, sont des paramètres essentiels dans la compréhension de la vulnérabilité littorale. Bien actives lors des tempêtes, les houles de Nord-Ouest, qui dominent en fréquence et en amplitude, sont principalement responsables du recul des rivages. De ce fait, la situation est particulièrement dramatique pour les segments côtiers riches en vestiges archéologiques. Des travaux récents d'Oueslati *et al.* (2015) l'ont déjà indiqué. Les différents scénarios, basés sur les projections du niveau marin, montrent que les risques, en rapport avec ces problèmes, se poseront même dans des tronçons qui échappent encore aux aménagements directs.

7 - Conclusion et perspectives

57 Une idée fautive et répandue veut que les côtes non aménagées ne changent que lentement et soient, par conséquent, quasi-invulnérables à l'érosion marine. Même si le linéaire côtier situé entre Sidi Daoud et Sidi Erraïs a eu la chance d'échapper aux aménagements modernes susceptibles de perturber ses dynamiques naturelles, il n'est pas, pour autant, à l'abri de l'érosion et du risque de submersion marine. C'est ce qu'ont prouvé nos résultats. Le phénomène s'est aggravé, parfois de manière spectaculaire, lors d'épisodes de tempêtes (BEN BOUBAKER et HENIA, 2005). Les principaux facteurs explicatifs de cette dynamique conjuguent des conditions hydro-météorologiques variables (tempêtes, précipitations...) et une légère montée séculaire du niveau marin. Si actuellement, la contribution de l'élévation du niveau marin dans cette menace reste faible, une fréquence plus élevée des tempêtes risque d'aggraver les impacts du recul de trait de côte, et induire des dommages importants dans un futur proche, surtout en termes de destruction des vestiges archéologiques. De ce fait, une analyse statistique de la fréquence des tempêtes pourrait aider à mieux comprendre la mobilité du trait de côte et permettrait de mieux préparer et orienter les plans de prévention pour la protection du patrimoine archéologique en contexte littoral.

Bibliography

AOUNALLAH S., (2001), *Le Cap Bon, jardin de Carthage : recherches d'épigraphie et d'histoire romano-Africaines (146 a. C - 235 p. C.)*, Bordeaux, Ausonius, 235 p.

APAL-PNUD., (2013), Étude de la carte de la vulnérabilité du littoral tunisien à l'élévation du niveau de la mer due aux changements climatiques, Rapport de synthèse, étude réalisée avec IHE et Géomatix, 42 p.

BEN AYED N., BOURGOU M., KARRAY R., OUESLATI A., (1988), Déformations tectoniques dans le Quaternaire récent des rivages du Cap Bon (Aïn Oktor, Tunisie), Données néotectoniques et sismotectoniques, *Méditerranée*, Troisième série, Tome 64, 2, Évolution des paysages tunisiens au cours du Quaternaire, p. 12-16.

BEN BOUBAKER H., HENIA L., (2005), La tornade du 13 novembre 2004 sur le Cap Bon en Tunisie, *XVIII^e Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Gênes (Italie)*, p. 358-361.

BOAK E.H., TURNER I.L., (2005), Shoreline definition and detection: A review, *Journal of Coastal Research*, 21 (4), p. 688-703.

BONIFAY M., CAPELLI C., LONG L., (2002), Recherches Sur l'origine des cargaisons africaines de quelques épaves du littoral français, in L. Rivet, M. Sciallano (éd.), *Vivre, produire et échanger: reflets méditerranéens, Mélanges offerts à Bernard Liou*, Montagnac, Mergoïl, (*Archéologie et Histoire Romaine*, 8), p. 195-200.

BONIFAY M., (2007), Cargaisons africaines : reflet des entrepôts ?, *Antiquités africaines*, 43, p. 253-260.

BOUNOUH A., (2010), Nouvelles approches en matière de protection et de gestion du littoral en Tunisie, *Méditerranée*, 115, p. 45-53.

