

Atlas

**de la vulnérabilité
du littoral tunisien
à l'élévation du niveau marin**

Conception et réalisation :

Ameur Oueslati
Omar Labidi
Tharouet Elamri

2015



© Agence de protection et d'aménagement du littoral (APAL). Mai 2015.

Tous droits réservés.



*Au service
des peuples
et des nations*

Partenaire : Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD)

PRÉAMBULE

Cet atlas a été produit dans le cadre d'une mission accordée par le bureau du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) à Tunis, à Ameer Oueslati, Professeur à l'Université de Tunis. L'équipe qui a contribué à sa réalisation comprend aussi Amor Labidi, spécialiste en SIG et Tharouet Elamri, consultante en communication. Il est constitué de documents dont la réalisation devait se baser, d'après les termes de référence, sur deux rapports (phase I et phase II) produits dans le cadre d'une étude relative à l'élaboration de « la carte de la vulnérabilité du littoral tunisien face l'élévation accélérée du niveau de la mer ». Confiée au groupement de bureaux d'études IHE-GEOMATIX dans le cadre d'un partenariat entre l'Agence de protection et d'aménagement du littoral (APAL) et le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), l'étude a été achevée en 2012.

En fait, l'utilisateur trouvera aussi une matière qui ne figure pas dans les rapports précités. Ceci a été fait, surtout, dans le but d'un enrichissement du document et d'une homogénéisation ou actualisation d'une partie des données. Le complément d'information a été obtenu grâce à un effort de l'équipe chargée de la réalisation du travail mais aussi grâce à une collaboration avec l'Observatoire du littoral de l'APAL à travers sa base de données géographiques et son fonds photographique.

L'approche suivie permet de passer du général au spécifique. Aussi, les premières cartes ont-elles été consacrées à une présentation à l'échelle de l'ensemble du littoral. Dans une deuxième grande étape, sont présentés des sites précis. Au nombre de cinq, ces derniers ont été sélectionnés d'abord pour leur vulnérabilité

élevée. Mais la sélection a considéré, dans la mesure du possible, la répartition géographique ainsi que la variété des milieux. Les cinq sites appartiennent en effet à différentes parties du littoral, du nord au sud. Ils sont aussi représentatifs des principaux types de situations : milieux lagunaires et littoraux sableux, milieux insulaires, milieux à marée importante et enfin les milieux urbanisés.

Pour le côté cartographique, l'utilisateur trouvera une production bien différente, par son exécution, que celle figurant dans l'étude de base. Toutes les cartes ont été reproduites. Un souci particulier a été accordé à la clarté et à la lisibilité ainsi qu'à l'homogénéité et l'expressivité de la représentation des données. Les textes sont donnés pour expliquer les cartes. Mais ils ont constitué l'occasion de rappeler des résultats de recherches récentes en rapport avec le thème. L'illustration photo ainsi que les croquis et schémas qui accompagnent ces textes sont utilisés dans le même objectif. Ils visent également à mieux visualiser certaines dynamiques et évolutions en cours ou à mettre en relief des chiffres expressifs obtenus dans le cadre de l'étude sur laquelle se base l'atlas.

Enfin, ce document nous paraît constituer une étape importante dans la connaissance, par la cartographie, du littoral tunisien. Mais il est loin d'être complet et comporte des déséquilibres entre les différents aspects représentés, dus à la nature de l'information disponible. Ce littoral, qui s'avère bien plus étendu que ce qu'on a longtemps pensé, mérite un atlas bien plus important, embrassant de façon détaillée tous les aspects. Ça se serait un outil de très grande utilité à différents niveaux et pour une longue liste d'utilisateurs.

TABLE DES MATIÈRES

5 Introduction

7 De nouveaux chiffres pour le littoral tunisien

8 Cadre physique général

12 Morphologie du rivage

16 Vulnérabilité à la submersion

20 Vulnérabilité globale

26 Érosion marine: le phénomène n'est pas nouveau



30 De Ghar El Melh à Kalaat Landlouss

36 L'archipel de Kerkena

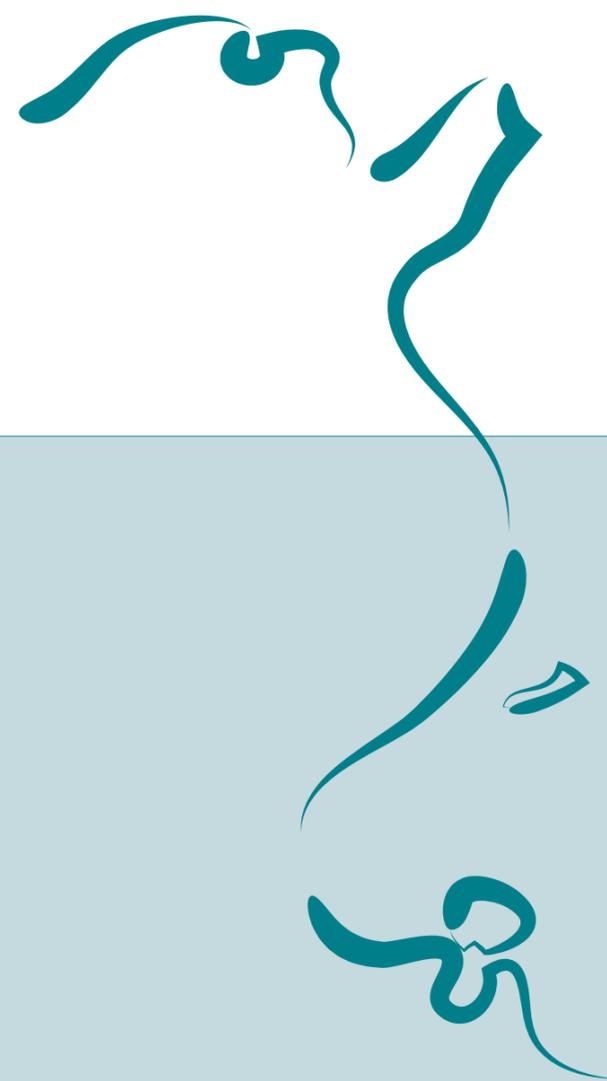
46 L'île de Jerba

54 Le site de Sfax

60 Le fond du golfe de Gabès

65 Bibliographie utilisée

66 Lexique



INTRODUCTION

La question du changement climatique a fait l'objet de nombreux travaux menés à différentes échelles. Mais les publications officielles du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) continuent à constituer les documents de référence sur ce plan. Les principaux résultats sont donnés dans des rapports qui font le point sur l'évolution des connaissances.

Parallèlement aux travaux du GIEC, des recherches et études sont menées par différents spécialistes, dans des cadres variés, un peu partout dans les pays côtiers. La Tunisie est l'un de ces pays et a déjà bénéficié de différentes études commencées surtout avec la préparation, en 2000-2001, de la « Communication à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques » (CCNUCC).

Il se dégage des travaux disponibles que les tendances générales se traduiront par une augmentation de la température moyenne



annuelle ainsi que des modifications dans le régime pluviométrique et une variabilité accrue du climat. L'accent est mis aussi sur les phénomènes extrêmes (sécheresses, inondations, tempêtes, vents) qui augmenteront en fréquence et en intensité. Mais pour les milieux côtiers, c'est l'élévation du niveau marin (ENM) qui va retenir le plus l'attention.

Cette élévation sera favorisée par la dilatation thermique de l'eau de mer et résultera aussi des apports en eau à l'état liquide provenant de la fonte des glaciers et de la neige. On estime en effet que l'élévation du niveau de la mer est imputable pour environ 57 % à la dilatation thermique des océans, 28 % à la fonte des glaciers et des calottes glaciaires et, pour le reste, à la rétraction des nappes glaciaires polaires. D'après le rapport du GIEC de 2007, le niveau marin s'est élevé de 17 cm au cours du vingtième siècle mais

avec une moyenne de 3,1 [2,4 - 3,8] mm/an entre 1993 et 2003, c'est-à-dire le double de la moyenne enregistrée durant tout le siècle. Pour la période 1961-2003, cette moyenne s'est par contre située autour de 1,8 [1,3 - 2,3] mm/an. Il reste encore difficile de vérifier si l'accélération du rythme qui a été constatée entre 1993 et 2003 traduit une variation décennale ou un renforcement de la tendance à long terme. Mais il semble admis aussi que cette évolution s'inscrit sur une courbe qui annonce la continuation des phénomènes observés. Aussi, est-il prévu que malgré les politiques d'atténuation et les pratiques de développement durable déjà mises en place, les apports en gaz à effet de serre (GES) au niveau de l'atmosphère (considérés comme à l'origine ou comme un facteur important dans les changements climatiques), continueront leur augmentation au cours des prochaines décennies.

Quant à la valeur de l'élévation attendue pour l'avenir, les avis sont variés et ont évolué avec le temps. Pour la Tunisie, une première étude réalisée en 2000 pour le compte du ministère de l'Environnement a établi des scénarios de l'élévation du niveau de la mer en s'appuyant sur le deuxième rapport du GIEC (1995) et sur les connaissances disponibles sur l'évolution du climat en Méditerranée et en Tunisie. La deuxième étude, réalisée en 2007, a défini les scénarios de l'élévation du niveau de la mer en se référant au troisième rapport du GIEC (2001). La dernière étude, menée en 2007, et dont les résultats ont servi pour l'étude de la carte de la vulnérabilité a défini trois scénarios :

- un scénario optimiste ou de minimum de risque qui correspond à une élévation du niveau de la mer de 30 cm en 2100 par rapport à 1990 ;
- un scénario moyen d'une élévation du niveau de la mer de 38 cm, pour le même horizon temporel ;
- un scénario de maximum de risque avec une élévation du niveau de la mer de 50 cm.

Avec l'amélioration des connaissances sur les changements climatiques et l'évolution récente du niveau de la mer à l'échelle globale et à celle de la Méditerranée, certains chercheurs pensent que même le scénario d'une élévation du niveau de la mer de 50 cm (à l'horizon 2100) est un scénario plutôt optimiste et que « l'échéance à laquelle cette élévation est envisagée est sans doute sous-évaluée et que les impacts décrits relèveront plutôt des décennies à venir que de la fin du siècle » (MEDD/TEC 2010).

C'est en tout cas sur la base de ce dernier scénario que sont de plus en plus réalisées les études consacrées à la question en Tunisie.

DE NOUVEAUX CHIFFRES POUR LE LITTORAL TUNISIEN



Le travail réalisé dans le cadre de l'étude intitulée « Étude de la carte de la vulnérabilité du littoral tunisien a l'élévation du niveau de la mer due aux CC » a permis, grâce aux nouvelles opportunités offertes par des logiciels perfectionnés, de parvenir à des chiffres plus précis que ceux jusqu'ici utilisés. Parmi ces chiffres, nous nous limitons, dans cette page, à ceux relatifs à la longueur totale du littoral et à sa répartition selon les types de milieux ainsi qu'à la longueur des différents types de rivages. Pour le reste, l'étude précitée et les cartes produites dans le cadre de cet atlas fournissent une matière variée et détaillée.

Le lecteur notera la valeur plus importante de ces nouveaux chiffres par rapport aux anciens. Le chiffre de 1 300 km, le plus utilisé jusqu'à nos jours pour la longueur du littoral tunisien, sera abandonné au profit de 2 290 km. Cette différence est due à deux considérations principales. D'une part, la précision que permettent les nouveaux outils de mesure et de cartographie. Il est désormais possible de considérer tout le linéaire côtier avec les moindres irrégularités de son tracé. D'autre part, le nouveau calcul tient compte, en plus du rivage du continent, des rivages des îles et îlots ainsi que des rivages des lagunes littorales et des rivages ajoutés par les ouvrages artificiels.

2 290 km

Longueur totale des côtes

1 733 km

Façades maritimes

1 283 km

Rivages du continent

450 km

Rivages insulaires

557 km

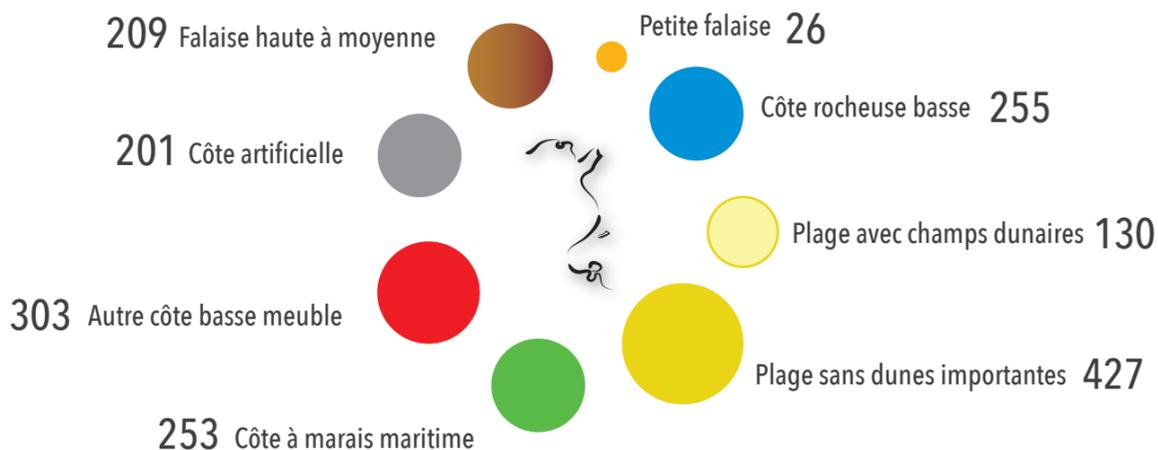
Façades abritées

444 km

Rivages des lagunes littorales

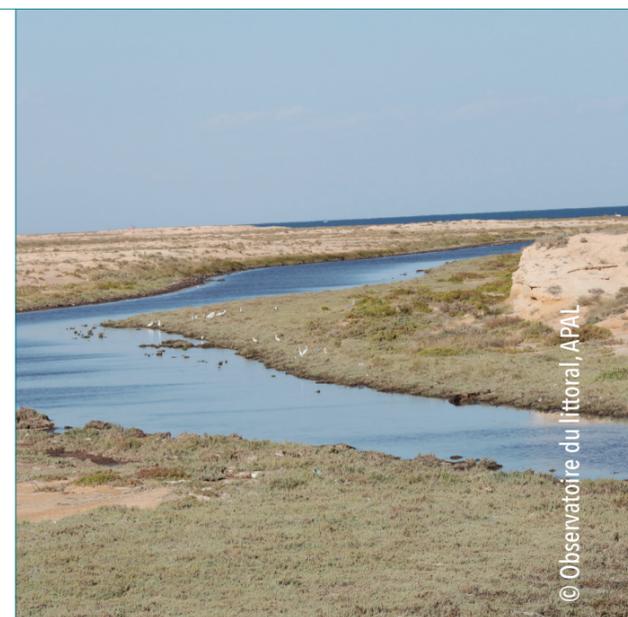
113 km

Rivages artificiels



* en km

Pour les rivages artificiels, il s'agit essentiellement des côtes artificielles des ports et des diverses infrastructures installées sur le bord de la mer. La côte est généralement comme suit : quai et TP associé : côte de 1 à 1,5 m NGT ; digues, brise-lames, murs de soutènement : côte >3m NGT.





Allongé du nord au sud, sur plus de cinq parallèles, le littoral de la Tunisie est intéressé par différents domaines bioclimatiques. Ceci se voit le mieux au niveau des températures et de la pluviométrie qui montrent un gradient bien net du nord vers le sud (fig. 1 et 2). Il est également bordé par des terrains variés tant par leur topographie que par leur géologie, leur réseau hydrographique et leur couverture végétale naturelle. Les eaux marines qui le baignent présentent, à leur tour, des différences sensibles notamment au niveau de leur bathymétrie et de leur dynamique.

Tout concourt donc en faveur d'une variété des milieux et des paysages. Il est toutefois possible de distinguer entre deux grandes parties : la façade septentrionale, d'une part, et la façade orientale, d'autre part, l'extrémité de la péninsule du Cap Bon faisant la limite entre les deux. Mais des subdivisions s'imposeront à l'intérieur de chacune de ces parties.

La côte de la façade septentrionale

S'étirant depuis la frontière avec l'Algérie jusqu'à l'extrémité septentrionale de la péninsule du Cap Bon, cette côte fait partie du bassin occidental de la Méditerranée. Elle est à la fois la plus accidentée, la plus ventée (fig. 3), la plus pluvieuse et celle qui enregistre les températures les plus fraîches. C'est aussi cette partie du littoral qui montre le couvert végétal le plus important et qui reçoit les plus grands cours d'eau exoréiques

du pays. Aussi, renferme-t-elle les secteurs les plus difficiles, sur le plan naturel, de l'ensemble du littoral tunisien. Elle peut être néanmoins divisée en deux parties assez bien différenciées : la première s'étend depuis la frontière avec l'Algérie jusqu'à Rass Ettarf connue aussi sous l'appellation de Rass Sidi Ali El Mekki et la deuxième correspond au golfe de Tunis.

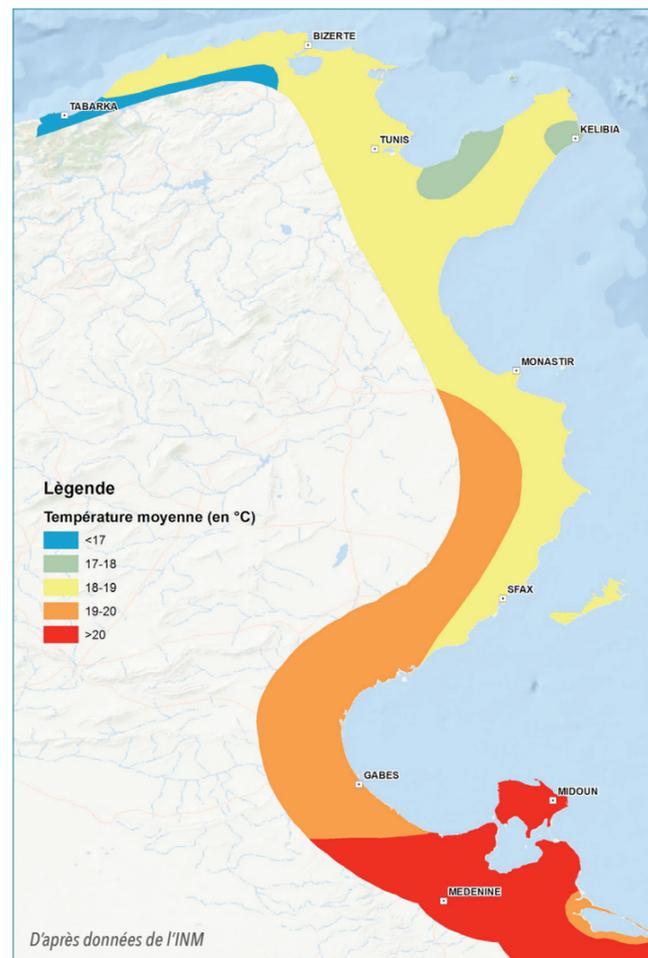
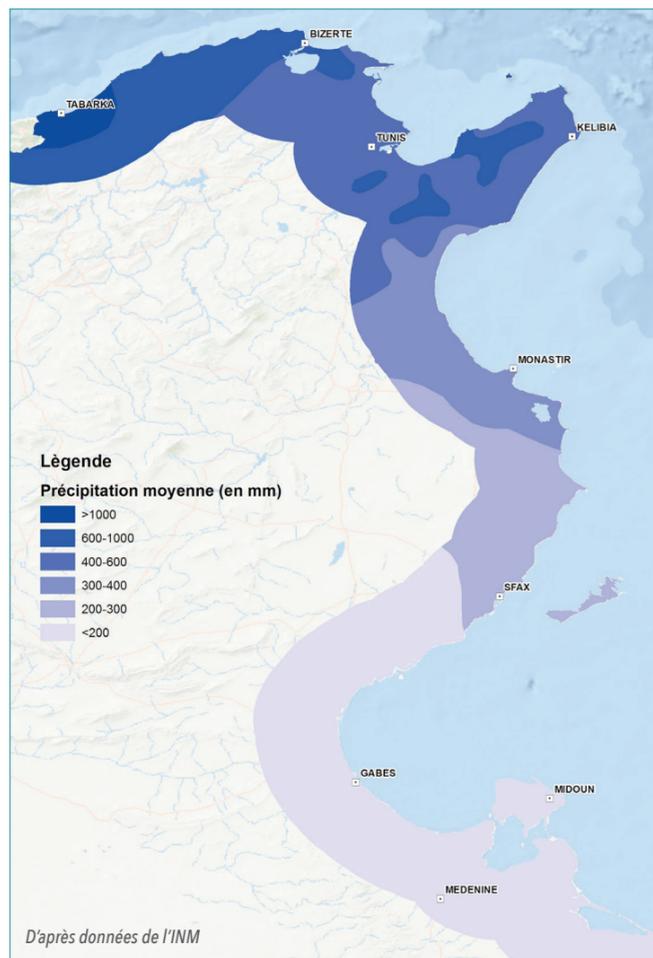
De la frontière avec l'Algérie jusqu'à Rass Ettarf : très souvent bordée par des reliefs accidentés, notamment à la hauteur de la Kroumirie et des Mogods, la côte se distingue par son caractère souvent difficile et parfois inaccessible. Ce n'est que tout à fait à l'est, autour du système lacustre de Bizerte, en partie bordé par des plaines alluviales mais parfois marécageuses, que la morphologie devient relativement aérée.

Le tracé du rivage est irrégulier, et s'explique largement par le cadre morphostructural des terrains qui l'encadrent et la façon par laquelle agissent les principaux agents morphogéniques en action. Les reliefs exposent, au bord de la mer et dans l'arrière-pays immédiat, une géologie contrastée aux dépens de laquelle agissent, en plus des eaux d'un réseau hydrographique relativement dense, des vagues souvent énergiques. Ceci est particulièrement net au contact de la Kroumirie et des Mogods à géologie dominée par les alternances de grès et argiles du flysch numidien constituant l'ossature de reliefs monoclinaux parfois très rapprochés. Vers l'est, les inégalités de résistances opposent surtout formations calcaires et argileuses

ou marneuses (principalement éocènes) mais les contrastes ne se font pas sur des distances aussi courtes qu'en Kroumirie et Mogods.

D'autre part, la côte se caractérise par sa grande ouverture sur la mer, par son exposition aux vents forts des secteurs septentrionaux (fig. 3) et par une bathymétrie relativement accusée ; les isobathes de 10 m, de 20 m et de 50 m par exemple, se trouvent parfois, comme au large de Cap Serrat, respectivement à moins de 50 m, de 300 m et d'un kilomètre et demi du rivage.

Dans ce cadre, les caps coïncident d'une façon générale avec des bancs rocheux durs et sont d'autant plus apparents dans le paysage que ces derniers sont résistants et massifs (Kef Errai, aiguilles de Tabarka, Cap Negro, Cap Serrat, Kef Abbed, Cap Blanc...). Par contre, les criques et baies ont été généralement façonnées à la faveur des passages rocheux qui ont le moins résisté aux agents de l'érosion à cause de leur lithologie tendre ou parce qu'ils sont affaiblis par une fissuration accentuée et par différentes formes d'altération. Le tracé en échelons faisant alterner criques et caps dont la répartition est en fait commandée par celle de bancs rocheux durs appartenant à des structures d'orientation plus ou moins oblique par rapport au rivage comme c'est souvent le cas des grès du flysch numidien. Cette même répartition explique largement la configuration du réseau hydrographique dont les organismes se développent surtout au niveau des passages tendres de



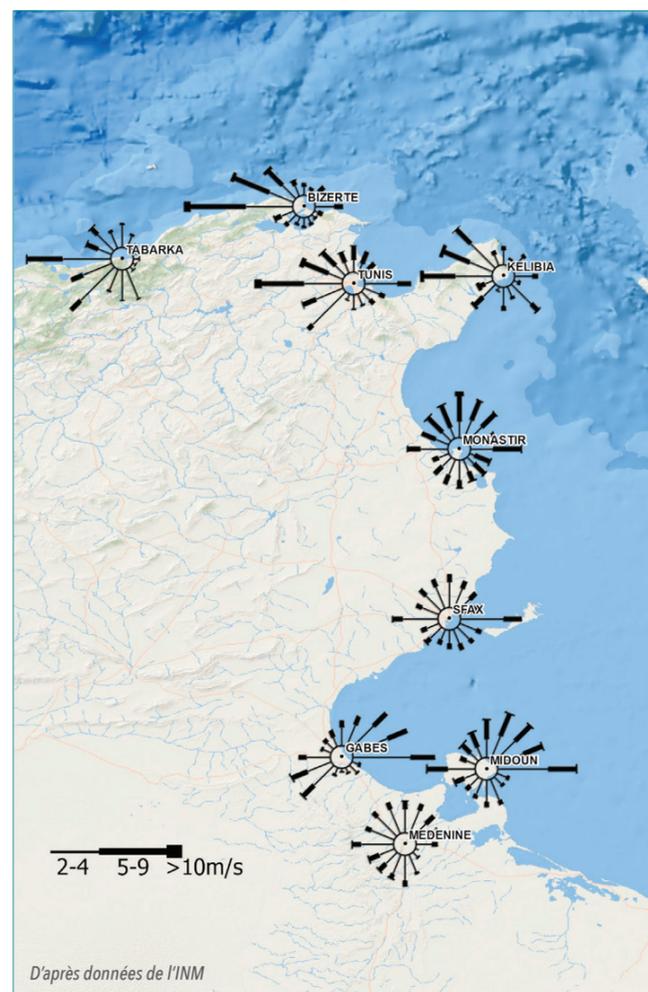
Les précipitations et les températures dans les régions littorales tunisiennes (moyennes annuelles).

Les températures moyennes annuelles d'après données de l'INM.

la géologie.

La côte du golfe de Tunis : Cette côte se distingue des terrains situés plus à l'ouest et, grâce à sa configuration d'ensemble en golfe, par son relief relativement aéré et par ses eaux marines dans l'ensemble moins profondes. Elle se distingue aussi de tout le littoral tunisien par l'importance de son réseau hydrographique puisqu'elle reçoit les deux plus grands cours d'eau exoréiques de la Tunisie. Deux grandes parties doivent y être toutefois distinguées, situées de part et d'autre de Sidi Errais.

À l'ouest de Sidi Errais, le rivage est souvent bordé par une topographie basse, notamment autour du cours aval des deux plus grands cours d'eau exoréiques du pays, Oued Majerda et Oued Miliane. De plus, il jouit grâce à son orientation, d'une certaine protection contre les vents des secteurs septentrionaux. Aussi, se distingue-t-il par un mode nettement moins battu surtout que les eaux marines beaucoup moins profondes que celles qui baignent la côte située à l'ouest de Rass Ettarf, les isobathes



Les vents au sol (fréquences moyennes annuelles).

de 5, de 10 et de 20 m par exemple, se trouvent parfois, comme en face de Radès, respectivement à plus de un, cinq, six et treize kilomètres du rivage.

Entre Sidi Errais et la pointe du Cap Bon, le paysage d'ensemble rappelle dans une certaine mesure celui des terrains situés à l'ouest de Rass Ettarf. D'une part, les reliefs de l'arrière-pays immédiat sont accidentés, ont une ossature géologique souvent argilo-gréseuse et sont découpés par un réseau hydrographique assez dense. D'autre part, la bathymétrie reprend de l'importance et surtout la côte est largement ouverte aux vents des secteurs septentrionaux surtout ceux qui soufflent du nord-ouest. De vastes champs dunaires ont pu être mis en place ; celui de Zaouiet El Megaïz et surtout celui de Dar Chichou qui prend en écharpe la partie nord-orientale de la presqu'île du Cap Bon, sont les plus étendus.

La côte de la façade orientale

Comprise entre l'extrémité septentrionale de la péninsule du Cap Bon et la frontière avec la Libye, cette côte s'ouvre sur le bassin oriental de la Méditerranée. Elle est le plus souvent bordée par des terrains bas et à géologie peu variée. De plus, elle ne reçoit pas de grands cours d'eau et tourne le dos aux vents dominants en Tunisie. Les données de la bathymétrie et de l'hydrologie marine accentuent davantage les différences par rapport à la côte de la façade septentrionale.

Mais malgré ces points communs, une distinction s'impose entre au moins trois grands segments : la côte de la façade orientale de la presqu'île du Cap Bon et du golfe de Hammamet, la côte du Sahel central et enfin la côte du golfe de Gabès et de ses abords méridionaux.

La côte de la façade orientale du Cap Bon

et du golfe de Hammamet : si on excepte les environs de Haouaria, de Kelibia et de Hammamet où des versants escarpés s'approchent de la mer, les reliefs d'une certaine énergie se trouvent toujours à plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres. Au contact du rivage, la place est, la plupart du temps, donnée à un paysage de plaines alluviales parfois très basses et partiellement occupées par des terres humides encadrées ou relayées dans l'arrière-pays immédiat par une topographie de collines et de bas plateaux. Souvent découpés par un réseau hydrographique dense, ces dernières formes s'inscrivent souvent dans le prolongement d'une morphologie de glacis et de terrasses formés au pied des reliefs de l'intérieur. Un alignement de collines peu hautes (toujours inférieure à 30 m) mais bien marquées dans le paysage se dressant parallèlement au rivage actuel mérite aussi d'être signalé. Il s'agit en réalité d'un cordon littoral grésifié hérité du dernier interglaciaire (formation ou unité Rjiche). Par sa position, en arrière du cordon littoral actuel, il est à l'origine d'une topographie qui a favorisé la formation d'un chapelet de sebkhas également allongées parallèlement à la côte.

En mer, la bathymétrie, toujours en comparaison avec la façade nord, s'affaiblit sensiblement. À la hauteur de la partie centrale et de la racine de la péninsule du Cap Bon, l'isobathe de -5 m se trouve parfois à plus de 500 m du rivage. Ceci, ajouté au fait que la côte tourne le dos aux vents du nord et du nord-ouest, explique le mode relativement peu battu sur le rivage.

Le Sahel central

Les reliefs côtiers les plus hauts sont des collines de quelques décamètres d'altitude dans lesquelles prend source un réseau hydrographique très limité par une longueur de ses organismes qui dépasse rarement la dizaine de kilomètres. Sur le plan structural,

ces collines correspondent le plus souvent à de légères ondulations anticlinales à ossature dominée par des matériaux sablo-gréseux et argileux d'âge néogène. Une plaine parfois très basse et faite d'alluvions meubles datant du Quaternaire supérieur sépare le rivage des premières pentes. À noter qu'ici aussi, le cordon littoral fossile de la formation Rjiche est présent, occupe une place importante dans le paysage et a favorisé par sa position l'extension des terres humides.

L'affaiblissement de la bathymétrie noté dans le secteur précédent se confirme davantage. Dans le secteur compris entre Khnis et Rass Eddimess, l'isobathe de 5 m est parfois renvoyée à près de deux kilomètres vers le large. Enfin, c'est à partir de cette partie de la côte tunisienne que l'effet de la marée commence vraiment à se faire sentir. Ceci se voit le mieux dans les rivages les plus abrités et baignés par les eaux marines les moins profondes. Mais c'est dans le golfe de Gabès que le phénomène va prendre toute son importance.

La côte du golfe de Gabès et de ses abords méridionaux : Il s'agit de la côte qui s'étend depuis Rass Kaboudia jusqu'à la frontière avec la Libye. Elle est souvent bordée par des terres basses principalement du type plaines alluviales dont la marge externe est en partie gagnée par un paysage de terres humides du type sebkhas et chotts. Ces plaines sont relayées du côté interne par une topographie de bas plateaux et collines à géologie dominée par des formations néogènes avec en particulier les argiles gypseuses de la formation Segui. Le tout est traversé par un réseau hydrographique assez dense mais fait d'organismes de taille petite à modeste et, compte tenu du climat plus aride, moins fréquemment actifs que ceux des autres parties du littoral. Un paysage comparable caractérise les îles de cette région avec toutefois une faiblesse

Carte des types de terrains bordant le littoral

encore plus marquée de la topographie et une quasi-absence d'une hydrographie digne de ce nom.

Cette côte se distingue aussi par la faiblesse de sa bathymétrie et la remarquable extension de sa plate-forme continentale. L'isobathe de -10 m par exemple, se trouve fréquemment à plus de 15 km et parfois à plus de 40 km du rivage défavorisant les vagues dont l'énergie est affaiblie au maximum au niveau des hauts-fonds les plus étendus comme ceux qui portent l'archipel des Kerkena et l'archipel des Kneiss souvent situés à des profondeurs inférieures à 1 m, voire inférieures à quelques décimètres.

Enfin, cette partie de la côte tunisienne se distingue par l'importance de sa marée. De type semidiurne, celle-ci a une amplitude fréquemment située autour de 0,80 m à 1 m, mais des valeurs extrêmes, de l'ordre de 2 m, peuvent être observées surtout à l'occasion des baisses barométriques, lorsque soufflent des vents forts des secteurs orientaux et pendant les équinoxes.



- Trait de côte
- -10- - Isobathe
- Morphologie de reliefs montagneux accidentés et à géologie dominée par des alternances de grès et d'argiles du flysch numidien
- Morphologie de petits jBELS et collines à géologie dominée par des formations calcaires, argileuses et marneuses d'âge secondaire à tertiaire
- ▨ Morphologie de petites montagnes et de collines à géologie dominée par des formations argileuses et gréseuses tertiaires
- Morphologie de collines et de bas plateaux à géologie dominée par des formations argileuses et sablo-gréseuses néogènes
- Morphologie de bas plateaux à géologie dominée par des argiles sableuses et gypseuses tertiaires ; surface souvent moulée par une croûte calcaire ou gypseuse
- Topographie accidentée avec alternance d'affleurements, parfois sur de très courtes distances, de roches éruptives et de grès et argiles du flysch numidien
- Cordon littoral grésifié (grès quaternaires)
- Couverture quaternaire : alluvions de différents âges passant fréquemment à des terres humides sur la frange la plus proche de la mer
- Champ dunaire (souvent superposition des dunes meubles et de dunes consolidées)



MORPHOLOGIE DU RIVAGE

Les données du cadre naturel, présentées dans la carte précédente, sont déterminantes pour la morphologie du rivage. Celle-ci est variée et parfois très changeante sur de courtes distances. Falaises, côtes rocheuses basses, plages, dunes, marais maritimes et autres côtes basses tendres sont présentes. Mais leur fréquence et leur place dans le paysage côtier varient sensiblement d'une région à l'autre.

Les falaises sont présentes dans les deux façades maritimes du pays et montrent une grande variété. Mais c'est dans la façade nord qu'elles sont à la fois les plus fréquentes, les plus importantes par leur commandement et les plus variées par la nature de leur matériel et leur modelé. Les plus marquées dans le paysage peuvent dépasser une centaine de mètres de hauteur et caractérisent les principaux caps ainsi que les deux petits archipels de la Galite et de Zembra. Sur la façade orientale, elles se rencontrent dans différentes positions mais sont le plus souvent limitées en extension et appartiennent à la famille des petites falaises. Celles qui montrent une certaine importance par leur hauteur et leur extension sont rares. Les plus importantes appartiennent à la côte de Hergla, de Monastir et surtout de Skhira et Jorf-Boughrara. L'évolution se fait surtout par une dynamique encoche-éboulement mais des phénomènes de glissement occupent une place importante dans les terrains argileux et humides de la façade nord du pays. Ici, les nombreux contrastes lithologiques et le cadre climatique sont à l'origine de

l'évolution la plus complexe. Une érosion différentielle parfois remarquable est exercée par les agents marins et les eaux courantes.

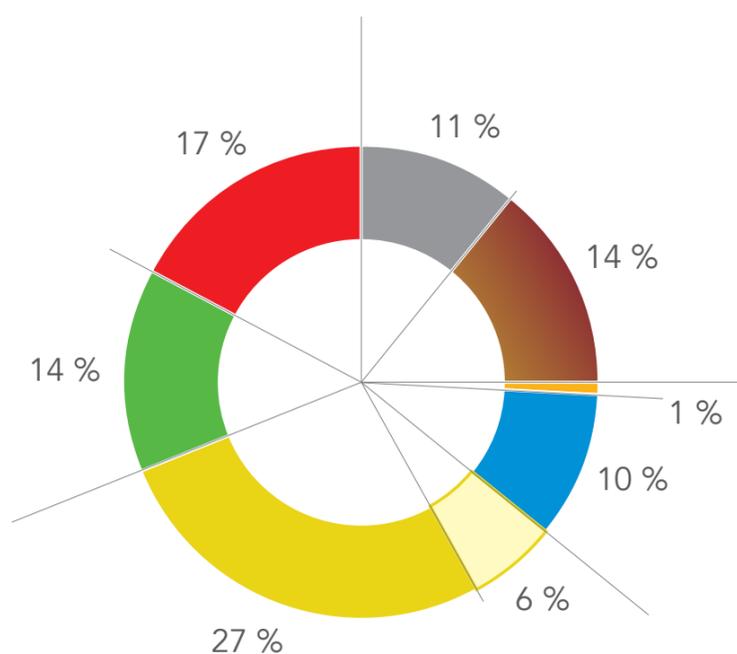
Les côtes rocheuses basses

accompagnent souvent les falaises dans les terrains à géologie contrastée ou accordant une place importante aux formations résistantes. Ceci est le cas en particulier dans la façade nord du pays, notamment à l'ouest de Rass Ettarf et dans la façade occidentale de la péninsule du Cap Bon. Mais elles occupent aussi une place remarquable dans différentes côtes basses de la façade orientale et plus particulièrement dans ses îles. Une telle extension est en partie favorisée par l'importance des affleurements des formations gréseuses quaternaires (éolianites et plages consolidées quaternaires).

Les plages et les dunes

sont les formes les plus fréquentes. Des plages du type grève caractérisent surtout le pied de certaines falaises ou occupent le fond de criques bordées par des falaises ou des côtes rocheuses basses. Mais dans la plupart des cas, c'est à des plages sableuses qu'on a affaire.

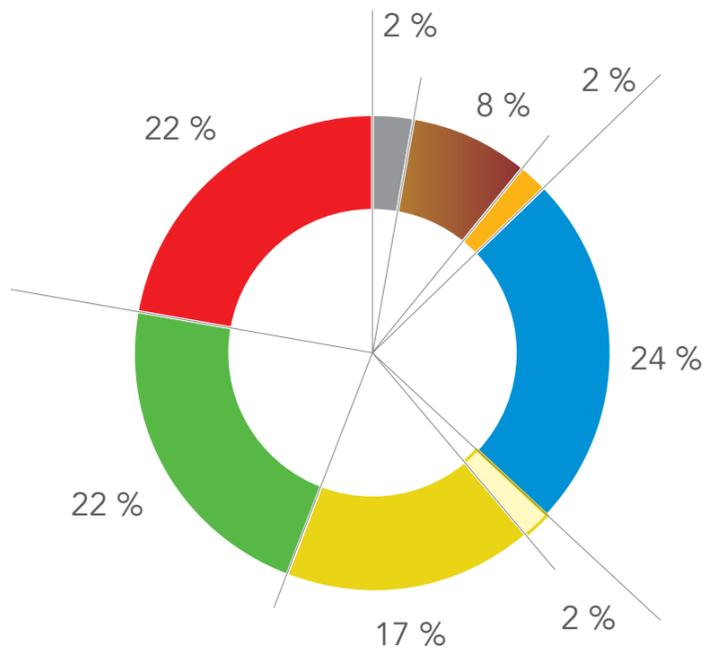
Contrairement aux falaises, c'est à la façade orientale qu'appartiennent les plages les plus longues. Mais elles sont rarement accompagnées de dunes importantes. Celles-ci caractérisent la façade nord compte tenu de son exposition aux vents dominants. En somme, ce sont les plages



Répartition des types de côtes sur le littoral continental (APAL).*

* Les couleurs des graphiques des pages 12, 13 et 14 sont celles de la carte de la page 13, sauf :

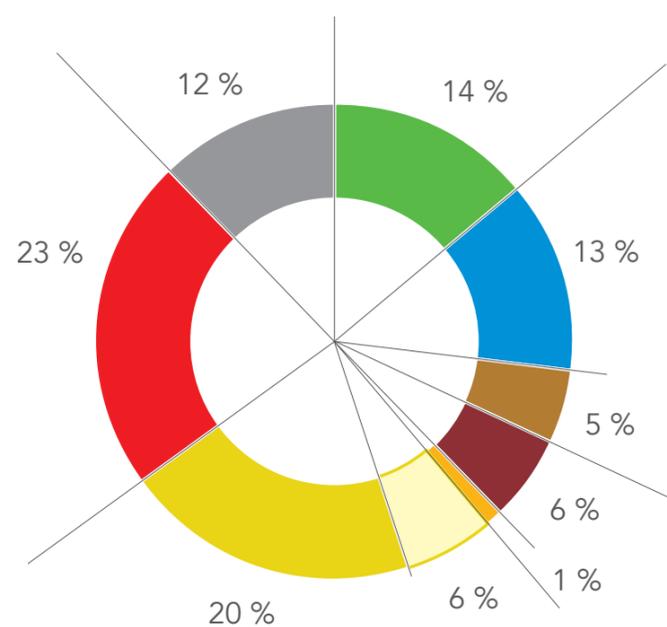
- Falaises moyenne à haute
- Plage sans champ dunaire
- Plage avec champs dunaires



Répartition des types de côtes dans les îles (APAL).

- 10- Isobathe
- Cours d'eau
- Falaise haute
- Falaise de hauteur moyenne
- Petite falaise
- Côte rocheuse basse
- Plage
- Côte à marais maritime
- Autre côte basse meuble
- Trait de côte artificiel





Répartition en % du linéaire côtier par classe morphologique pour l'ensemble du littoral.

* Les couleurs des graphiques des pages 12, 13 sont celles de la carte de la page 13, sauf :

- Plage sans champ dunaire
- Plage avec champs dunaires

dépourvues de dunes importantes qui sont les plus nombreuses puisqu'elles représentent plus des trois quarts de l'ensemble des plages. Ce qui constitue déjà un facteur de faiblesse surtout dans une conjoncture d'élévation du niveau marin.

Les marais maritimes sont propres au littoral du golfe de Gabès et ses abords méridionaux où leur genèse est favorisée par l'importance de la marée. Leur importance est aussi en partie due aux irrégularités du tracé de la côte, les marais étant souvent logés dans des criques de différentes tailles et le long du cours aval de certains oueds qui fonctionnent comme des estuaires.

Les rivages bas meubles autres que les plages et marais maritimes sont ces rivages où le passage mer-terre laisse voir un matériel non consolidé et se fait de façon progressive ou avec une microfalaise de commandement décimétrique et en tout cas toujours inférieur au mètre. Il s'agit le plus souvent de fronts de plaines alluviales ou de terrains salés de type sebkha ou chott. De tels rivages sont fréquents notamment dans le golfe de Gabès, mais aussi dans certaines parties de la façade septentrionale comme le front du delta de Majerda et les rivages du système lacustre de Bizerte

1. Falaise évoluant dans des matériaux d'inégales résistances favorisant érosion différentielle et éboulements (côte nord de la ville de Bizerte).
2. Falaise évoluant par glissement (Ain Jorf sur la côte ouest du Cap Bon).
3. Côte à falaise (région de Skhira).





© Observatoire du littoral, APAL

Marais maritime avec grand chenal de marée à Kerkena.



© Observatoire du littoral, APAL

Alternance de côtes rocheuses basses et de falaises dans la région de Hergla.



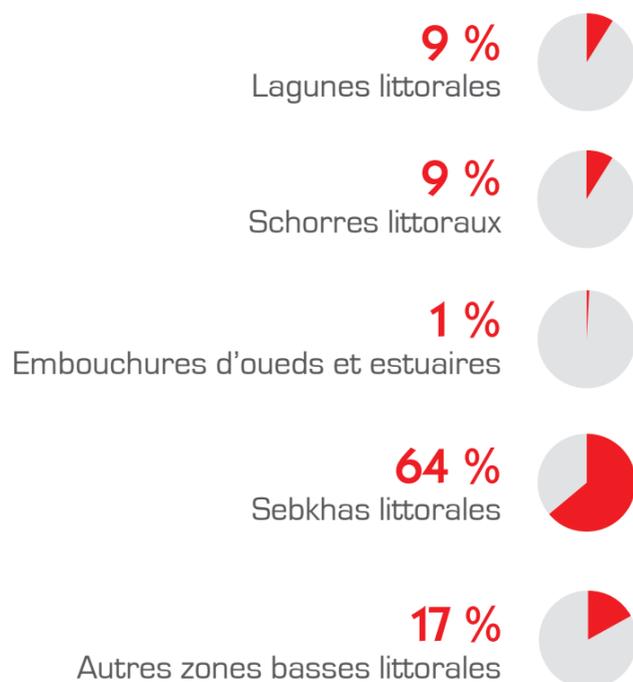
© Observatoire du littoral, APAL

L'une des rares plages accompagnées d'un champ dunaire relativement important sur la façade orientale du pays (côte de Ghedabna près de Chebba).