BRUN S., (2007), *De l'erg à la forêt. Dynamique des unités paysagères d'un boisement en région littorale, Forêt des dunes de Menzel Belgacem, Cap Bon, Tunisie*, Thèse de Doctorat, Université de Paris IV-Paris-Sorbonne, UFR de géographie et aménagement, École doctorale de géographie de Paris, 322 p.

BRUNEL C., SABATIER F., (2007), Pocket beach vulnerability to sea level rise, *Journal of Coastal Research*, p. 604-609.

DGRE (Direction Générale des Ressources en Eau), (2004), *Annuaire Hydrologique de Tunisie 2003-2004*.

DOLAN R., FENSTER M.S., HOLMES S.J., (1991), Temporal analysis of shoreline recession

and accretion, *Journal of Coastal Research*, Vol.7, 3, p. 723-744.

DURAND P., (2000), Approche méthodologique pour l'analyse de l'évolution des littoraux sableux par photo-interprétation, Exemple des plages situées entre les embouchures de l'Aude et de l'Hérault (Languedoc, France), *Photo-Interprétation*, 1/2, p. 3-17.

EL ARRIM A., (1996), *Étude de l'impact de la dynamique sédimentaire et des aménagements sur la stabilité du littoral du Golfe de Tunis*, Thèse de doctorat de géologie, Université de Tunis El Manar, 223 p.

FAYE I., HENAFF A., GOURMELON F., DIAW A.T., (2008), Évolution du trait de côte à Nouakchott (Mauritanie) de 1954 à 2005 par photo-interprétation, *Norois*, 208, 3, p. 11-27.

FENSTER M.S., DOLAN R., (1993), Historical shoreline trends along the outer banks, North Carolina: processes and responses, *Journal of Coastal Research*, 9, 1, p. 172-188.

FLETCHER C.H., ROONEY J.J., BARBEE M., LIM S.C., RICHMOND B., (2003), Mapping shoreline change using digital orthophotogrammetry on Maui, Hawaii, *Journal of Coastal Research*, 38, p. 106-124.

GROSSE M., (1969), *Recherches géomorphologiques dans la péninsule du Cap Bon (Tunisie)*, Pubi. Univ. Tunis, 3^e série, 358 p.

GSELL S., (1913), *Histoire ancienne de l'Afrique du Nord. Tome 1 : Les conditions du développement historique, les temps primitifs, la civilisation phénicienne et l'Empire de Carthage*, Hachette, Paris, 544 p.

HALOUANI N., SABATIER F., GUEDDARI M., FLEURY J., (2007), Évolution du trait de côte de Tabarka-Bouterfess, nord-ouest de la Tunisie, *Méditerranée*, 108, p. 131-137.

IHE., (2000), Élévation accélérée du niveau de la mer en Tunisie : Vulnérabilité et adaptation, *Rapport préliminaire 2c*, Tunis, 85 p.

INM (Institut national de la météorologie), (2004), Atlas climatique de la Tunisie, Tunis : Publication de l'Institut national de la météorologie.

IPCC., (2018), Global warming of 1.5°C. *An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte V., Zhai P., Pörtner H.O., Roberts D., Skea J., Shukla P.R., Pirani A., Moufouma-Okia W., Péan C., Pidcock S., Connors J.B., Matthews R., Chen Y., Zhou X., Gomis M.I., Lonnoy E., Maycock T., Tignor R.M., Waterfield T.,(eds.)].

JUIGNER M., (2012), *Cinématique d'un trait de côte sableux en Vendée entre 1920 et 2010, Méthode et analyse*, Géolittomer Cnrs UMR 6554 LETG, Université de Nantes, 13 p.

KARRAY R., PASKOFF R., (1977), *Carte géomorphologique au 1:50000, feuille de la Goulette*, Pubi.Univ.Tunis, 2^e série, 9, 15 p.

KCHOUK F., (1963), *Contribution à l'étude des formations dunaires de Dar Chichou*, Thèse de 3^e cycle, Université Paris VI, 72 p.

KOUKA M., (2017), Apport des SIG à l'étude de la mobilité du rivage de 1954 à 2012 dans le fond du golfe de Bou Ghrara, *Revue Tunisienne de Géographie*, 46-47, p. 131-153.

KOUKI A., (1984), *Contribution à l'étude de la dynamique sédimentaire dans le petit Golfe de Tunis*, Thèse de 3^e cycle, Université de Nantes, 168 p.

LAMBECK K., (2002), Sea level change from mid-Holocene to recent times: An Australian example with global implications, *Ice Sheets, Sea Level and the Dynamic Earth*, J.X. Mitrovica, B.L.A. Vermeersen, Eds., *Geodynamics Series*, 29, p. 33-50.

LCHF (1965), *Plage de la Goulette*, 2 tomes, cartes et diagrammes.

LCHF (1982), *Protection des plages sud de Tunis*, 2^e partie, 37 p.

LOUATI M., ZARGOUNI F., (2009), Modélisation topo-bathymétrique et transit sédimentaire, Exemple des plages sableuses de la baie de Tunis, Nord-Est de la Tunisie, *Géomorphologie: relief, processus, Environnement*, 15, 3, p. 211-222.

LOUATI M., ZARGOUNI F., (2013), Le littoral entre l'actuelle embouchure de l'Oued Miliane et Soliman, Tunisie. Analyse de l'évolution du trait de côte par photo-interprétation et système d'information géographique, *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 19, 2, p. 209-224.

MARZOUGUI W., OUESLATI A., (2017), Les plages de la côte d'Ejjehmi-Soliman (golfe de

Tunis, Tunisie) : exemple d'accélération de l'érosion marine dans une cellule sédimentaire artificiellement tronçonnée, *Physio-Géo*, 11, 1, p. 21-41.

OUESLATI A., PASKOFF R., SLIM H., TROUSSET P., (1987), Déplacements de la ligne de rivage en Tunisie d'après les données de l'archéologie à l'époque historique, in EUZENNAT M., PASKOFF R., TROUSSET P., (dirs), *Déplacements des lignes de rivage en Méditerranée d'après les données de l'archéologie, actes de colloque* (Aix-en-Provence, 1985), éd. CNRS, Paris, p. 67-85.

OUESLATI A., (1993), Les côtes de la Tunisie : Géomorphologie et Environnement et Aptitudes à l'Aménagement, Publications de la faculté des sciences humaines et sociales, Université de Tunis I, 387 p.

OUESLATI A., (2004), Littoral et aménagement en Tunisie, ORBIS presses, 534 p.

OUESLATI A., (2010), Plages et urbanisation en Tunisie : des avatars de l'expérience du XX^e siècle aux incertitudes de l'avenir, *Méditerranée*, 115, p. 103-116.

OUESLATI A., LABIDI O., ELAMRI T., (2015), *Atlas de la vulnérabilité du littoral tunisien à l'élévation du niveau marin*, APAL, p. 67.

PASKOFF R., (2001), *L'élévation du niveau de la mer et les espaces côtiers*, Institut Océanographique, 190 p.

PASKOFF R., (2005), *Les plages vont-elles disparaître ?*, Éd. Le Pommier, Paris, coll. Les Petites pommes du savoir, 64, 298 p.

PONCET J., (1962), *Paysages et problèmes ruraux en Tunisie*, Presses Universitaires de France, 376 p.

SETHOM H., (1977), *L'Agriculture de la presqu'île du Cap Bon*, Publication de l'Université de Tunis, 532 p.

SLIM H., TROUSSET P., PASKOFF R., OUESLATI A., (2004), Le Littoral de la Tunisie : étude géoarchéologique et historique, *Études d'Antiquités africaines*, CNRS éditions, 308 p.

TALLEY L.D., REID J.L., ROBBINS P.E., (2003), Data-based meridional overturning stream functions for the global ocean, *Journal of Climate*, 16, p. 3213-3226.