116 130 ha

de terres potentiellement submersibles mais avec de grandes inégalités en fonction, notamment, des types de milieux.



% par rapport à l'ensemble des terres submersibles.

Les terres cartographiées comme potentiellement submersibles avec l'élévation annoncée du niveau de la mer sont celles situées à une altitude comprise entre 0 et +1 m. Leur évaluation a été faite sur la base d'un MNT. Elles correspondent essentiellement à des zones humides côtières (lagunes, sebkhas, embouchures d'oueds, marais...), mais aussi à diverses autres terres basses côtières. Ces dernières sont fréquemment des plaines alluviales exploitées dans l'agriculture ou occupées par des espaces bâtis.

Ces terres sont estimées s'étendre sur une superficie totale de quelque 116 130 ha, mais avec de grandes inégalités en fonction, notamment, des types de milieux comme le montre la carte. En effet, une telle valeur s'explique, en premier lieu, par la grande extension des sebkhas littorales qui accaparent 64 % des superficies submersibles. Dans le golfe de Gabès, s'ajoutent de nombreux sites à marais maritimes dont la partie interne (schorre) est déjà avec le niveau marin actuel fréquemment inondée. Sebkhas et schorres représentent à eux seuls presque les trois quarts (73 %) de l'ensemble des superficies submersibles. Le reste (26 %) est réparti sur les autres terres basses qui correspondent, comme dit plus haut, essentiellement à des plaines alluviales et à des espaces jouxtant les lagunes littorales. Les embouchures des oueds, y compris ceux pouvant être considérés comme des estuaires, ne représentent finalement qu'une part très faible (1 %).

Une précision mérite cependant d'être faite au sujet des sebkhas et des lagunes. Dans les premières, une submersion n'est pas systématiquement synonyme de dégradation puisqu'elle pourrait favoriser le passage à des milieux de type lagunaire, et donc logiquement plus intéressants. Dans les secondes, elle est serait plutôt néfaste en entraînant une pure et simple annexion au milieu marin ouvert.

Des inégalités non moins significatives se dégagent aussi à travers la répartition géographique de ces terres. Un premier fait important et qui ne peut pas ne pas retenir l'attention est la nette opposition entre les deux façades du pays. Les rivages de la façade nord sont les moins concernés par le risque de submersion. Ceci s'explique surtout par le fait qu'on n'y trouve pas de marais maritimes et que les sebkhas, considérées comme des espaces particulièrement exposés aux phénomènes de submersion, n'y représentent qu'environ 13 % de l'ensemble des sebkhas littorales du pays et font totalement défaut dans la côte à l'ouest de Bizerte. De plus, les autres terres basses se concentrent dans des espaces relativement circonscrits géographiquement, à savoir le pourtour du système lacustre de Bizerte et dans les parties centrale et occidentale du golfe de Tunis. La situation change considérablement sur la façade orientale, en particulier dans les golfes de Hammamet et de Gabès et plus particulièrement dans ce dernier.

En effet, c'est le golfe de Gabès qui renferme la plus grande partie des littoraux

bas en Tunisie. Outre la totalité des marais maritimes liés au phénomène de la marée, on y trouve 80 % des sebkhas. Il renferme aussi les îles les plus spacieuses mais aussi les plus basses, ainsi qu'une grande partie (43 %) des embouchures des oueds dont les rares estuaires qu'on rencontre sur le littoral tunisien. Si bien que, dans l'ensemble, presque les deux tiers des terres submersibles du pays lui appartiennent.

Non moins significatif enfin, est le fait que cette carte ne manque pas de recoupements avec celle de la vulnérabilité à l'érosion établie selon la méthode des indices (IVC). Dans les deux cas, l'opposition entre les deux façades est présente d'où l'importance du facteur géomorphologique et morphostructural. D'un autre côté, les parties du littoral correspondant aux principaux golfes et plus particulièrement le golfe de Gabès se détachent par leurs niveaux de vulnérabilité les plus élevés.

Évolution des superficies des espaces submersibles		Bilan total des zones submersibles		
		Situation actuelle	Zone d'extension dans l'arrière-pays actuel	
	Lagunes littorales	99 457	10 861	10 861
	Schorres	7 265	3 605	10 871
	Oueds et estuaires	208	433	627
	Sebkhas littorales	54 879	24 004	74 288
	Autres zones basses littorales		19 484	19 484
	Total	161 809	58 387	116 130

Bilan des terres potentiellement submersibles (en ha).

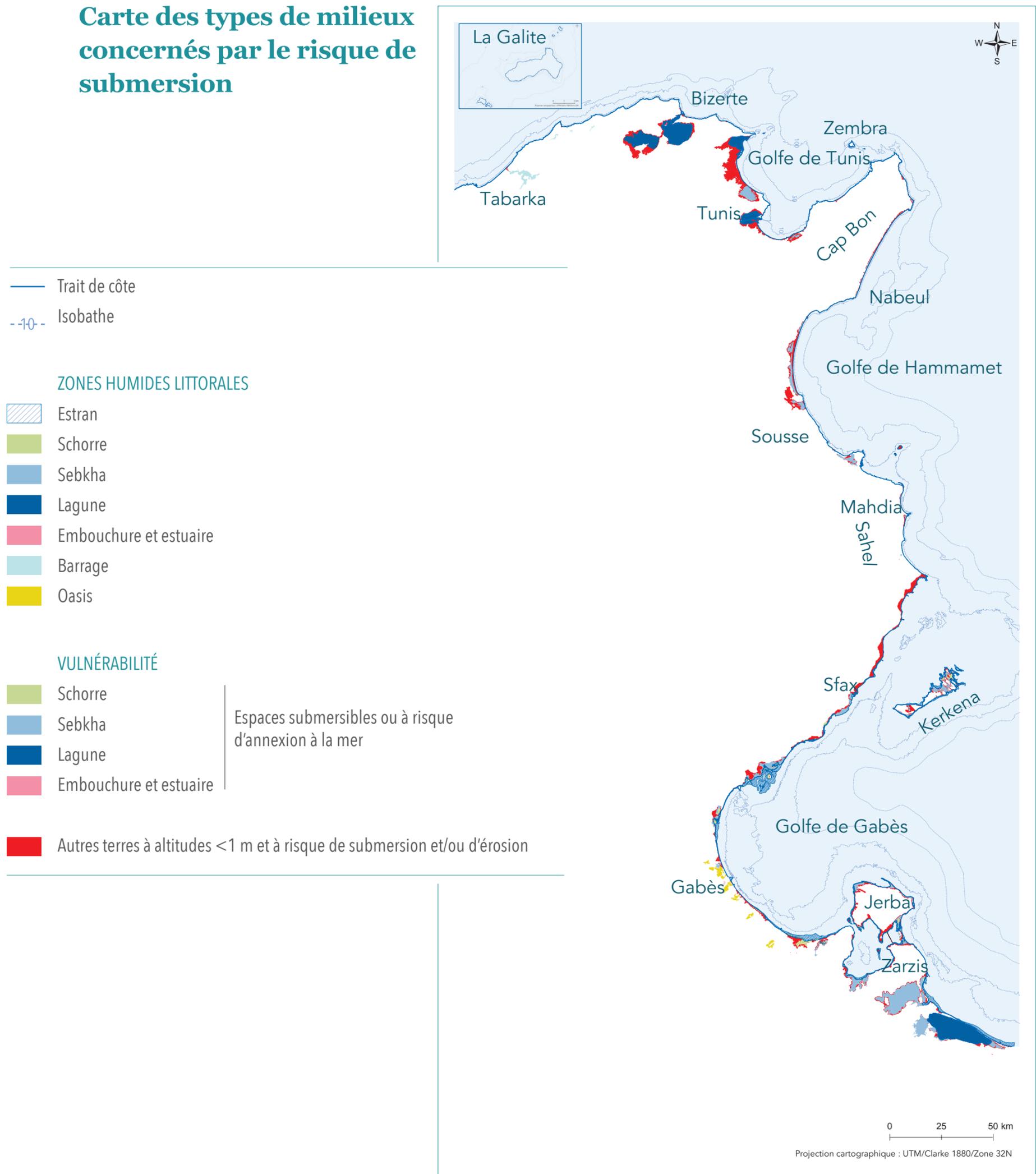




© Ameer Oueslati

Les schorres qui constituent la partie interne des marais maritimes du golfe de Gabès sont, déjà avec le niveau marin actuel, régulièrement visités par les eaux marines par l'intermédiaire des chenaux de marée. Avec l'élévation du niveau marin, et si rien ne change par ailleurs, ils seront facilement submergés.

Carte des types de milieux concernés par le risque de submersion





VULNÉRABILITÉ GLOBALE

44 %

des côtes sont vulnérables à très fortement vulnérables

24 %

des côtes sont moyennement vulnérables

32 %

des côtes sont faiblement à très faiblement vulnérables

La vulnérabilité du littoral tunisien à une élévation du niveau marin est mesurée principalement à travers le risque de submersion et le risque de l'érosion. Pour le premier, on s'est basé principalement sur les données altimétriques permettant de cerner les espaces situés entre le rivage actuel et la ligne joignant les points situés à l'altitude correspondant au niveau marin projeté. Le deuxième est obtenu par la méthode des indices déjà appliquée à d'autres littoraux (Gornitz, 1990 ; Hammer-Klose et Thieler, 2001 ; Pendleton et al., 2010) et jugée donner des résultats significatifs. Ces derniers sont d'une grande importance dans la mesure où ils peuvent assurer une bonne base pour les études prospectives. Ils éclairent, en tout cas, sur les contraintes et les aptitudes du terrain en question à l'aménagement. Ceci doit aussi aider à une utilisation durable des ressources côtières ainsi qu'à la planification des projets de développement et à la prise de décisions pour la gestion intégrée des zones côtières.

L'approche consiste à aboutir à un indice, appelé *Coastal Vulnerability Index* (CVI), pour les différentes parties de la côte. La formulation générale de ce CVI inclut 5 à 6 ou 7 variables ou indicateurs et la quantification est basée sur la définition de scores semiquantitatifs selon une échelle de 1 à 5 où la valeur 1 indique une faible contribution à la vulnérabilité du littoral d'une variable-clé spécifique pour la zone d'étude, tandis que la valeur 5 indique une contribution élevée. Dans une dernière étape, les variables-clés sont intégrées dans un seul indice.

Pour le littoral tunisien, il a été possible de définir, sur la base des données physiques et socio-économiques disponibles, une matrice de vulnérabilité comprenant cinq indices représentés en colonnes et neuf variables représentés en lignes. Les indices se présentent comme suit : indice 1 : vulnérabilité très faible ; indice 2 : vulnérabilité faible ; indice 3 : vulnérabilité moyenne ; indice 4 : vulnérabilité élevée et indice 5 : vulnérabilité très élevée. Quant aux variables, il s'agit de : a. topographie de l'arrière-pays immédiat ; b. géomorphologie du rivage ; c. lithologie (nature des formations géologiques) ; d. hauteurs des dunes de haut de plage (ou dunes bordières) ; e. type d'avant-côte ; f. granulométrie ; g. hauteur annuelle de la houle ; h. marée ; i. occupation de la côte. Le CVI est calculé comme étant la racine carrée du produit des neuf variables :

$$IVC = \sqrt{(a \times b \times c \times d \times e \times f \times g \times h \times i) / 9}$$

Cette carte révèle d'abord une opposition assez nette entre la façade nord et la façade orientale du pays. Les résultats indiquent aussi un niveau global de vulnérabilité élevé. En effet, le CVI global montre que 44 % de la côte tunisienne sont classées vulnérables à très fortement vulnérables. Les côtes moyennement vulnérables représentent 24 % et celles faiblement à très faiblement vulnérables se situent autour de 32 %.

Par ailleurs, la classification de l'indice de vulnérabilité sur toute la côte tunisienne montre que le golfe de Gabès se caractérise par le plus long linéaire côtier

Carte de la vulnérabilité globale à l'élévation du niveau marin

-10- Isobathe
VULNÉRABILITÉ

- Très faible
- Faible
- Moyenne
- Élevée
- Très élevée

MORPHOLOGIE DE L'ARRIÈRE-PAYS

- Morphologie de reliefs montagneux accidentés et à géologie dominée par des alternances de grès et d'argiles du flysh numidien
- Morphologie de petits jBELS et collines à géologie dominée par des formations calcaires, argileuses et marneuses d'âge secondaire à tertiaire
- Morphologie de petites montagnes et de collines à géologie dominée par des formations argileuses et gréseuses tertiaires
- Morphologie de collines et de bas plateaux à géologie dominée par des formations argileuses et sablo-gréseuses néogènes
- Morphologie de bas plateaux à géologie dominée par des argiles sableuses et gypseuses tertiaires ; surface souvent moulée par une croûte calcaire ou gypseuse
- Topographie accidentée avec alternance d'affleurements, parfois sur de très courtes distances, de roches éruptives et de grès et argiles du flysch numidien
- Cordon littoral grésifié (grès quaternaires)
- Couverture quaternaire : alluvions de différents âges passant fréquemment à des terres humides sur la frange la plus proche de la mer
- Champ dunaire (souvent superposition des dunes meubles et de dunes consolidées)

ZONES HUMIDES LITTORALES

- Estran
- Schorre
- Sebkha
- Lagune
- Embouchure et estuaire
- Barrage
- Oasis



très vulnérable (plus de 7 %), vient ensuite le golfe de Tunis puis la côte de Jerba. Le Sahel et l'extrême sud se distinguent aussi par une forte vulnérabilité (plus de 2 % par rapport au linéaire total). Les côtes les moins vulnérables (très faiblement vulnérables) se situent sur les côtes nord. De plus, les segments côtiers les plus concernés par les forts niveaux de vulnérabilité sont malheureusement souvent déjà confrontés à des problèmes d'érosion ou fortement peuplés et aménagés.

Les différents indices utilisés et à la plupart desquels sont consacrées des cartes, données dans cet atlas, interviennent à des niveaux variés dans l'explication de cette vulnérabilité. Mais quatre d'entre eux, au moins, se sont avérés particulièrement déterminants et retiennent l'attention de façon particulière. Il s'agit de la morphologie et de la lithologie du rivage, du niveau d'occupation de la côte et de son arrière-pays immédiat, de l'existence ou non de réserves sédimentaires importantes dans le cas des rivages à plages sableuses (notamment par les dunes) et enfin du patrimoine archéologique.

L'indice de la morphologie du rivage montre que les côtes basses à plages et à marais, qui sont les plus vulnérables, intéressent 67 % de la côte continentale de la façade orientale du pays, en dehors des lagunes. Leur place grandit de façon remarquable dans le golfe de Gabès et dans les îles où elles intéressent respectivement quelque 83 % et 70,22 % du total du linéaire côtier. Les plages pouvant compter sur d'importantes réserves en sable par la présence des dunes ne sont pas très étendues et ne prennent de l'importance que sur la façade nord. Sur la façade orientale, elles n'intéressent que des segments côtiers peu étendus.

L'indice de la lithologie révèle d'abord la place très limitée des rivages évoluant dans des formations géologiques homogènes et

résistantes qui ne représentent qu'à peine 8,5 % de la totalité des rivages. Par contre, les lithologies tendres qui déterminent les niveaux de vulnérabilité les plus élevés apparaissent au niveau de presque les trois quarts (73,8 %) des rivages. Le reste (17,7 %) revient aux lithologies hétérogènes mais dont seulement un peu plus de la moitié accorde une place importante aux roches dures permettant de les classer dans la catégorie des vulnérabilités faibles. Les données obtenues grâce aux mesures montrent également des différences régionales sensibles. Les rivages évoluant dans des formations dures et homogènes ou accordant une place importante aux roches résistantes qui intéressent quelque 195 km appartiennent, en fait, essentiellement au littoral compris entre la région de Bizerte et la frontière avec l'Algérie, d'une part, et la partie orientale du golfe de Tunis qui est en même temps la côte ouest du Cap Bon, d'autre part.

L'indice de l'occupation de l'arrière-pays révèle que 711 km de côtes sont très vulnérables. Le Sahel vient en tête avec 166 km occupés (sur 196 km), soit environ 85 % de tout le littoral sahélien. Pour les lagunes, les berges du lac de Tunis sont les plus vulnérables puisque occupées ou aménagées presque à 100 %.

L'indice de l'archéologie a considéré les sites archéologiques antiques et les sites et monuments historiques plus récents qui, en renseignant sur l'évolution récente du rivage, peuvent aider à mesurer le niveau de vulnérabilité de la côte à une élévation du niveau marin. L'état des sites et leur position par rapport au rivage témoignent d'une vulnérabilité importante pour les différentes parties du littoral tunisien, y compris celles de la façade nord. Bien des sites ont déjà subi les effets (érosion et submersion) de l'élévation du niveau marin enregistrée postérieurement à l'Antiquité (Slim et al., 2004).

Cartes des indices de vulnérabilité (CIV) selon différents paramètres

- Très faible
- Faible
- Moyenne
- Élevée
- Très élevée



CIV selon l'occupation de l'arrière-pays



CIV selon la géomorphologie du rivage



CIV selon la lithologie du rivage



CIV selon la topographie de l'arrière-pays



CIV selon l'amplitude de la houle



CIV selon la hauteur de la houle



CIV selon le type d'avant-côte

Pour la biodiversité, les conséquences ne vont pas toujours dans le sens de la dégradation

Les sebkhas, les lagunes, les marais maritimes et les embouchures des oueds semblent constituer les milieux au niveau desquels apparaîtront le plus les conséquences sur le plan écologique. Une partie de la flore qui caractérise leur surface ou leurs berges basses sera compromise suite à leur inondation. Un rattrapage, aussi partiel soit-il, reste toutefois possible par migration aux dépens des terres basses limitrophes qui seront ainsi que leurs nappes phréatiques exposées à un processus de salinisation. On pense même que la remontée de la mer se traduira par une progressive translation vers l'amont des différentes formations littorales sans qu'il y ait de réels bouleversements de la biodiversité terrestre et de la biodiversité marine.

C'est l'agrandissement des lagunes et des sebkhas, et surtout la possibilité du passage de certaines d'entre elles vers des plans d'eau permanents qui retiendra le plus l'attention. Ces transformations sont vues comme globalement bénéfiques car elles peuvent s'accompagner d'une forte augmentation de la biodiversité du plan d'eau qui sera largement « marinisé » ; cela se traduit par une dépollution « naturelle » (moindre confinement) et par une production halieutique relativement conséquente en fonction de la morphologie des zones de communication avec la mer ouverte (nombre, largeur et profondeur des éventuelles passes). Mais il y aura vraisemblablement une diminution de la biodiversité de l'avifaune aquatique ainsi qu'une diminution des effectifs de certaines espèces, tel le flamant rose dont on sait que la taille des colonies augmente avec la charge du milieu en matière nutritive, donc avec le confinement du plan d'eau.



Les parties du littoral délimitées par une ligne rouge renferment les espaces les plus sensibles, sur le plan écologique, à une élévation du niveau marin.

Notons aussi que la répartition géographique des espaces précités montre, encore une fois, l'opposition entre les deux façades du pays. La carte montre les parties du littoral qui regroupent les espaces les plus nombreux concernés par une telle évolution.

Ces données générales ne doivent pas toutefois occulter les variations, parfois très sensibles selon les milieux, n'étant pas dans le domaine très particulier de l'écologie. Les cas suivants illustrent bien cette variété et sa signification.

Le premier cas est celui du complexe lagunaire de Bizerte, constitué par les deux lagunes d'Ichkeul et

de Bizerte communiquant entre elles par le chenal de Tinja et alimentées par les eaux marines via le chenal de Bizerte. L'ENM aura une influence particulièrement forte sur l'écosystème Ichkeul qui se traduira par de profondes modifications d'ordre environnemental dans cette zone, inscrite au patrimoine mondial et tout particulièrement vulnérable. Les surfaces terrestres qui seront perdues sont estimées à près de 4 000 ha et les impacts se feront :

- au niveau territorial par la perte de surfaces écologiquement importantes telles celles des marais nord-ouest, ouest et sud. Ces surfaces perdues, qui ne seront que partiellement remplacées en amont, priveront en effet l'écosystème d'une zone « tampon », essentielle pour l'amélioration de la qualité des eaux météoriques arrivant dans le lac ;
- au niveau de la biodiversité : notamment de l'élément emblématique qui est le secteur des oiseaux aquatiques, par un impact que l'on peut considérer comme positif du fait de l'approfondissement et de l'élargissement du plan d'eau qui passera de 8 800 ha à près de 13 000 ha ; ce qui favorisera une éventuelle augmentation des effectifs de la faune aviaire mais aussi, très vraisemblablement, des changements dans les espèces fréquentant aujourd'hui la lagune. En ce qui concerne les poissons, les conditions d'alevinage naturel (remontée des juvéniles par le biais du chenal de Tinja) resteraient satisfaisantes. Ces modifications au niveau du plan d'eau joueront donc vraisemblablement aussi un rôle positif sur la production halieutique. Mais le rôle joué au niveau de la biodiversité pourra être négatif, tout spécialement en ce qui concerne la végétation aquatique et notamment les prairies de potamots à cause d'une salinisation plus importante en fonction de l'élargissement inévitable du chenal de Tinja qui véhiculera, de ce fait, en période de flux, un volume nettement plus important d'eau marine.

Le deuxième cas est celui de la lagune de Ghar El Melh. L'impact de l'ENM se fera très largement sentir non seulement au niveau même de la lagune mais aussi, et surtout, au niveau de la plaine de la Basse Mejerda qui, après avoir été immergée il y a 3 000 ans, verra une partie de sa frange externe retourner, en quelque sorte, à son état antérieur. La lagune a de fortes chances de se transformer en une baie marine (avec le total démantèlement du « lido » par submersion ; la lagune retrouvera le statut qu'elle avait perdu depuis le 7^e siècle !) avec un impact non négligeable sur sa production halieutique, en dépit de sa faible productivité actuelle, sous la pression de trop nombreuses contraintes écologiques.

Le troisième cas est celui du domaine des Kneiss qui tire son originalité de ses îlots petits à minuscules émergeant à peine d'une mer très peu profonde et de hauts-fonds étendus. Les modifications liées à l'ENM seront tout spécialement importantes au niveau des îlots qui disparaîtront pour les plus petites. La grande île sera, quant à elle, partiellement ennoyée avec, en compensation, un élargissement de son schorre. Les modifications floristiques et faunistiques se traduiront conjointement par une forte perte de la biodiversité terrestre ainsi que par des modifications de la biodiversité des hauts-fonds marins. En effet, la remontée de la zone de l'estran, en impliquant un élargissement des surfaces submergées et notamment de celles propices à l'installation d'espèces liées à ce milieu, aura une incidence sur les espèces les mieux adaptées et notamment sur les palourdes. Elle influencera aussi les populations des petits oiseaux limicoles qui auront de plus larges terrains de parcours.

Le quatrième cas illustre une situation également particulière, à savoir les embouchures d'oueds affectés par une marée importante et répondant donc aux conditions d'estuaires qui sont plutôt rares en Tunisie et limités au golfe de Gabès. Les modifications liées à l'ENM pourraient être importantes notamment au niveau des embouchures déjà étendues. La confirmation des conditions estuariennes permettra la pénétration des espèces marines les plus tolérantes aux stress sans qu'il y ait toutefois de grands impacts sur la production halieutique.



ÉROSION MARINE :

LE PHÉNOMÈNE N'EST PAS NOUVEAU

En fait, l'érosion qui constituera l'une des principales préoccupations avec une montée marine est déjà opérationnelle et est à l'origine d'une fragilité importante de différents segments côtiers. Mais c'est surtout dans les côtes basses meubles, notamment celles sableuses, qu'elle a le plus retenu l'attention. Car, d'une part, les côtes rocheuses et à falaise sont par définition des formes d'érosion et, d'autre part, elles n'ont pas encore fait l'objet d'aménagements importants d'où le caractère plutôt limité des enjeux.

La carte montre une opposition entre les plages de la façade nord, d'une part, et celles du golfe de Tunis et de la façade orientale, d'autre part. En fait, ceci est révélateur de l'importance de deux paramètres importants qu'il faut considérer dans toute réflexion sur l'évolution future : la fourniture sédimentaire et l'impact des aménagements. Les plages de la façade nord profitent des débris arrachés aux falaises et côtes rocheuses qui les jouxtent ainsi que des apports des nombreux oueds exoréiques, petits mais actifs. De plus, la plupart d'entre elles sont restées à l'écart des travaux d'aménagement et plusieurs sont bordées par des champs dunaires. Les quelques sites concernés par l'érosion se trouvent au contact d'agglomérations humaines. Les choses sont différentes quant aux plages des autres secteurs qui ne bénéficient pas d'un apport sédimentaire aussi important et plusieurs d'entre elles ont fait l'objet d'aménagements variés et parfois lourds. Mais l'élévation du niveau de la mer annoncée pour les prochaines décennies s'ajoutera comme un facteur fragilisant.

En ignorant une telle conjoncture ou en la sous-estimant, l'homme assume une grande responsabilité. Bien des problèmes déjà en cours ont été expliqués par les imprudences commises lors des aménagements et qui peuvent se résumer dans les principaux points suivants :

- la multiplication des formes de pression sur les rivages ;

- l'appauvrissement du stock sédimentaire des plages ;
- la perturbation de l'échange sédimentaire entre les différentes parties du profil transversal de la plage ;
- le dérèglement du transit sédimentaire le long du rivage ;
- la dégradation de la qualité des eaux littorales et des formes de vie qui leur sont associées ;
- l'altération des caractéristiques de l'hydrologie littorale dans le sens d'un renforcement de l'énergie des vagues ;
- la modification de la stabilité géotechnique du sol côtier ;
- l'emploi de moyens de protection non ou peu adaptés ;
- la persévérance dans l'imprudence et l'innovation dans l'erreur ;
- les carences dans les diagnostics (Oueslati, 2004).

Parmi ces différents points, ce sont surtout les aménagements de front de mer qui ont fait le plus de mal aux plages. Dans une conjoncture marquée par une pénurie sédimentaire et une élévation du niveau marin et les tempêtes plus fortes et plus fréquentes qui doivent l'accompagner, l'évolution pourrait se faire vers des scénarios dramatiques. Une plage peut, si elle ne bénéficie pas d'un soutien sédimentaire conséquent ou si elle perd sa dune bordière, disparaître rapidement. La place est alors donnée aux ouvrages de protection et le retour au stade initial avec une plage naturelle n'est pas toujours à la portée. En Tunisie, les segments qui ont déjà atteint un stade critique imposant le recours à des travaux de protection n'ont fait que se multiplier. Mais les ouvrages, surtout ceux de la défense lourde, ont plutôt généré de nouveaux problèmes (esthétique du paysage côtier, perturbation de la circulation des eaux et des sédiments...).

Hôtel Solymar

Exemple d'une accélération de l'érosion et passage à une situation catastrophique suite à un empiètement sur la plage et les dunes qui la bordent dans le cadre d'un lotissement pour résidences (secteur Sidi Jehmi). Tout s'est déroulé en l'espace d'une décennie.



1 Dunes de haut de plage qui vont être rasées au profit du lotissement.

2 Compteurs de la Sonede d'une ligne de lots déjà annexés à la mer par érosion.

3 Regard d'eaux usées qui se trouvait au départ au milieu de la voie principale, elle-même vouée à la disparition.





1



2



3



4

Cas des plages sableuses

- 10- Isobathe
- Plage en érosion
- Plage en engraissement
- Plage plutôt stable
- Côte sans plages naturelles importantes

- 1 Une plage soumise à une érosion sévère à Raf Raf.
- 2 L'érosion est active même dans les rivages des lagunes ; ici le cas de la berge sud du lac de Bizerte.
- 3 L'érosion a parfois entraîné la disparition de plages qui avaient longtemps fait la réputation de certains rivages ; la place est donnée à des ouvrages de protection enlaidissant le paysage et les habitations sont dégradées ou abandonnées. Ici, le cas de la côte entre La Goulette et le Kram.
- 4 La technique des ganivelles est l'une des techniques utilisées dans le but de favoriser le développement de la dune bordière et admise maintenant comme pièce indissociable de la plage et de grande importance pour sa pérennité. Ici, le cas dans les environs de Tabarka.





D E GHAR EL MELH

À KALAAT LANDLOUSS

La côte de Ghar El Melh et de Kalaat Landlouss se distingue par son caractère bas et par son appartenance à un terrain influencé par le cours d'eau le plus grand du pays : Oued Majerda. Elle se distingue aussi par l'existence d'un important complexe lagunaire : la lagune de Ghar El Melh et son annexe la lagune de Sidi Ali El Mekki.

Du côté septentrional, elle est dominée par un relief pentu ; le Jbel Nadhour qui culmine à 325 m et dont le versant sud, tourné vers les lagunes, est découpé par une série de torrents, petits mais actifs à l'occasion des événements pluviométriques importants. Seul un espace très étroit, généralement le front de cônes de déjection anciens, encroûtés ou récents, s'interpose entre ce versant et le rivage des lagunes. Du côté ouest comme du côté sud, la lagune principale est bordée par une plaine alluviale étendue. Du côté oriental, le contact avec la mer se fait par un cordon littoral sableux.

La plaine, connue sous l'appellation de « plaine deltaïque de Majerda » ou de « delta de Majerda », est l'une des plus vastes de la Tunisie littorale. Elle est largement construite grâce aux alluvions de l'oued au cours des temps historiques. On sait en effet que vers l'an 1000 av. J.-C., la colline qui porte le village de Kalaat Landlouss était encore une île et que la mer baignait le pied de Jbel Menzel Ghoul où se trouvait le port de l'antique Utica. Ce port, encore fonctionnel du temps de l'occupation romaine, est aujourd'hui à plus de 10 km de la mer.

Cette plaine est aussi l'une des terres les plus fertiles de la Tunisie et les plus intensivement exploitées sur le plan agricole. Mais elle est très basse. Sa frange littorale a souvent des altitudes inférieures à 1 m, ce qui a favorisé l'extension des terres humides du type chotts et sebkhas.

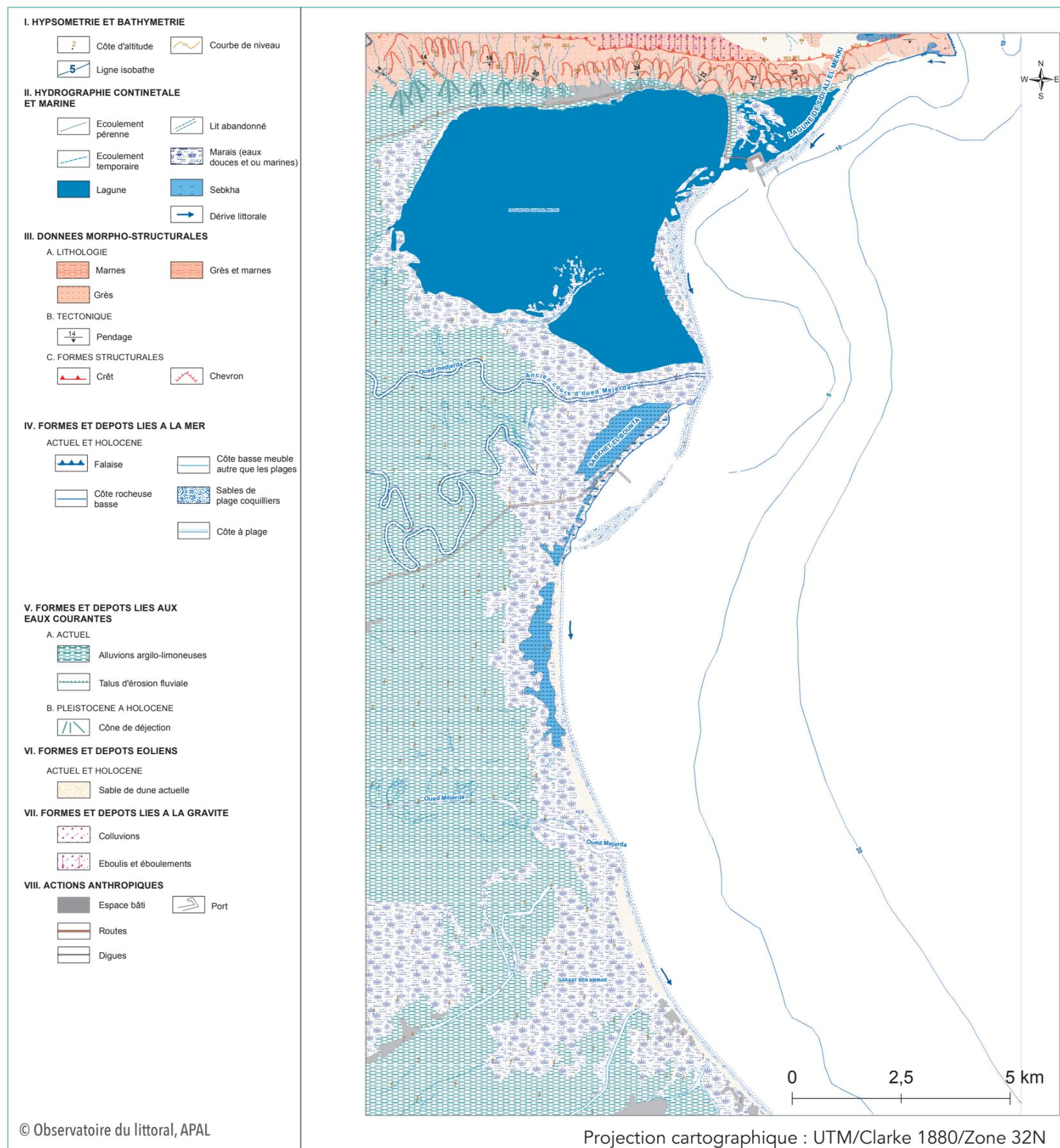
Le cordon littoral, ou lido, a des caractéristiques géomorphologiques qui varient d'un secteur à l'autre. Au droit de la lagune de Ghar El Melh, il est légèrement dunifié et sa largeur atteint localement 200 m. En face de Kalaat Landlouss, il est presque dépourvu de dunes et n'a, localement (avant la récente évolution de la pointe de la flèche de Foum El Oued ou Shila), que quelques mètres de large. À la hauteur de Sidi Bahroun, il est doublé par un petit bourrelet de dunes d'argile formées grâce à la déflation qui affecte, en été, la surface de la sebkha qui le relaie du côté interne. Il s'élargit au droit de la nouvelle embouchure de oued Majerda et sa partie dunaire se développe surtout à partir de Raoued et en face de Sabkhet Ariana.

Le complexe lagunaire correspond aux vestiges de l'ancienne baie d'Utique encore ouverte sur la mer au deuxième siècle après J.-C. (Jauzein, 1971 ; Slim et al., 2004). Aujourd'hui, il couvre une superficie de l'ordre de 30 km² et se caractérise par des eaux toujours peu profondes. D'après des levés réalisés en 2000, la bathymétrie varie de 0,2 à 3,8 m, avec une moyenne de 2,5 m. Ce qui donne un volume d'eau de l'ordre de 25 Mm³

(Moussa et al., 2005). Son rivage, long de quelque 32,5 km, est toujours très bas. À part dans une partie de la berge nord, où ils correspondent localement au front de cônes de déjection formés par les petits oueds qui découpent le versant sud de Jbel Ennadhour, il est partout relayé par des sebkhas et des terres marécageuses dont l'altitude est souvent inférieure à 1 m.

La communication avec la mer se fait par des passes (grau) dont l'emplacement a changé avec le temps. Dans son tiers septentrional, le lido est naturellement affecté par des brèches qui permettent à l'eau de la mer de se rendre dans la lagune de Sidi Ali El Mekki à l'occasion des tempêtes. Mais la passe naturelle la plus importante se trouvait plus au sud. C'est l'ancien Boughaz qui a vu son rôle diminuer avec le temps surtout depuis que l'oued Majerda a cessé de se jeter dans la lagune, pour finir, malgré différents efforts, par être abandonné suite aux problèmes liés à son colmatage. L'abandon définitif a eu lieu à la suite de l'ouverture d'une nouvelle passe immédiatement au sud du nouveau port de pêche suite à une érosion récente du lido.

Carte géomorphologique



Une côte déjà fragilisée et dont des secteurs souffrent d'une érosion sévère

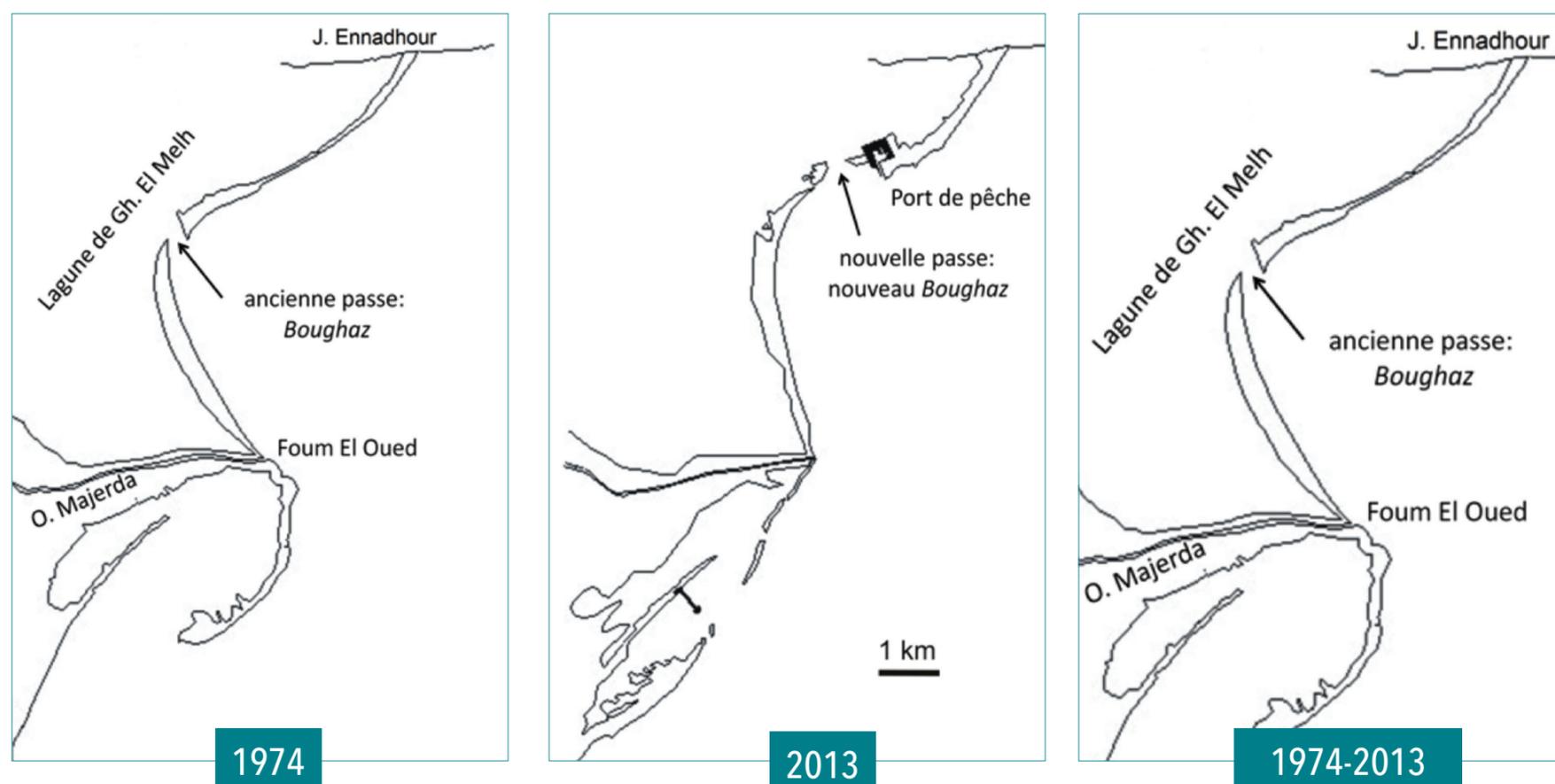
Le rivage sableux de cette partie du littoral tunisien a connu une évolution importante au cours des dernières décennies. La tendance qui l'a marqué le plus au cours des dernières décennies a été par la multiplication des sites exposés à l'érosion marine.

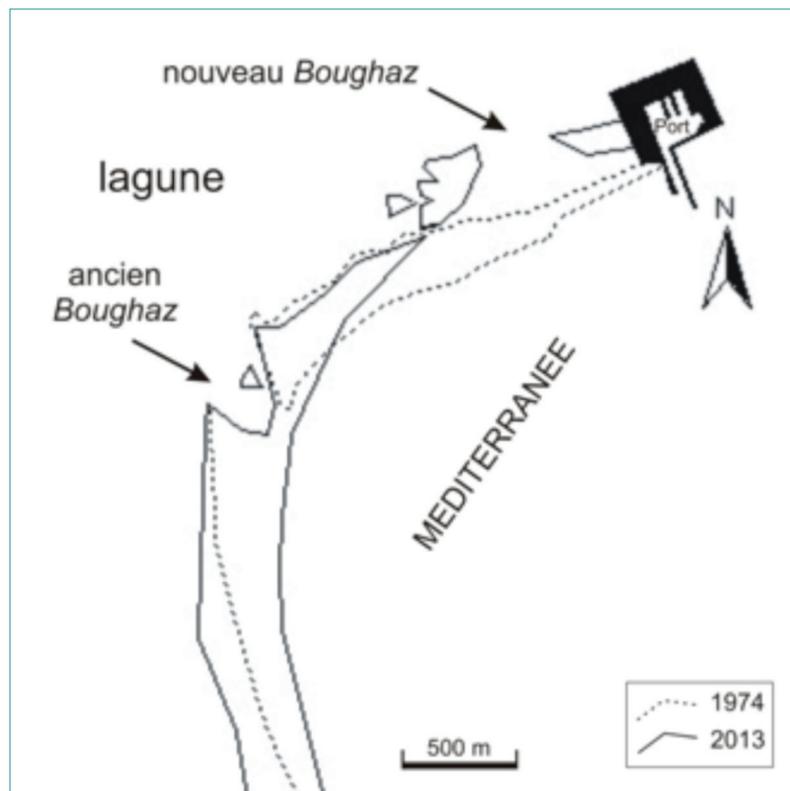
Des problèmes se posaient jusqu'à tout dernièrement au niveau de la plage de Kalaat Landlouss. Mais ici, la situation a changé depuis que la pointe de la flèche de Foum El Oued (Shila), qui n'a cessé de migrer en direction de la terre ferme, a rejoint le rivage. Si bien qu'aujourd'hui la question de l'érosion se pose plus au nord, surtout au niveau de l'ancienne embouchure de Oued Majerda (Foum El Oued) et plus particulièrement au niveau du lido qui sépare la lagune de Ghar El Melh de la mer.

L'érosion du lido est en bonne partie expliquée par les perturbations causées à la dynamique littorale notamment depuis la création, en 1974, du nouveau port de pêche de Ghar El Melh. Car, en s'opposant à la libre circulation des sédiments le long du rivage, sous l'effet de la dérive littorale dominante qui porte vers le sud, les jetées de ce port ont créé une opposition entre deux secteurs. Le premier s'étend au nord-est du port ; il a connu un engraissement important de sa plage qui a pu atteindre, au cours des premières années qui ont succédé à l'achèvement du port, un rythme dépassant 20 m/an. Le second se trouve au sud du port et se caractérise par un démaigrissement notable de sa plage. Le retrait du rivage a pu atteindre la valeur de 100 m en trois ans seulement, de 1976 à 1978.

Cette évolution est responsable aussi de modifications sensibles au niveau de la morphologie de détail du lido et a permis de donner lieu à une passe importante (le nouveau boughaz). Mais ses conséquences ont été sévèrement ressenties dans l'activité agricole menée sur les berges du système lagunaire, notamment la culture dite *ramli*. Celle-ci, à l'origine d'un terroir unique et d'un grand intérêt patrimonial, est basée sur une technique ancestrale qui consiste à gagner des terres agricoles par une forme de poldérisation. Le paysage est unique, avec des parcelles (les *gtayas*) disséminées au milieu des *sebkhas* ou en plein milieu lagunaire. Les plantes y sont irriguées, depuis leurs racines, suite au mouvement, en rapport avec la marée, d'une lentille d'eau douce qui se forme dans le sol artificiel.

La forme du lido et de la flèche de l'embouchure de Foum El Oued à la veille de la création du port (1974) et aujourd'hui (d'après les photos aériennes de 1974 (74 TU 359/250 UAG 412) et une image Google de 2013) (source : Oueslati A., El Aroui O. et Sahtout N. ; Rev. Méditerranée, 2015, sous presse).





Modification de la forme du lido au sud-ouest du port suite à l'érosion engendrée par la création de ce dernier en 1974 (d'après les photos aériennes de 1974 - 74 TU 359/250 UAG 412 - et une image Google de 2013) (d'après Oueslati, El Aroui et Sahtout ; 2015).