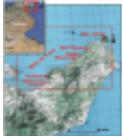
THIELER E.R., HIMMELSTOSS E.A., ZICHICHI J.L., ERGUL A., (2009), The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 4.0-An ArcGIS Extension for Calculating Shoreline Change, Open-File Report, *US Geological Survey Report*, 2008-1278.

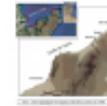
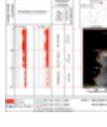
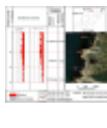
TRABELSI S., (2014), *Recherches archéologiques sur le site antique de Carpis (Sidi Erraïs)*, Mémoire de master, Faculté des sciences humaines et sociales de Tunis, 325 p.

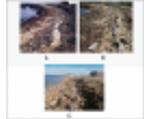
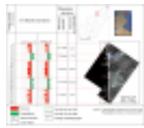
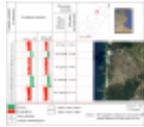
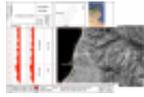
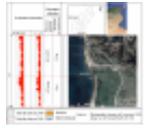
TRABELSI S., (2019), Le port antique de Missua (Sidi Daoud), Découvertes sous-marines récentes, *Méditerranée*, URL : <http://journals.openedition.org/mediterranee/10799>.

TRABELSI S., (2020), *Les ports antiques de la côte nord du Cap Bon*, Thèse de doctorat, Université de Sousse et Aix-Marseille Université, 500 p.

List of illustrations

	Title	Fig. 1
	Caption	Localisation du trait de côte étudié (carte topographique du Cap Bon au 1/200.000°).
	URL	http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/11676/img-1.png
	File	image/png, 337k
	Title	Fig. 2
	Caption	Carte des vestiges archéologiques le long de la façade occidentale de la péninsule du Cap Bon.
	Credits	Sources : Carte topographique du Cap Bon au 1/200 00, carte topographique de Tazoghrane et Sidi Daoud au 1/50 000, image satellite : Google, 2017
		http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/11676/img-

	URL	2.png
	File	image/png, 870k
	Title	Fig. 3
	Caption	Carte des pentes de la façade occidentale de la péninsule du Cap Bon
	Credits	Sources : Cartes topographiques de Tazoghrane, Sidi Daoud et La Marsa au 1/50 000
	URL	http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/11676/img-3.png
	File	image/png, 695k
	Title	Fig. 4
	Caption	Modèle numérique de terrain (Kouka, 2018)
	Credits	Sources : Cartes topographiques de Tazoghrane, Sidi Daoud et La Marsa au 1/50 000
	URL	http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/11676/img-4.png
	File	image/png, 241k
	Title	Fig. 5
	Caption	Variabilité interannuelle des moyennes pluviométriques (INM, 2004).
	URL	http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/11676/img-5.png
	File	image/png, 24k
	Title	Fig. 6
	Caption	Croquis géomorphologique de la partie occidentale de la péninsule du Cap Bon
	Credits	Crédit : Kouka, 2019
	URL	http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/11676/img-6.png
	File	image/png, 937k
	Title	Fig. 7
	Caption	Organigramme de la méthodologie adoptée
	URL	http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/11676/img-7.png
	File	image/png, 103k
	Title	Fig. 8
	Caption	Morphologie littorale du segment de Sidi Daoud.
	URL	http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/11676/img-8.png
	File	image/png, 1.2M
	Title	Fig. 9
	Caption	Évolutions mesurées du segment côtier à Sidi Daoud entre 1962 et 2000.
	URL	http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/11676/img-9.png
	File	image/png, 184k
	Title	Fig. 10
	Caption	Évolutions mesurées du segment côtier à Sidi Daoud entre 2000 et 2018.
	URL	http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/11676/img-10.png
	File	image/png, 431k