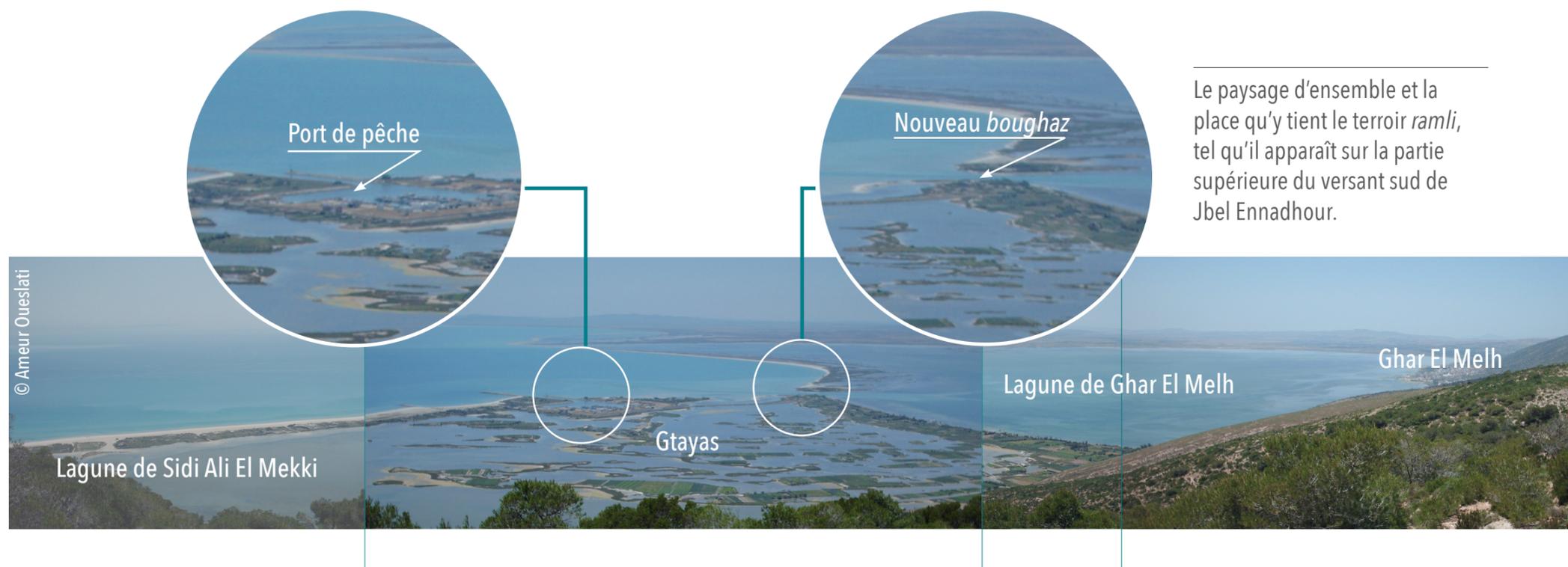


© Ameer Oueslati



© Ameer Oueslati

Importance de l'érosion du lido dans le secteur compris entre le port de pêche et l'ancien Boughaz : construction rattrapée par le rivage et socle d'une construction déjà annexé à la mer. (photos prises en avril 2008 ; Oueslati, El Aroui et Sahtout ; 2015).



Le paysage d'ensemble et la place qu'y tient le terroir *ramli*, tel qu'il apparaît sur la partie supérieure du versant sud de Jbel Ennadhour.

Une grande vulnérabilité à une variation positive du niveau marin

SUPERFICIE DES TERRES POTENTIELLEMENT SUBMERSIBLES

2 758 ha

au niveau de la sebkha de Sidi Bahroun

1 400 ha

autour de la sebkha de l'Ariana

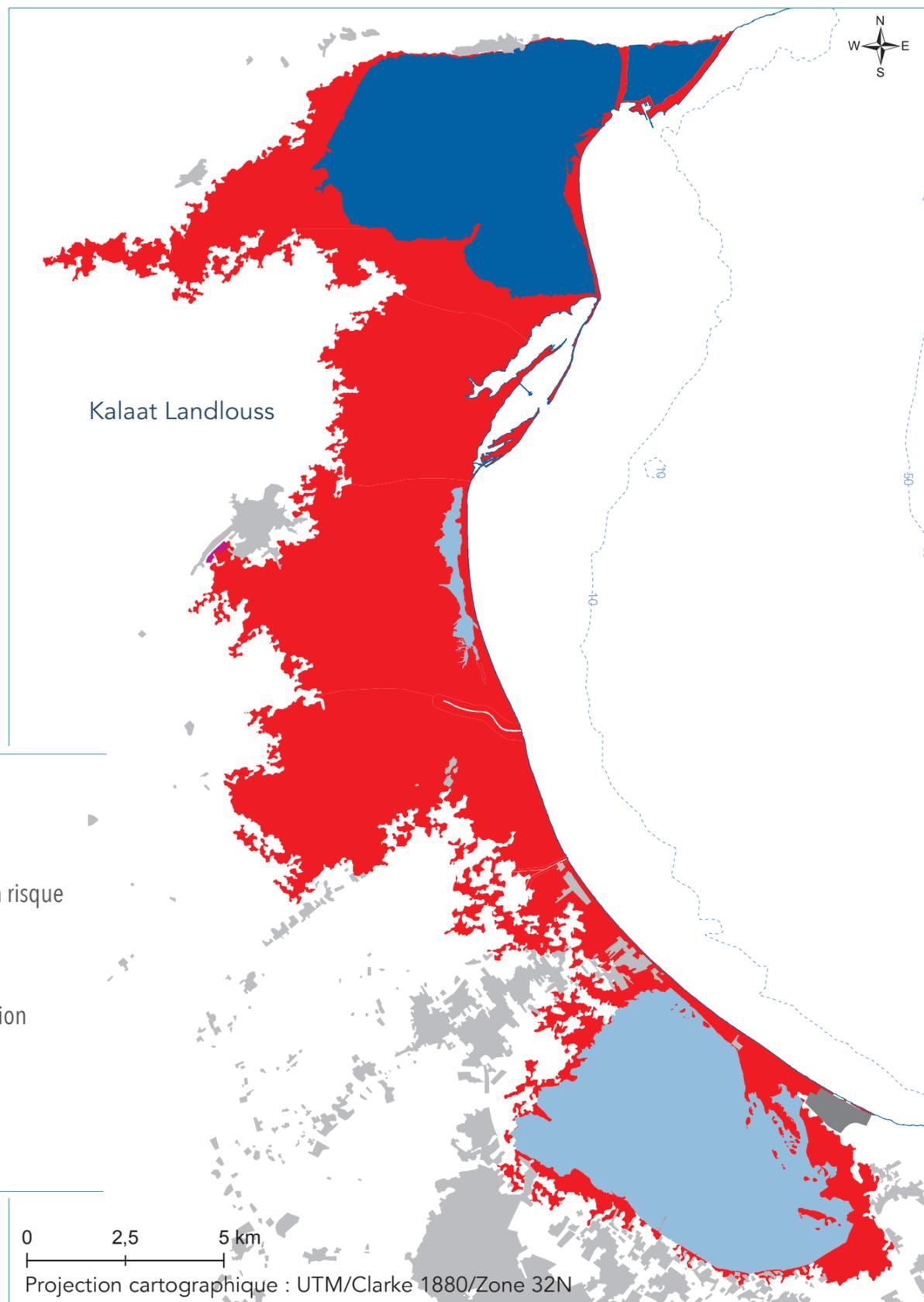
92,96 ha

autour de l'embouchure de Oued Majerda

2 300 ha

autour de la lagune de Ghar El Melh

- Trait de côte
 - 10- Isobathe
 -  Lagune
 -  Sebka
 -  Autres terres à altitudes <1 m et à risque de submersion et/ou d'érosion
 -  Zone résidentielle
 -  Espace touristique
 -  Activité industrielle
- Espaces submersibles ou à risque d'annexion à la mer

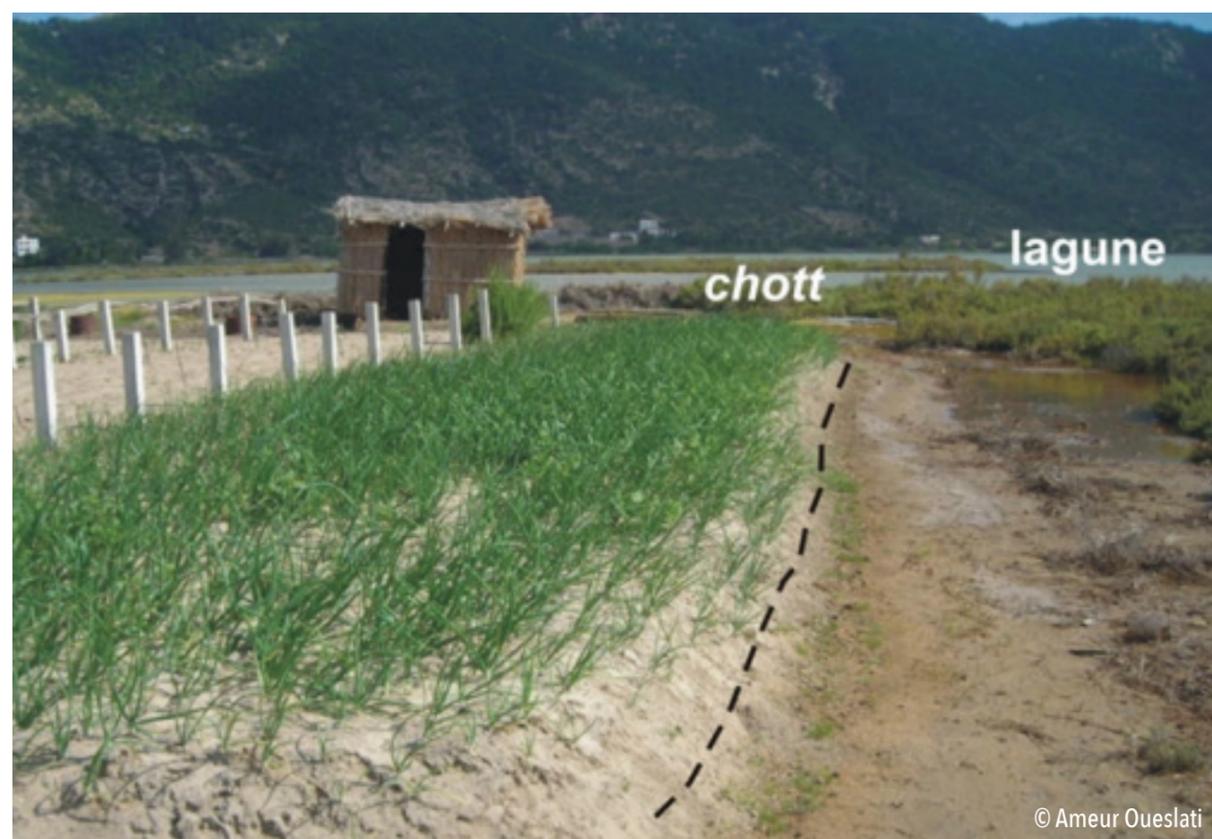


Avec une élévation du niveau de la mer d'un mètre, les lagunes de Ghar El Melh laisseraient la place à une baie. Ce qui compromet un espace d'intérêt pour les écosystèmes et le paysage naturels mais aussi pour l'économie de la région, le complexe lagunaire offrant une partie indéniables des ressources exploitées par les habitants. Le terroir Ramli est l'un des espaces les plus menacés. Des terres du type sebkhas, aujourd'hui répulsifs, pourraient, par contre, se transformer en milieux occupés en permanence par les eaux marines, voire même en vraies lagunes. Ceci est le cas, en particulier de la sebkha de Sidi Bahroun.

Le nombre et la grande extension des sebkhas constituent en effet l'un des facteurs de la vulnérabilité de la région, comme son prolongement vers Tunis d'ailleurs, à l'ENM. La superficie des terres potentiellement submersibles au niveau de la sebkha de Sidi Bahroun sont de l'ordre de 2 758 ha. Elles sont évaluées à 1 400 ha autour de la sebkha de l'Ariana ; chiffres auxquels il faut ajouter les terres basses, également considérées comme submersibles, autour de l'embouchure de Oued Majerda et de la lagune de Ghar El Melh dont les superficies sont respectivement évaluées à quelque 92,96 ha et 2 300 ha. Ce qui donne un total d'au moins 6 500 ha pour la côte qui s'étire depuis Ghar El Melh jusqu'à la sebkha de Ariana.



© Ameer Oueslati



© Ameer Oueslati

Parcelle *ramli* en cours de création et parcelle en production. Sur cette dernière, on voit le niveau (indiqué par un trait discontinu) de l'humidité dans le sol artificiel. Ce niveau, en rapport avec la lentille d'eau douce, est directement influencé par la marée. Il sera affecté avec une variation positive du niveau marin (photos prises en avril 2008 ; Oueslati, El Aroui et Sahtout ; 2015).



Allongé du sud-ouest vers le nord-est sur près de 35 km et couvrant une superficie de l'ordre de 150 km², l'archipel de Kerkena se caractérise d'abord par la grande faiblesse de la topographie aussi bien pour les terres émergées que sous l'eau, la prépondérance des formations géologiques tendres, la remarquable extension des terres humides, le caractère très découpé du tracé du rivage et l'existence d'importants hauts-fonds.

La topographie montre une succession de bas-fonds et de dos de terrains plus ou moins bien marqués dans le paysage. Le point culminant, situé dans le secteur d'Ouled Ezzeddine, n'est que de 13 m. Ceci n'a pas favorisé la mise en place d'un vrai réseau hydrographique, mais plutôt l'extension des terres humides du type sebkhas et chotts, parfois très étendues et constituant l'élément majeur dans le paysage de nombreux secteurs de l'archipel, notamment la partie septentrionale de l'île de Chergui. Cette faiblesse topographique se prolonge sous l'eau. L'archipel émerge à peine d'une plate-forme étendue et très peu profonde. L'isobathe de -10 m est parfois situé à plus de 60 km du trait de côte.

La géologie est faite, avant tout, par des argiles plus ou moins sableuses, attribuées au Mio-Pilocène, aisément reconnaissables grâce à leur richesse en gypse et surtout leur couleur le plus souvent rougeâtre ou rouge-rose. La couverture quaternaire se réduit très souvent à une croûte calcaire et à des épandages colluvio-éoliens peu épais. Une place relativement importante

revient toutefois à des formations gréseuses héritées du dernier interglaciaire (Tyrrhénien).

La morphologie du rivage ne manque pas cependant de variété. Y alternent, parfois sur de courtes distances, falaises, côtes rocheuses basses, plages de marais maritimes.

Les falaises sont le plus souvent peu hautes ; les plus importantes ont un commandement compris entre 5 et 10 m. Elles sont taillées, surtout, dans des formations tendres, surtout les argiles mio-pliocènes. Ailleurs, leur hauteur est fréquemment inférieure à 3 m et leur matériel est hétérogène montrant une superposition de différentes formations quaternaires recouvrant les argiles.

Les côtes rocheuses basses sont, de par la longueur de côte qu'elles intéressent, des mieux représentées dans les différentes îles de l'archipel surtout dans les caps et sur la façade nord-ouest qui est la mieux exposée aux vents dominants dans la région. Un peu partout, le matériel battu par les vagues est carbonaté : croûtes calcaires et grès marins du dernier interglaciaire.

Les plages sont plutôt rares. On le trouve, par petits segments discontinus au voisinage du port de Sid Youssef, dans la côte comprise entre Sidi Fraj et le pourtour de la presqu'île de Founkhal ainsi que dans l'extrémité NE de l'îlot de Gremdi et l'extrémité orientale de l'îlot de Roumadiya.

Mais il s'agit toujours de plages très peu étendues et surtout peu épaisses. Celles sableuses sont dépourvues de dunes ou accompagnées par une dune bordière peu développée.

Les marais maritimes occupent une place de choix dans le paysage morphologique de l'archipel, notamment dans la partie nord-est de l'île Cherguia et dans les îlots de Gremdi et de Lazdad. Cette importance s'explique par la marée mais aussi par la faiblesse de la topographie et le tracé du rivage favorable, par ses nombreuses échancrures, aux positions d'abri. Bon nombre de ces marais se développent autour de chenaux qui s'inscrivent dans le prolongement de ceux qui sillonnent les hauts-fonds qui ceignent l'archipel. Du côté interne, le relai est très souvent donné à d'autres terres humides de la famille des sebkhas et des chotts.

I. HYPSONOMETRIE ET BATHYMETRIE

-  Côte d'altitude
-  Courbe de niveau
-  Ligne isobathe

II. HYDROGRAPHIE CONTINENTALE ET MARINE

-  Sebkha
-  Chott
-  Dérive littorale

III. DONNEES MORPHO-STRUCTURALES

A. LITHOLOGIE

-  Argiles et gypses

B. TECTONIQUE

-  Faille observée
-  Faille supposée

IV. FORMES ET DEPOTS LIES A LA MER

A. ACTUEL ET HOLOCENE

-  Falaise vive > 3m
-  Côte rocheuse basse
-  Falaise vive < 3m
-  Côte basse meuble autre que les plages
-  Côte à plage
-  Chenal de marée
-  Sables de plage coquilliers
-  Schorre

B. PLEISTOCENE

-  Grès coquilliers eutyrrhéniens
-  Grès coquilliers eutyrrhéniens couverts
-  Grès coquilliers néotyrrhéniens

V. FORMES ET DEPOTS LIES AUX EAUX COURANTES

ACTUEL ET HOLOCENE

-  Alluvions argilo-limoneuses

VI. FORMES ET DEPOTS EOLIENS

ACTUEL ET HOLOCENE

-  Dune actuelle et sub-actuelle
-  Nebka

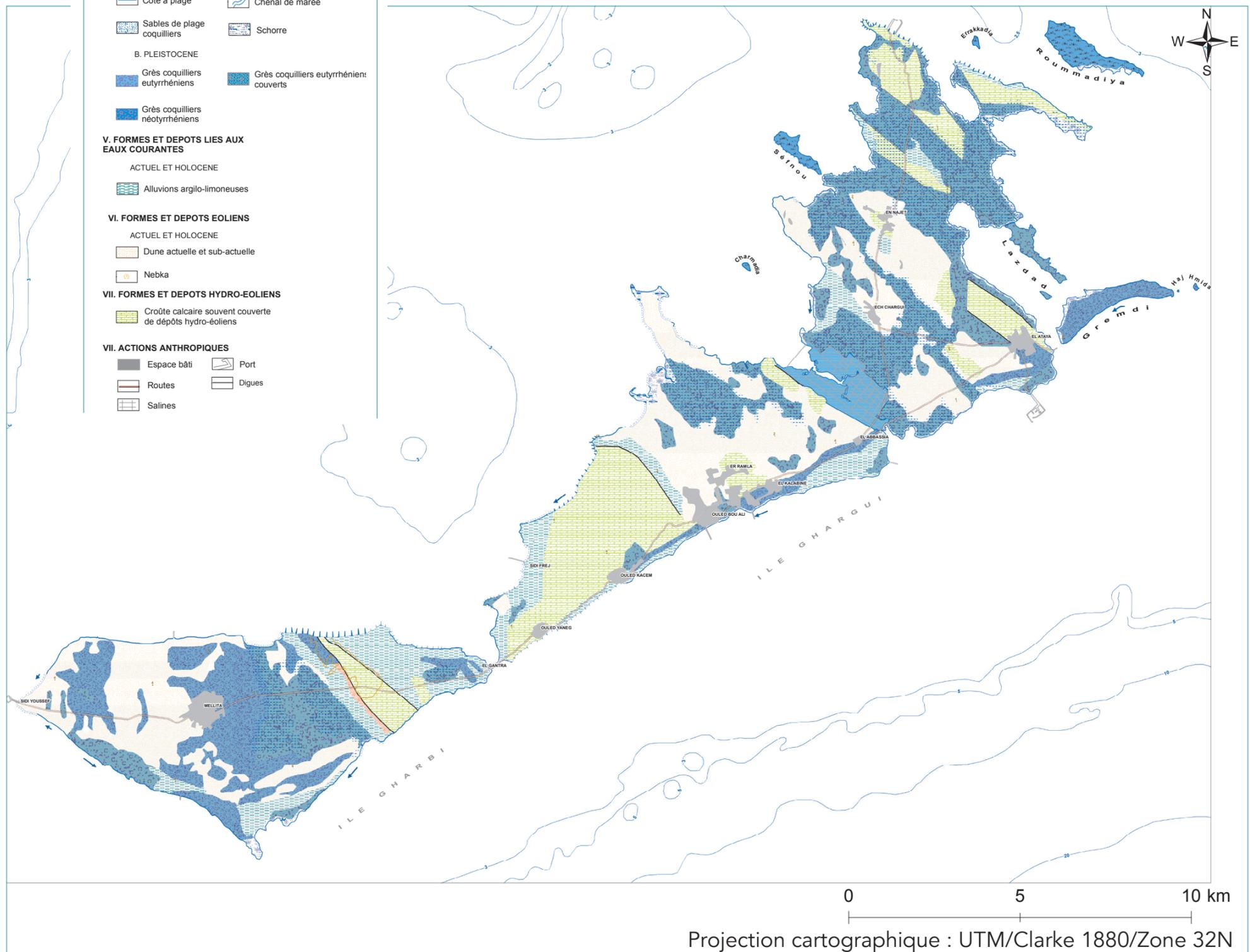
VII. FORMES ET DEPOTS HYDRO-EOLIENS

-  Croûte calcaire souvent couverte de dépôts hydro-éoliens

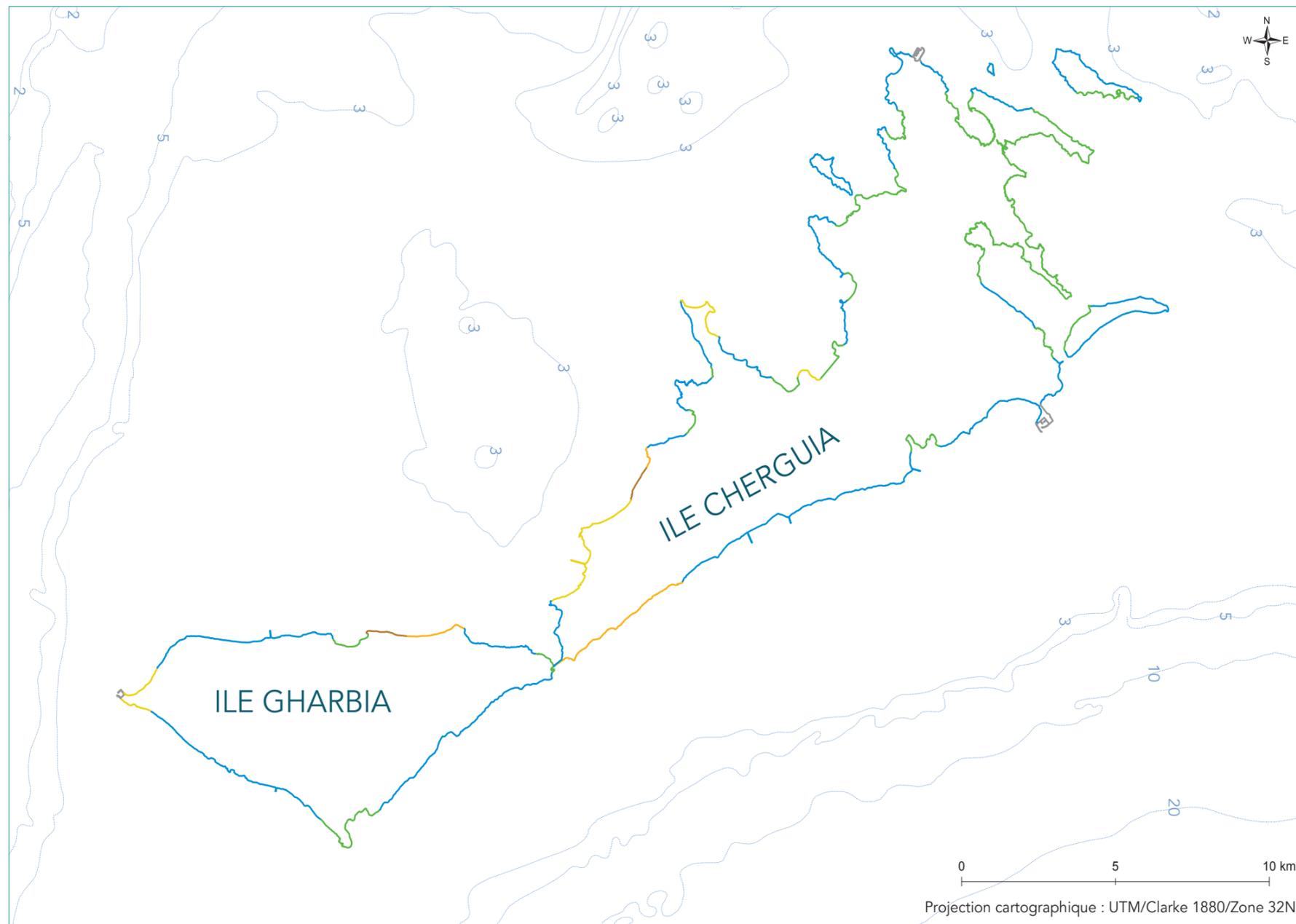
VII. ACTIONS ANTHROPIQUES

-  Espace bâti
-  Port
-  Routes
-  Digues
-  Salines

Carte géomorphologique



Une prépondérance des rivages qui sont, par nature, vulnérables aux variations du niveau marin



Les différents types de rivages : une prépondérance des côtes basses.

- 10- Isobathe
- Falaise de hauteur moyenne
- Petite falaise
- Côte rocheuse basse
- Plage
- Côte à marais maritime
- Trait de côte artificiel

- 1 Falaise évoluant par éboulement et ravinement.
- 2 Un schorre par marée basse entre Kraten et Ennajet.
- 3 Une plage sans dune bordière, un signe de fragilité qui s'accroîtra avec l'élévation du niveau marin.



© Observatoire du littoral, APAL

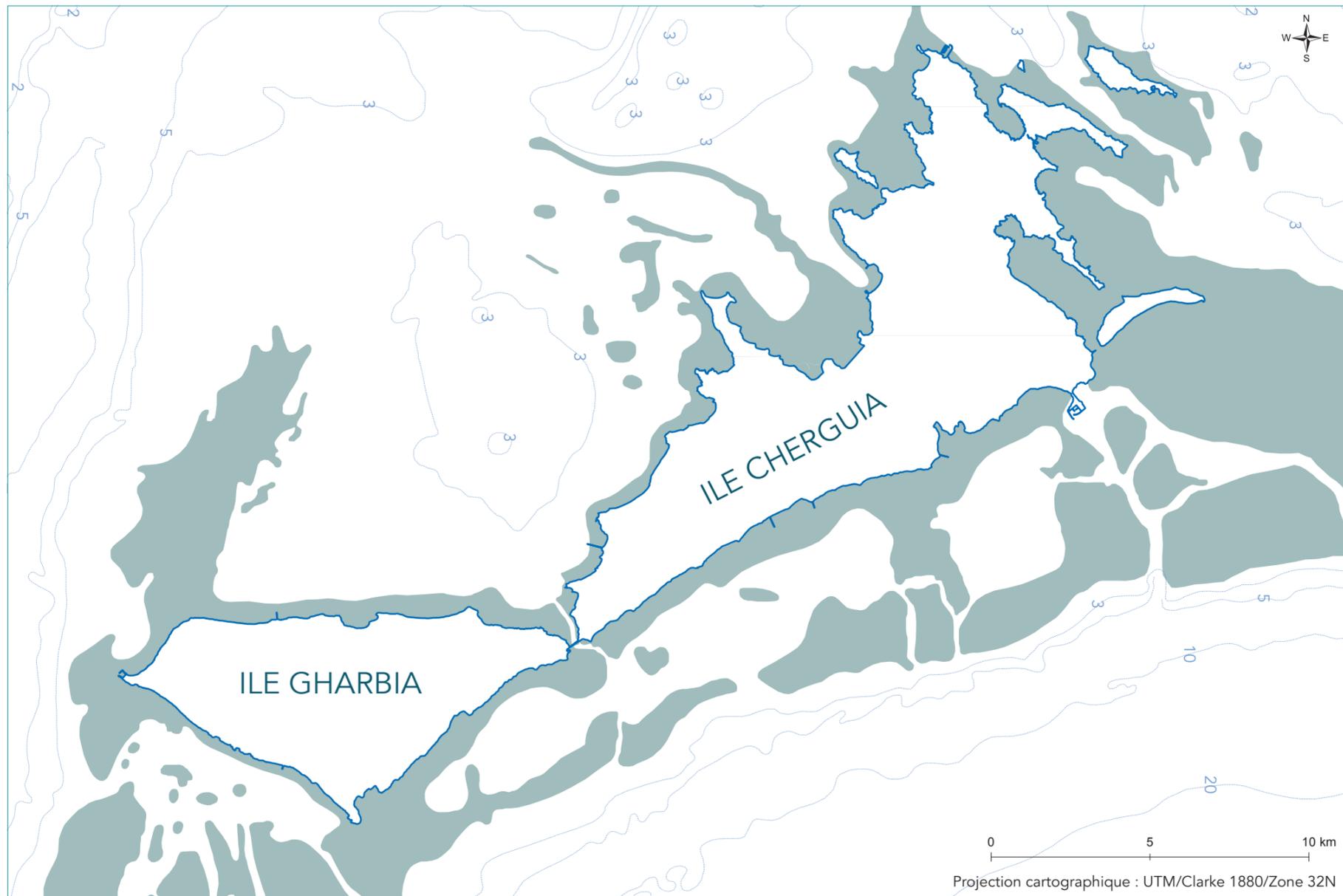


© Observatoire du littoral, APAL



© Observatoire du littoral, APAL

Une côte, en différents points, déjà affaiblie par l'érosion avec des signes de submersion et de salinisation des terres



Le littoral est pourtant protégé par des hauts-fonds étendus (carte réalisée à partir de la carte marine ; Oueslati, 1995).

-10- Isobathe
Hauts-fonds

Les rivages de l'archipel des Kerkena montrent, malgré la faible énergie des eaux qui les baignent du fait de la faiblesse de bathymétrie et de la grande extension des hauts-fonds, de nombreux indices d'érosion. Les zones humides, qui leur font souvent suite, sont, de leur côté, souvent le siège d'une extension aux dépens des terres basses qui les bordent. Des aménagements ainsi que composantes du patrimoine naturel et culturel sont déjà affectés par l'un ou l'autre de ces phénomènes et parfois par les deux à la fois.

L'érosion est la plus manifeste dans les falaises. On ne dispose pas de quantifications significatives. Mais l'état de ces formes et les menaces que leur recul est en train de poser en différents points de l'archipel, témoignent d'une évolution loin d'être négligeable. Le site de Borj El

H'ssar est sans doute le plus expressif du travail accompli par cette érosion au cours des temps récents. De nombreux vestiges archéologiques se voient sectionnés sur le front de la falaise ou arasés à son pied sur l'estran. D'autres sont déjà en mer et on peut les suivre sur, au moins, quelques décimètres témoignant de l'importance du recul de cette côte. La menace due à l'érosion des falaises pèse aussi sur des constructions récentes comme dans le littoral d'Ouled Gacem et Ouled Yaneg. Une telle érosion a été surtout favorisée par la géologie dominée, comme dit plus haut, par des formations tendres comme ou hétérogènes. Dans ce dernier cas, la place est donnée à une érosion différentielle efficace.

Les côtes rocheuses basses sont également des formes résultant de l'érosion. Mais, encore une fois on ne dispose pas de mesures précises quant à la vitesse avec laquelle elles évoluent. Néanmoins le caractère très souvent démantelé des formations géologiques qui en constituent l'ossature ainsi que les changements latéraux des modelés sur de courtes distances indiquent une certaine efficacité en réalité souvent favorisée par la nature de la roche (inégalités de cimentation et fissuration) qu'à une énergie des eaux.

Quant aux phénomènes de submersion, ils sont également actifs et leurs conséquences sont parfois sensibles. En témoignent d'abord de nombreux vestiges archéologiques qui gisent localement sous plus d'un mètre d'eau. Des exemples particulièrement significatifs ont été signalés notamment à Borj El H'ssar (Slim et al., 2004) et au large d'El Ataya et de l'îlot de Gremdi (Oueslati, 1995).

Enfin, les indicateurs d'une salinisation récente et actuelle des terres sont nombreux. Des milieux du type sebkhas

qui sont aujourd'hui fréquemment inondés et impraticables plusieurs mois de suite chaque année, renferment les vestiges d'importantes formes d'occupations anciennes. C'est qu'ils ne présentaient pas les contraintes d'aujourd'hui. D'autre part, des espèces végétales non halophiles se sont retrouvées en pleines sebkhas et en zones touchées par la marée. L'état de la marge externe de la palmeraie de l'archipel en est très significatif ; de nombreux

palmiers sont morts ou en mauvais état.

L'explication d'une telle situation doit se trouver dans la faiblesse de la topographie et la nature, souvent meuble et perméable, du matériel des topographies basses. Mais elle réside aussi dans une subsidence active dans l'archipel, comme, d'ailleurs, dans le reste de la partie nord du golfe de Gabès (Oueslati, 2004).



© Observatoire du littoral, APAL



© Observatoire du littoral, APAL

Une submersion et une salinisation opérationnelles, déjà avec le niveau marin actuel.



© Ameer Oueslati

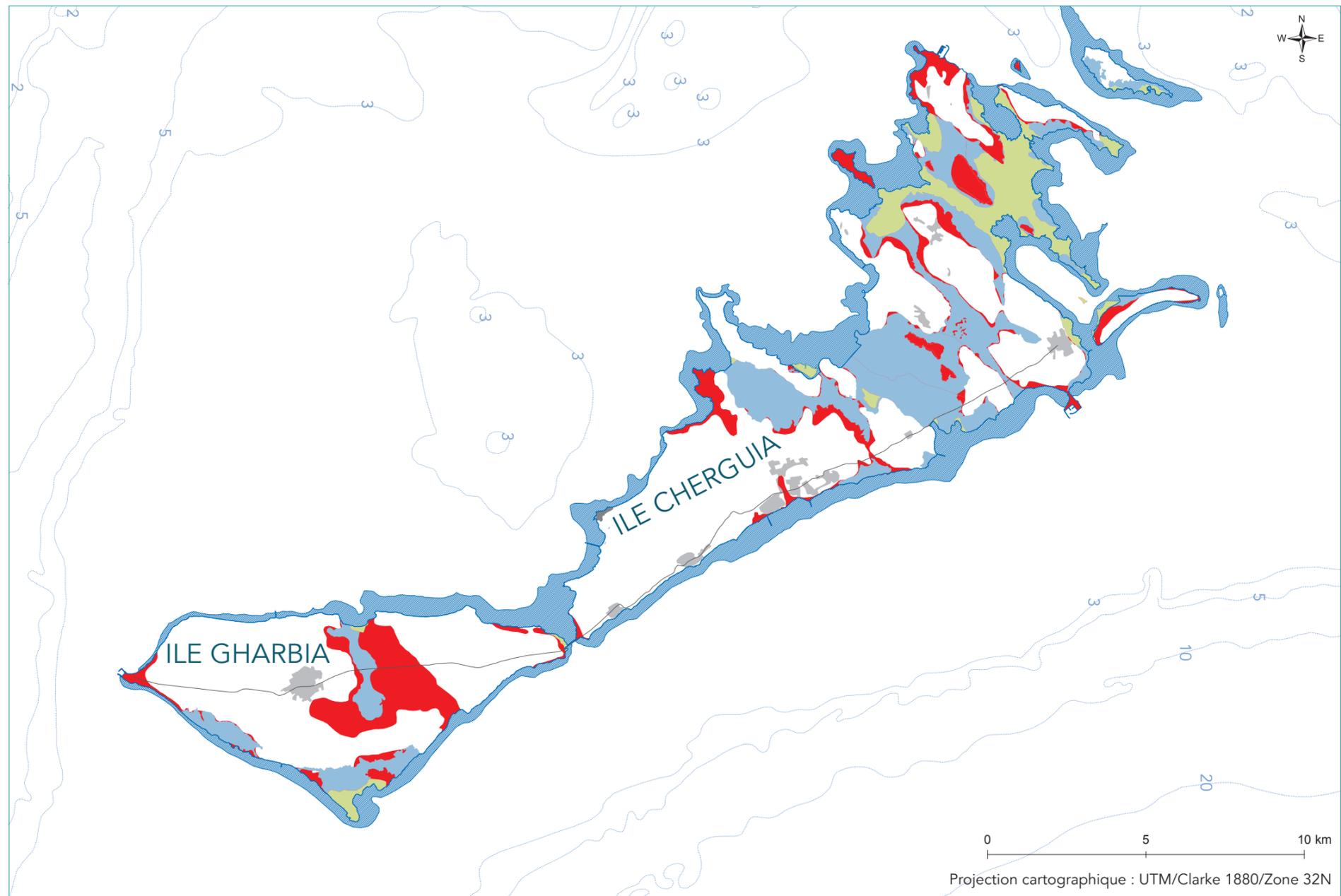
© Observatoire du littoral, APAL

UNE ÉROSION DÉJÀ ACTIVE DANS LES DIFFÉRENTS TYPES DE CÔTES DE L'ARCHIPEL

- 1 L'érosion est très manifeste dans les falaises tendres où elle menace différents aménagements. (Ici, à Borj El H'ssar, elle a déjà entraîné la destruction et la disparition de différents vestiges archéologiques).
- 2 L'érosion est active même dans des falaises où le matériel tendre n'est pas prépondérant. Elle est alors favorisée par les inégalités de résistance des corps rocheux et est du type différentiel. Ici, à El Kraten, elle agit au pied de la petite falaise où domine un matériel peu résistant (croûte calcaire pulvérulente et argiles miopliocènes). La partie supérieure, pourtant résistante (croûte calcaire en dalle), s'effondre suite au vide créé par l'érosion de la partie sous-jacente.
- 3 La menace de l'érosion marine est déjà, avec le niveau marin actuel, bien perçue par la population : des tentatives de protection, par différents moyens, se rencontrent en différents endroits.
- 4 Dans les plages, on devine souvent la tendance régressive de l'état des terres qui bordent ces formes. Ici, dans le secteur de Sid Fraj, les palmiers en témoignent. L'ensemble du système côtier se déplace en fait.



Les types de terrains à risque de submersion et/ou d'érosion



L'élévation du niveau marin accentue les risques d'érosion et de submersion, et surtout la salinisation des terres basses et l'extension des sebkhas.

-10- Isobathe

-  Estran
-  Schorre
-  Sebka

Espaces submersibles ou à risque d'annexion à la mer

 Autres terres à altitudes $< 1\text{ m}$ et à risque de submersion et/ou d'érosion

 Zone résidentielle

 Espace touristique

 Activité industrielle

 Route

Une élévation du niveau marin se traduira d'abord par l'accentuation des principaux problèmes auxquels sont déjà confrontés les rivages de l'archipel, à savoir l'érosion et les phénomènes de submersion et de salinisation. La carte indique l'importance des espaces submersibles et vulnérables qui s'étendent sur une superficie évaluée à quelque 8 640 ha. Une partie des îlots disparaîtra et les deux îles principales seront tronçonnées en plusieurs îlots. Les milieux qui seront les plus directement concernés sont les sebkhas et les marais maritimes.

Des différences doivent cependant apparaître aussi entre îles ou d'un secteur à l'autre dans la même île et ce, en fonction de la zonation géomorphologique et topographique. Mais d'une façon générale, c'est dans l'île Cherguia, surtout ses secteurs septentrionaux, que l'évolution sera la plus spectaculaire. Ceci s'explique principalement par le cadre topographique : cette île est plus basse Gharbia et les sebkhas sont rarement bordées par ruptures de pente nette.

L'envahissement des sebkhas et des marais maritimes doit, lorsque la topographie le permet, s'accompagner par une migration de l'ensemble du système côtier. Ces milieux se rattraperont aux dépens des terres basses qui les bordent. Ceci causera une progression de la salinisation. Des terres aujourd'hui constructibles et cultivables ne le seront plus sans risques.

Les données fournies par l'étude de la carte de la vulnérabilité indiquent que pour le moment ces terres à risque sont largement en dehors des aménagements. On devrait y voir une chance à saisir pour une meilleure planification de l'aménagement du territoire. Mais les données du terrain indiquent plutôt une tendance, parfois assez rapide, à étendre constructions et cultures sur les marges des sebkhas et parfois même sur des terres déjà bien humides. L'évolution récente des agglomérations de Mellita, d'El Attaya et surtout d'Erramla offre des illustrations expressives. Cette dernière par exemple, a étendu son tissu urbain en direction des terres humides qui bordent le rivage et

aux dépens de la sebkha qui la sépare de l'agglomération d'Ouled Bou Ali. Le conseil est plutôt de reculer et en tout cas de se prémunir contre les transformations dans la nature du sol qu'occasionnera la montée marine. Ceci exige des études prospectives approfondies.

Précisons enfin que l'ENM n'aurait pas que des inconvénients dans l'archipel. Du point de vue de la biodiversité, il est possible de penser qu'il y aura peut-être des incidences globalement positives en liaison avec la vivification des échanges entre le bassin ouest (fortement agressé par les actions anthropiques) et le bassin est (où le milieu est plus sain). Mais pour les pêcheries fixes (cherfias) dont l'implantation est liée directement à des hauts-fonds ne dépassant pas la hauteur des « murs » (haies de palmes), on est porté à penser qu'elles doivent être déplacées vers l'amont, au fur et à mesure de l'avancée marine en direction des terres.

Superficie des secteurs submersibles par types d'occupation du sol.

3 346,8 ha

Végétation naturelle et
Parcours

121,6 ha

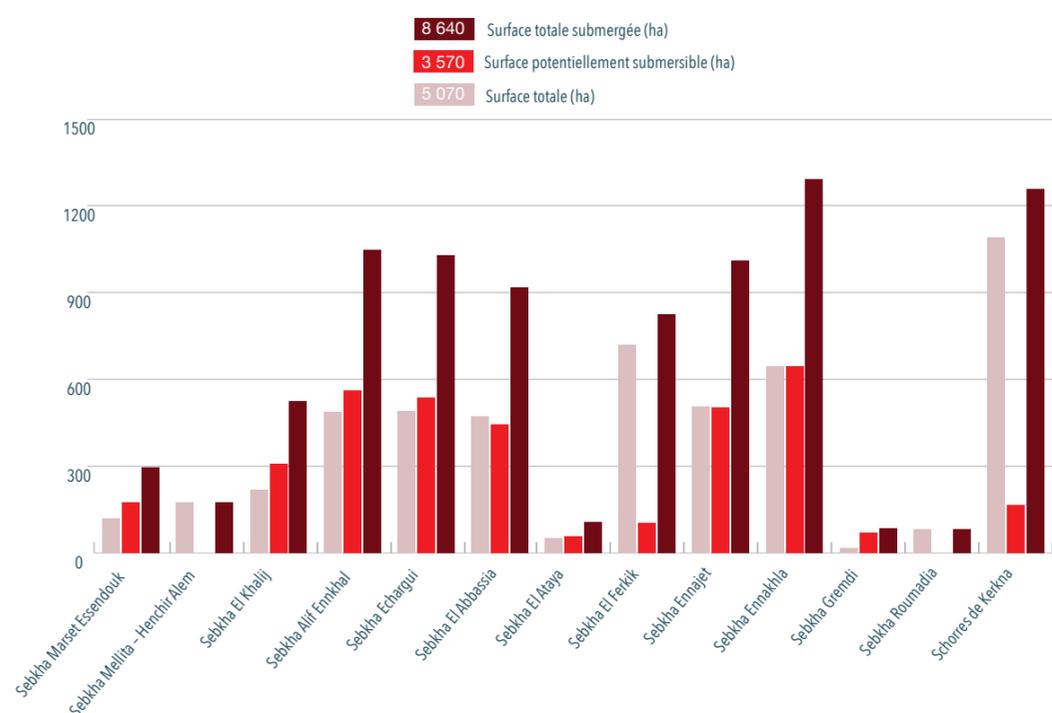
Terres agricoles

10,6 ha

Terrain nu

Sur les 15 160 ha des terres à risque de submersion au niveau des îles, 8 640 ha reviennent à Kerkena. Les pertes seront enregistrées surtout autour des sebkhas et des schorres. Les zones à risque de submersion dans l'archipel comptent aujourd'hui plus de 3 300 ha de terres de parcours à côté de 121 ha de terres agricoles. En matière d'espaces urbains, sept hectares de zones résidentielles sont menacés par l'ENM sur le site côtier de la localité d'Erramla.

Surfaces potentiellement submersibles.





Dans les rivages de Jerba et des îlots situés dans son voisinage, on rencontre quatre principaux types de formes : de petites falaises, des côtes rocheuses basses, des plages et des marais maritimes.

Les falaises sont en fait rares et toujours peu importantes par leur commandement qui est, dans le meilleur des cas, compris entre 3 et 4 m. Elles sont par contre assez variées par leurs lithologies. Celles-ci sont hétérogènes et montrent souvent des superpositions de matériaux d'inégale résistance (argiles, grès, sable et limons) favorisant une érosion différentielle efficace. Mais il s'agit de formes plutôt rares dans l'île ; elles ne sont en fait représentées que dans les environs de Guellala et ponctuellement du côté de Rass Rougga, de Lella Hadhria, de Torbkhana et de Sidi Salem.