	<p>Title Fig. 11</p>
	<p>Caption Vestiges de la chaussée romaine érodés et exposés à l'action des vagues</p>
	<p>Credits A- Photographie de P. Troussset (1989, Archive CCJ) ; B- Photographie de S. Trabelsi (2016) ; C-Photographie de M. Kouka (2018)</p>
	<p>URL http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/11676/img-11.png</p>
	<p>File image/png, 526k</p>
	<p>Title Fig. 12</p>
	<p>Caption Dunes reboisées à l'arrière côte du segment côtier entre l'embouchure de l'oued Megaïz et Mraïssa</p>
	<p>Credits Crédit : Kouka, 2017</p>
	<p>URL http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/11676/img-12.png</p>
	<p>File image/png, 461k</p>
	<p>Title Fig. 13</p>
	<p>Caption Évolution du segment côtier entre l'embouchure d'Oued Megaïz et Mraïssa de 1962 à 2000.</p>
	<p>URL http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/11676/img-13.png</p>
	<p>File image/png, 333k</p>
	<p>Title Fig. 14</p>
	<p>Caption Évolution du segment côtier entre l'embouchure d'Oued Megaïz et Mraïssa de 2000 à 2018.</p>
	<p>URL http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/11676/img-14.png</p>
	<p>File image/png, 675k</p>
	<p>Title Fig. 15</p>
	<p>Caption État des vestiges à Dagla : Falaises tronquant les vestiges archéologiques qui reculent à l'occasion des tempêtes.</p>
	<p>URL http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/11676/img-15.png</p>
	<p>File image/png, 647k</p>
	<p>Title Fig. 16</p>
	<p>Caption Exemple des cuves de salaisons de Mraïssa</p>
	<p>Credits Crédits : A- Photographie de P. Troussset, 1990 (archives CCJ), B- Photographie de S. Trabelsi (2016).</p>
	<p>URL http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/11676/img-16.jpg</p>
	<p>File image/jpeg, 378k</p>
	<p>Caption Mesures des évolutions dans le segment côtier de Sidi Erraïs (<i>Carpis</i>) entre 1962 et 2000.</p>
	<p>URL http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/11676/img-17.png</p>
	<p>File image/png, 397k</p>
	<p>Title Fig. 18</p>
	<p>Caption Mesures des évolutions dans le segment côtier de Sidi Erraïs (<i>Carpis</i>) entre 2000 et 2018.</p>
	<p>URL http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/11676/img-18.png</p>
	<p>File image/png, 445k</p>

	Title	Fig. 19
	Caption	Fig. 19 : Exemple d'érosion accélérée menaçant les vestiges archéologiques à <i>Carpis</i>
	Credits	Sources : A- Photographie de P. Troussel (1990, archives CCJ) ; B- Photographie de S. Trabelsi (2018).
	URL	http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/11676/img-19.png
	File	image/png, 1.6M
	Title	Fig. 20
	Caption	Tableau synthétique des évolutions mesurées
	URL	http://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/11676/img-20.jpg
	File	image/jpeg, 180k

References

Electronic reference

Mourad Kouka and Soumaya Trabelsi, « Mobilité du trait de côte et destruction des vestiges archéologiques de la façade nord-occidentale du Cap Bon (Tunisie) », *Méditerranée* [Online], Paleoenvironment, Geoarchaeology, Historical Geography, Online since 05 March 2020, connection on 05 March 2020. URL : <http://journals.openedition.org/mediterranee/11676>

About the authors

Mourad Kouka

CGMED, FSHST, Faculté des Sciences Humaines et Sociales de Tunis, Université de Tunis, Tunisie, mourad_kouka@yahoo.fr

Soumaya Trabelsi

Faculté des lettres et des sciences humaines de Sousse, Université de Sousse, Tunisie, soumaya.trabelsi@gmail.com

By this author

Le port antique de *Missua* (Sidi Daoud) [Full text]

Découvertes sous-marines récentes

The ancient harbor of *Missua* (Sidi Daoud). Recent submarine discoveries

Published in *Méditerranée*, Paleoenvironment, Geoarchaeology, Historical Geography

Copyright

Tous droits réservés

This site uses cookies and collects personal data.

For further information, please read our Privacy Policy (updated on June 25, 2018).

By continuing to browse this website, you accept the use of cookies. Close