Les côtes rocheuses basses sont bien plus fréquentes que les falaises mais sont surtout bien représentées dans la façade occidentale de l'île principale et dans une partie des îlots de Gataya El Bahriya et de Jlij. Dans les segments méridionaux et orientaux de Jerba, elles se limitent aux rivages de la presqu'île de Terbella et dans une partie de la côte Aghir-Torbkhana. Leur extension est favorisée par l'existence de deux types de formations géologiques : une croûte calcaire du Quaternaire ancien et des grès marins et éoliens attribués au dernier interglaciaire (Tyrrhénien) ou à l'Holocène.

Les plages sableuses sont le plus souvent sans dunes importantes ou à dune bordière peu développée. On en rencontre dans les petites criques qui accidentent la façade occidentale de l'île principale. Mais c'est sur la façade orientale et nord-orientale de cette île qu'elles montrent le maximum de leur extension. Ici, elles sont (dans leur état naturel) larges d'au moins quelques décamètres et accompagnées d'une dune bordière pouvant dépasser localement 3m de hauteur.

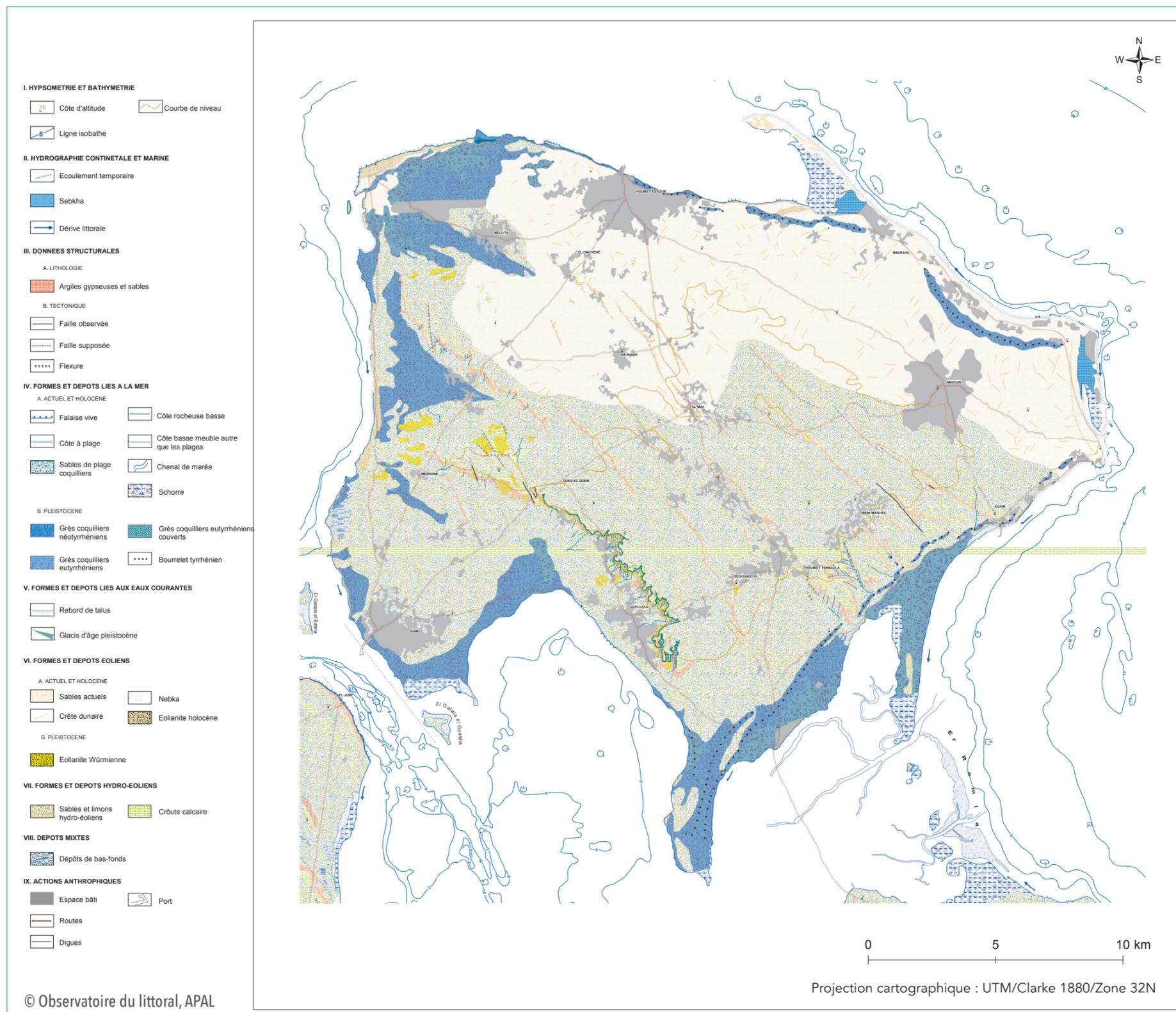
Aujourd'hui, les plages montrent le maximum de leur développement dans la flèche de Rass Errmal. Ailleurs, elles ont souvent subi les effets d'une érosion parfois importante. Leurs dunes ont également fait l'objet de différentes agressions suite à l'extension des aménagements, notamment ceux en rapport avec le développement du tourisme. Le champ dunaire le plus important de l'île principale, relayant la plage du secteur compris entre la racine de la flèche de Rass Errmal et Taguermess, est déjà largement couvert par des constructions et des terrains de golf.

Les îlots sableux de Dhar Ghannouche, dans le bras de mer situé entre Jerba et Zarzis, ont une genèse récente. Il s'agit en fait, de langues sableuses du type île barrière apparues au cours des dernières décennies. Leur formation résulte de l'émergence d'un haut-fond sur lequel s'est accumulé du sable poussé par les courants côtiers et par les vagues depuis les plages et

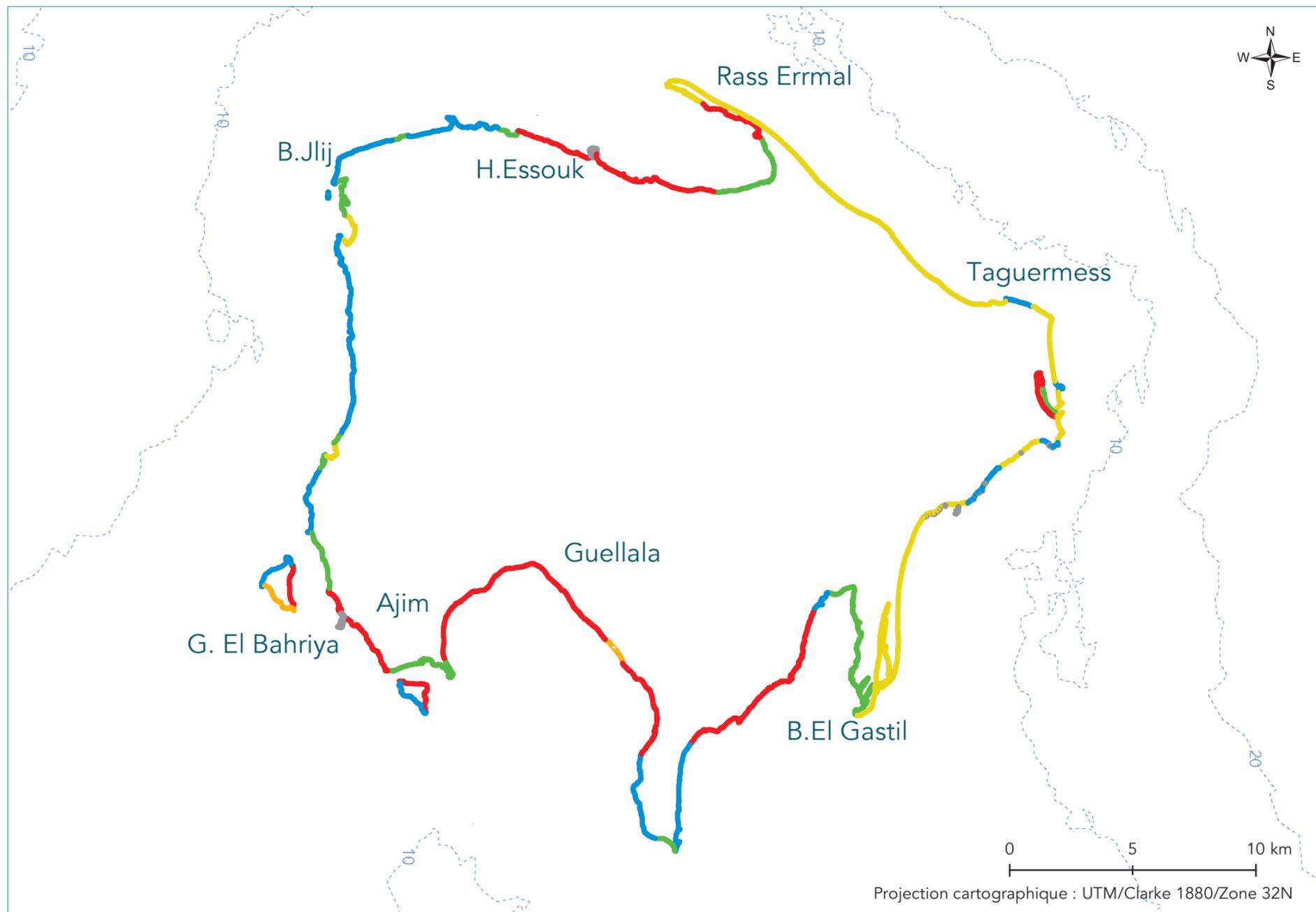
les fonds marins déstabilisés par différentes interventions humaines (tourisme et pêche).

Les marais maritimes occupent une place importante et doivent leur genèse à la marée, au caractère bas du littoral et à l'existence de différentes positions d'abri. On les rencontre principalement dans la partie méridionale de l'île principale, surtout à l'abri des presqu'îles (presqu'île d'El Gastil) ou des flèches littorales (Rass Errmal, Lella Hadhdria).

Carte géomorphologique

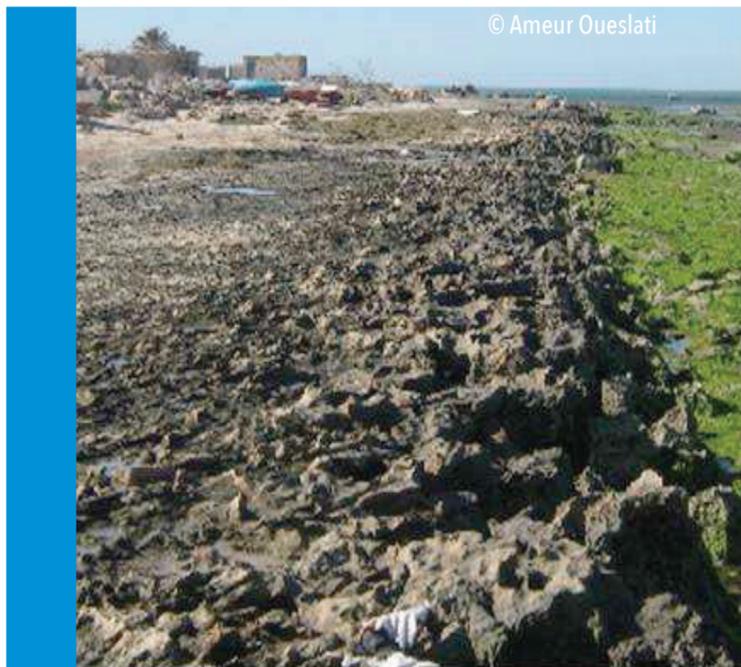


Une prépondérance des rivages qui sont, par nature, vulnérables aux variations du niveau marin



- 10- Isobathe
- Petite falaise
- Côte rocheuse basse
- Plage
- Côte à marais maritime
- Autre côte basse meuble
- Trait de côte artificiel

Côtes rocheuses basse près de Borj Jlij.

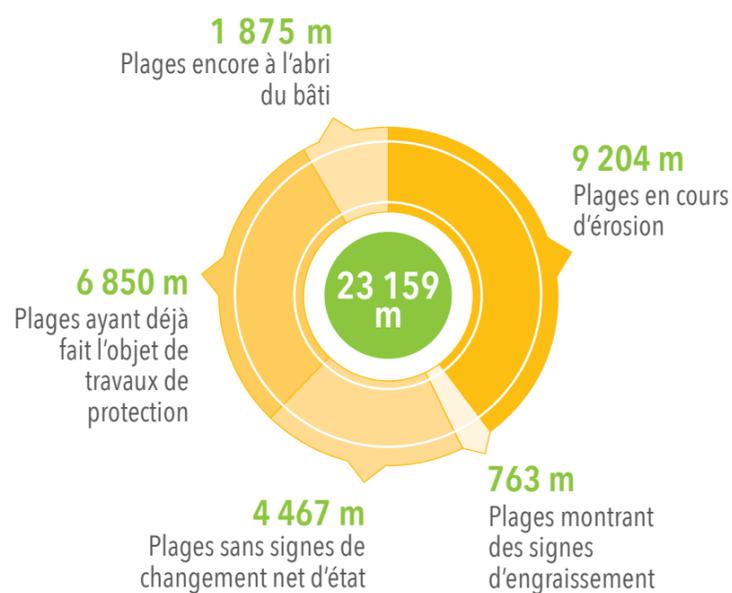
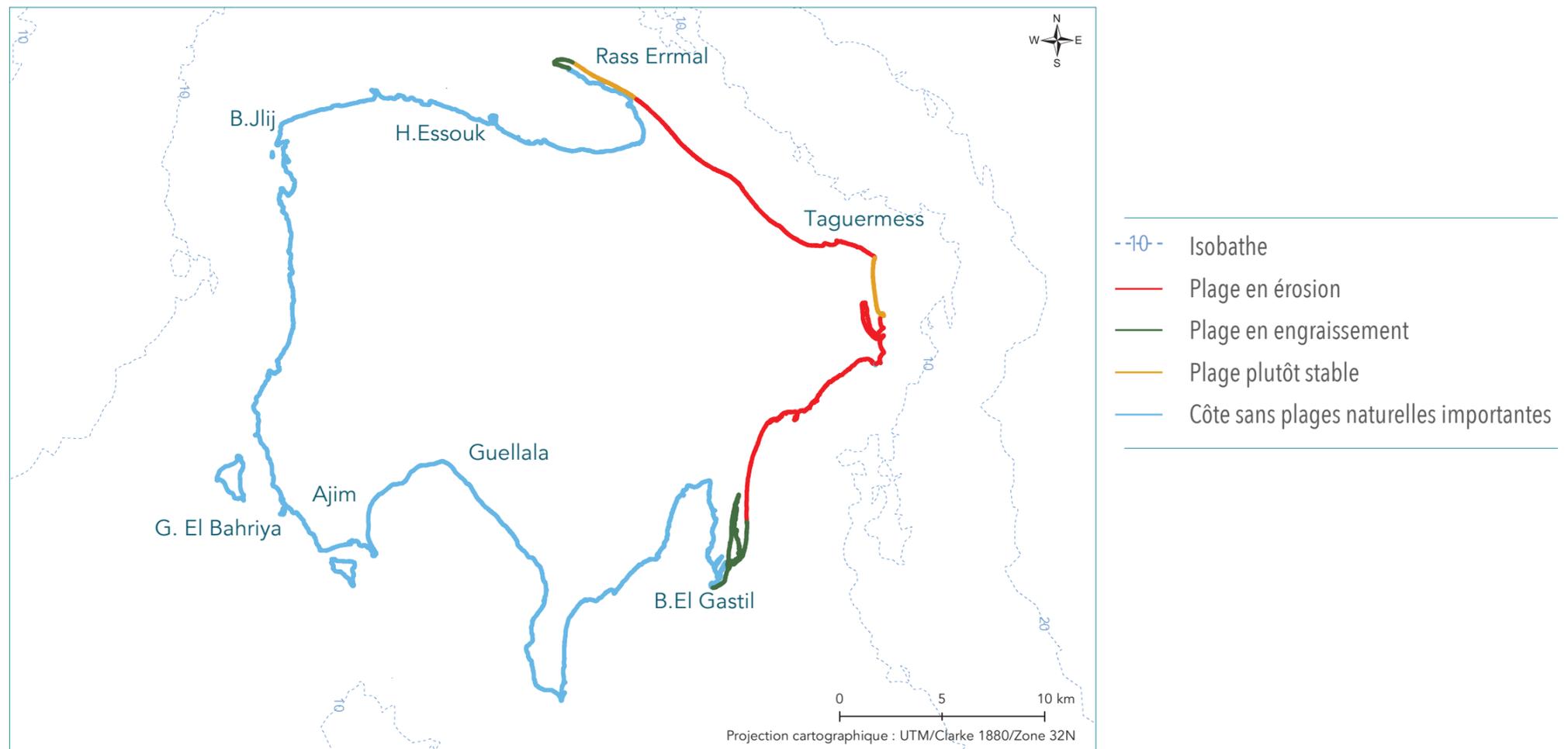


Plages sableuses à la racine de la flèche de Rass Errmal.



Marais maritime relayé par des terres humides de type sebkha et chott à El Gastil, à l'abri d'une petite flèche sableuse récemment formée à la pointe de la presqu'île de Gastil.

Une côte déjà affaiblie, en différents points, par l'érosion avec des signes de submersion et de salinisation des terres



Linéaire des plages sableuses bordées par des constructions et aménagements en dur : état au début du XXI^e s. (Ouslati A., 2010).

L'érosion marine et les phénomènes de submersion et de salinisation des terres qui constitueront les principales menaces avec une variation positive du niveau marin sont déjà opérationnels à Jerba et dans les îlots voisins.

En fait, c'est l'érosion qui a jusqu'ici retenu le plus l'attention et qui est la plus traitée dans la bibliographie abondante consacrée à l'île. Car elle menace les plages, support naturel, essentiel, du tourisme balnéaire et des aménagements qui lui sont liés, notamment des hôtels. Cette érosion touche différentes parties du littoral de l'île ; mais les segments de côte qui en ont le plus souffert appartiennent à la façade orientale et nord-orientale qui s'étire depuis la racine de la flèche

sableuse de Rass Errmal jusqu'à Aghir situé au niveau de la racine de la presqu'île d'El Gastil (appelée aussi presqu'île de Bin El Oudiane).

La bibliographie indique qu'un peu partout, à part dans la partie distale de la flèche de Rass Errmal et dans quelques tronçons très localisés situés plus au sud, ce rivage sableux touristique bat en retraite. Une telle évolution a été repérée dès les années 1970 ; au cours des années 1980, ses indices directs étaient déjà nombreux. Elle a été expliquée par des données naturelles, notamment la pénurie sédimentaire, ces plages étant constituées d'un matériel hérité et qui ne se renouvelle pas assez. Mais une part importante de responsabilité a été attribuée à l'homme notamment par la multiplication des aménagements de

front de mer et par la pression exercée sur les plages et les dunes qui les bordent ainsi que par la multiplication d'ouvrages de protection non adaptées, parfois par des initiatives privées. La dégradation s'accélère dès que les vagues commencent à s'attaquer aux aménagements, surtout les constructions en dur.

Des mesures effectuées (à partir de photos aériennes et complétées par un travail direct sur le terrain) sur les rivages sableux de la côte touristique de l'île (en dehors de la flèche de Rass Errmal) révèlent que les plages déjà soumises à une érosion nette représentent environ 40 % de toutes les plages. Par contre, celles qui montrent des signes d'un engraissement ne représentent qu'un peu plus de 3 %.

Les falaises et les côtes rocheuses basses sont des formes d'érosion par définition. Il est normal qu'elles soient attaquées par les vagues. Mais les premières sont souvent particulièrement vulnérables. Car, elles sont peu hautes et souvent taillées dans des formations tendres ou contrastées favorisant une érosion différentielle. Ceci est parfois à l'origine d'un recul qui a déjà engendré des dégâts (notamment dans des vestiges archéologiques) ou qui commence à menacer des aménagements et des champs de culture. La meilleure illustration est donnée par la côte de Guellala. D'un autre côté, l'état dans lequel se trouvent des vestiges archéologiques indique que même les estrans rocheux sont en train de connaître un démantèlement indéniable.

Quant aux marais maritimes et les terres humides qui les bordent, elles montrent déjà différents signes d'une progression de phénomènes de submersion et d'extension en direction de terres cultivables. Des témoignages très éloquents sont donnés par exemple, par la palmeraie dont bien des pieds montrent différents signes de dégradation ou ont été déjà annexés à des marais maritimes régulièrement envahis par les eaux marines par marée haute.

Tous ces phénomènes doivent s'accroître avec l'élévation du niveau annoncée. Les conséquences et les dégâts seront d'autant plus importants que la côte est aménagée et que les constructions en dur sur le front de mer sont denses et continues. Elles ne feront, en l'absence d'interventions et de mesures pouvant remédier à la situation, qu'accroître l'érosion marine. Dans la zone touristique le nombre d'hôtels sans plages ne fera que se multiplier.

L'érosion touche les rivages sableux même en l'absence d'aménagement, indiquant une tendance naturelle au recul des rivages. En témoignent les palmiers déchaussés et progressivement annexés à la zone d'intervention des vagues.

1

Les signes d'une érosion menaçante existent même dans les rivages rocheux. À Rass Rougga au niveau de Sid Garouss, un site archéologique est amputé d'une partie de son corps.

2

Au contact de la partie occidentale de l'hôtel Dar Jerba, une érosion sévère vient de se déclarer brusquement.

3



© Ameer Oueslati

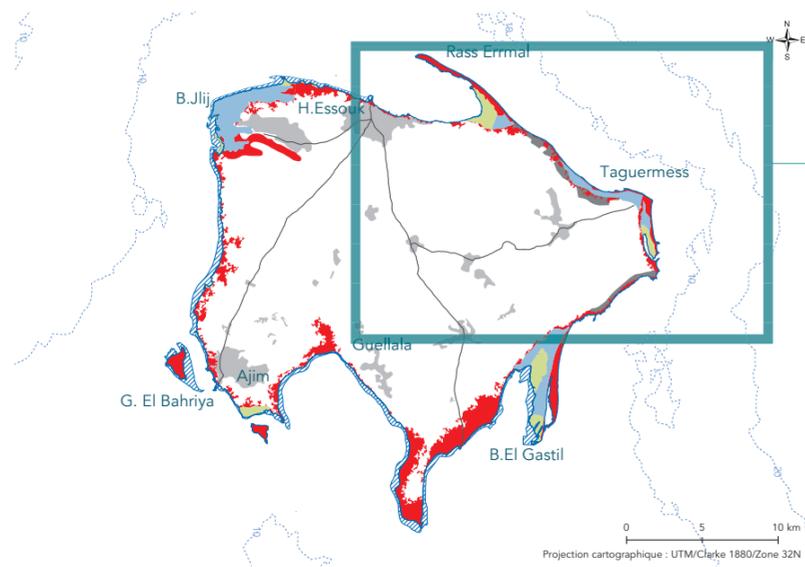


© Ameer Oueslati

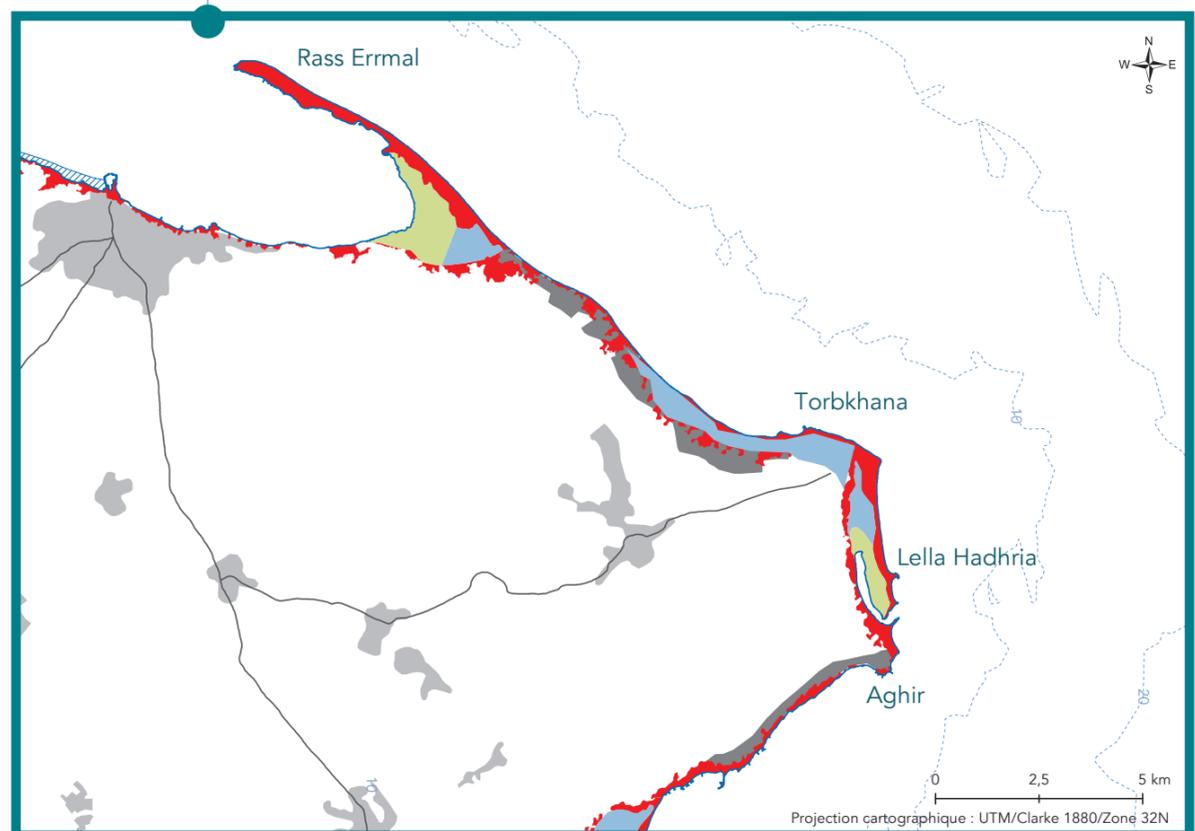


© Ameer Oueslati

Avec une élévation du niveau marin : accentuation des risques d'érosion et de submersion avec d'importants dégâts surtout dans les côtes fortement aménagées



- Trait de côte
 - 10- Isobathe
 - Estran
 - Schorre
 - Sebka
 - Autres terres à altitudes < 1 m et à risque de submersion et/ou d'érosion
 - Zone résidentielle
 - Espace touristique
 - Route
- Espaces submersibles ou à risque d'annexion à la mer



L'élévation du niveau marin annoncée se produira dans un terrain déjà soumis à certains des phénomènes considérés parmi ses conséquences potentielles, à savoir l'érosion marine, la submersion et la salinisation des terres.

L'érosion sera généralisée et accélérée. Mais ses conséquences seront les plus ressenties dans les littoraux bas faits de matériaux tendres et plus particulièrement là où existent des aménagements denses. L'étude ne donne pas une quantification précise. Mais, les rivages

de l'île ne disposant pas d'une alimentation importante en sédiments par des cours d'eau par exemple, il n'est pas hasardeux de penser qu'en l'absence de mesures préventives, les plages sableuses seront, dans leur quasi-totalité, confrontées à une érosion de plus en plus aigue et pouvant entraîner leur disparition. Ceci doit être, en tout cas, vrai pour les segments de côte directement bordés par des constructions, même ceux encore sans signes d'érosion manifeste actuellement. Les aménagements qui les jouxtent seront de plus en plus dégradés.

Les plages sableuses de la côte orientale et nord-orientale de l'île seront donc les plus particulièrement concernées et des impacts importants sur le capital productif du tourisme seront incontestables. Celles qui y sont encore non aménagées ainsi que celles des autres secteurs de l'île les rejoindront en cas d'une reproduction des mêmes imprudences (évoquées plus haut) dont en particulier le fait de construire en dur à peu de distance du rivage. Car, on sait que les plages ne sont pas systématiquement condamnées à disparaître avec une élévation du niveau marin. Elles peuvent, surtout si leur stock sédimentaire est maintenue (naturellement surtout), s'adapter à la nouvelle conjoncture en migrant en direction des terres. D'où la grande importance de la définition d'une distance à garder par rapport au rivage. Celle-ci ne sera pas une valeur standard et impliquera certainement une révision de certaines délimitations comme celle du DPM.

Les phénomènes de submersion concernent les différents terrains bas situés à une altitude inférieure à 1m. Ils accompagneront en fait l'érosion et seront, surtout là où lithologie est tendre et perméable, accompagnés d'une salinisation des terres bordières suite à des phénomènes d'intrusion des eaux marines et à une migration verticale de la nappe phréatique. Les espaces les plus directement concernés sont les sebkhas, chotts et marais maritimes. Ces derniers sont déjà de nos jours atteints par les eaux marines par marée haute et ce par l'intermédiaire des chenaux de marée qui les sillonnent. Ils sont déjà, ainsi que les autres terres humides, fréquemment inondés à l'occasion des tempêtes. D'un autre côté, le processus de submersion et de salinisation est, comme évoquée pour l'érosion, déjà opérationnel. En témoignent des vestiges

archéologiques submergés comme à Meninx (Slim et al., 2004). Mais il est attesté également par l'état de la végétation. Il n'est pas rare, par exemple, de voir des palmiers dont le pied est régulièrement baigné par les eaux marines ou déjà annexés à des zones humides y compris dans des schorres.

Les chiffres obtenus dans le cadre de l'étude de la carte de la vulnérabilité à l'élévation du niveau marin témoignent bien de cette vulnérabilité. Aussi, apprend-on que la surface des terres potentiellement submersibles s'élève à quelque 5 538 ha représentant 11 % de la superficie de l'île.

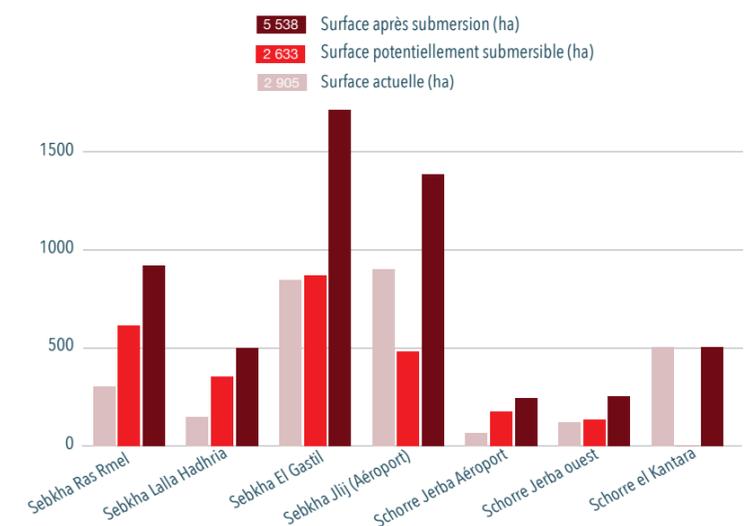
Les conséquences d'une telle évolution seront ressenties au niveau du paysage d'ensemble, avec une extension des terres humides, mais aussi au niveau des formes de vie et des formes d'exploitation associées à ces milieux. Pour ces dernières, les chiffres ne paraissent pas alarmants du moment que les terres humides sont souvent considérées, du moins jusqu'à récemment, comme répulsifs et n'ont pas fait l'objet d'aménagements importants. Mais ils ne sont pas négligeables, surtout pour l'agriculture, dans un milieu insulaire.

Le fait de ne pas avoir d'importantes surfaces déjà urbanisées dans ce type de milieu est une chance. Ne pas la saisir pour l'avenir serait une erreur fatale. Ici aussi, la devise du recul paraît constituer la meilleure forme d'adaptation.

Quant aux formes de vie, on pense qu'une marinisation progressive des zones humides, notamment les sebkhas, favoriserait plutôt un gain de biodiversité d'autant plus grand qu'elles pourraient devenir moins soumises aux contraintes anthropiques comme dans le cas de Lella Hadria. On peut donc conclure à des incidences futures plutôt bénéfiques.



Une fois déclarée dans un littoral sableux bordé par des structures en dur, l'érosion s'accélère au contact de ces dernières et peut finir par entraîner la disparition de la plage. Ici le cas au niveau de l'hôtel Les Sirènes. Le processus ne pourra que s'accroître avec une élévation du niveau marin. Des enseignements doivent en être tirés pour une meilleure adaptation à l'élévation du niveau marin qui doit normalement accélérer le processus de l'érosion.



1 041,4 ha Terres agricoles	2 748,8 ha Parcours	2,7 ha Plantations d'alignement	592,8 ha Terrain nu	0,01 ha Carrières et décharges
---------------------------------------	-------------------------------	---	-------------------------------	--



1 État de la côte dans le secteur compris entre la Cité El Habib et Sidi Mansour : des constructions dont le pied est parfois baigné par les eaux marines (2011).

2 État des constructions implantées sur des terres basses : une dégradation par l'humidité du sol.



Les espaces urbanisés vulnérables à une élévation du niveau marin sont nombreux en Tunisie. Ils appartiennent, en plus, aux principales agglomérations dont, notamment, Tunis, Sfax, Nabeul, Bizerte, Gabès, Sousse et Mahdia. Le choix du cas de Sfax pour les illustrer tient à plusieurs facteurs. D'abord, cette ville occupe un terrain bas et en partie fait de terres humides. D'autre part, son sol connaît une subsidence active et son littoral montre déjà plusieurs signes d'érosion et de salinisation. Enfin, Sfax est une ville dont la côte attend des interventions de grande envergure visant notamment une réconciliation avec la mer après les nombreuses formes de dégradation suite notamment aux différentes activités industrielles polluantes. L'une des actions, déjà engagée, est le grand projet de Taparura qui sera réalisé sur un terrain en grande partie artificiel.

Un terrain exposé à différents problèmes, déjà avec le niveau marin actuel

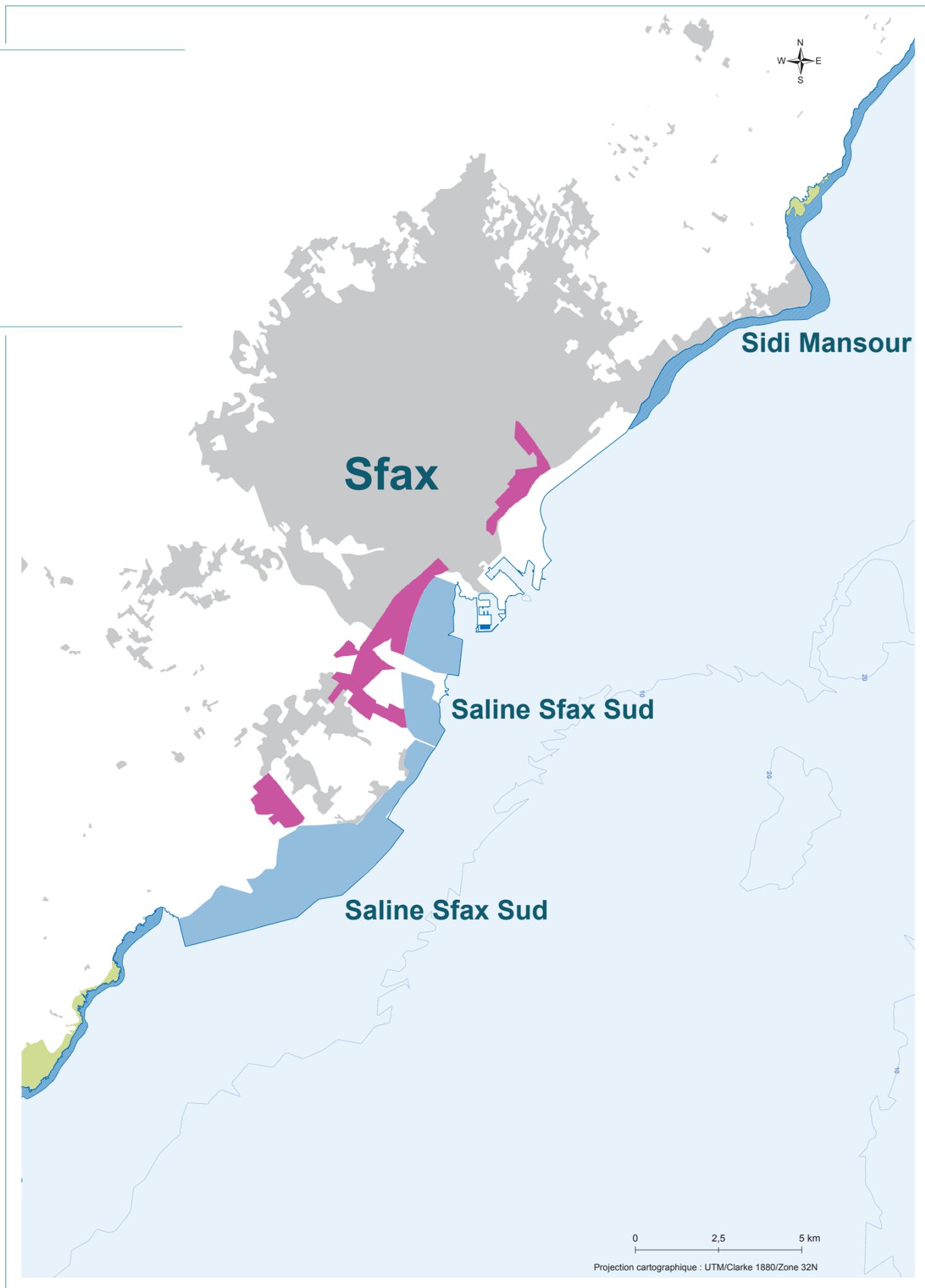
Le premier noyau et la ville de Sfax a été implanté sur la frange externe d'une plaine alluviale faite de matériaux largement sableux et perméables. Les altitudes dans cette frange sont toujours faibles, souvent inférieures à 2m, voire à 1m, sur des superficies indéniables. Ceci explique l'extension des milieux du type sebkha, chotts ou même des schorres qui subissent,

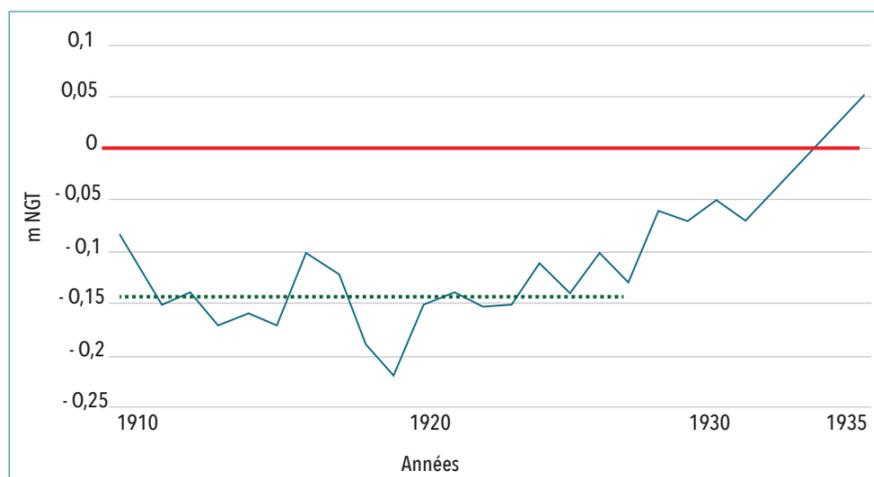
déjà de nos jours, les effets des eaux marines. Les schorres sont atteints par jour par les eaux marines, par l'intermédiaire des chenaux de marée, deux fois par jour. Les sebkhas et chotts se caractérisent par leur sol presque constamment gorgé d'eau et sont fréquemment inondés. Ceci se produit à la suite des pluies et à l'occasion des tempêtes marines mais aussi à cause de phénomènes de remontée de la nappe phréatique.

Le rivage est, malgré la faiblesse de la bathymétrie et de l'énergie des eaux marines, le lieu d'une érosion parfois sévère. Des illustrations très expressives existent dans les secteurs dont le rivage n'a pas encore fait l'objet de remblayage ou de travaux de protection. C'est le cas en particulier dans les environs de Sidi Mansour et entre ce dernier dans et la Cité El Habib.

Une telle situation s'explique, à l'image de ce qui se passe dans d'autres terrains, par des interventions humaines imprudentes. Mais elle est due aussi à des conditions naturelles particulières à la région dont notamment la remarquable faiblesse de la topographie, la prépondérance d'une lithologie tendre et le caractère subsident du sol. Ce dernier facteur accentue les effets de la remontée marine en cours. Il est considéré comme à l'origine du rythme, plus rapide qu'ailleurs, avec lequel se fait la variation marine récente. En effet, l'analyse des enregistrements marégraphiques

-  Trait de côte
-  -10- Isobathe
-  Estran
-  Schorre
-  Sebkha
-  Zone résidentielle
-  Espace touristique

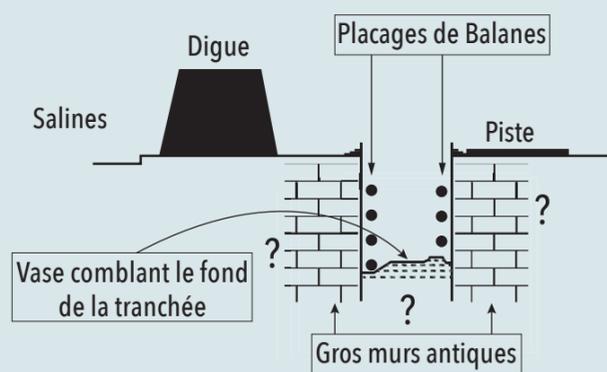




Variations du niveau de la mer à Sfax entre 1910 et 1935 (Vignal, 1939).

du port de Sfax confirme, non seulement la continuité de la montée de la mer au cours du XX^e siècle, mais donne des valeurs supérieures à la moyenne mondiale. L'interférence de tels facteurs favorise une intrusion des eaux marines et une migration verticale du toit de la nappe phréatique plus rapides que dans d'autres terrains entraînant une progression de la salinisation des terres et une extension des terres humides.

Les effets d'une nappe phréatique, salinisée et devenue très proche de la surface, se devinent de l'état des constructions modernes. Les murs des plus anciennes de ces constructions portent un peu partout différentes formes d'altération et ont parfois perdu leurs enduits pour que l'altération s'attaque directement à la pierre dont ils sont faits. Dans le cas de constructions en brique, la dégradation est encore bien plus manifeste. Mais les témoins d'une telle évolution sont les plus expressifs dans les constructions les plus anciennes, là où le processus a disposé d'un temps suffisamment long. Les vestiges archéologiques offrent à cet égard des illustrations particulièrement significatives et apportent, en même temps, la preuve d'une variation positive du niveau marin qui ajoute ses effets à la subsidence. En témoigne l'état dans lequel se trouvent des ruines remontant à différentes époques, notamment à l'Antiquité classique. Et qui sont, selon les cas, soumis à une érosion marine, submergés ou couverts par un de sol salé (voir encadré).



Coupe à travers la tranchee de Thyna (avant l'extension récente des salines) (Oueslati A. ; 2004).

Les indices directs d'une variation positive du niveau marin, sur le littoral de la ville de Sfax, sont nombreux. Dans les environs de Sidi Mansour, les vagues s'attaquent à la partie externe des ruines d'un site romain dont une partie se voit déjà sur l'estran ou dans le domaine intertidal devant une microfalaise qui recule par mer agitée. Plus au sud, à Henchir Chougaf, l'estran est jonché par une grève faite surtout de cailloux et de fragments de céramiques issus des ruines locales. Cette grève couvre en effet des murs arasés sur l'estran en avant d'une petite falaise taillée dans des structures archéologiques antiques en place.

Les indices les plus importants se trouvent toutefois à Thyna et à El Aouabed. Ici, les vagues s'attaquent, entre autres structures, à une importante nécropole antique. Des vestiges de sépultures sous-jarres étaient encore visibles, au début des années 1990, en avant du trait de côte. À Thyna,

le point le plus démonstratif est donné par une tranchee située au contact de la digue en terre qui sépare les salines du site archéologique et dont le creusement a permis de mettre au jour de gros murs antiques. Jusqu'à la fin des années 1980, avant les travaux d'extension des salines, cette tranchee était encore en communication directe avec la mer et régulièrement empruntée par la marée. Des placages de Balanes se sont formés sur ses berges, collés à l'enduit des murs. Aujourd'hui elle ne communique plus avec la mer. Les Balanes morts se voient encore sur une hauteur de soixante centimètres, au-dessus de son fond occupé par une formation vaseuse. Les murs continuant en profondeur, ces soixante centimètres donnent la valeur minimum de la variation positive du niveau marin enregistrée postérieurement à l'Antiquité (extrait depuis Oueslati A., 2004)

Les chiffres fournis par l'étude de la carte de la vulnérabilité ne peuvent pas laisser indifférent

Les rapports produits dans le cadre de l'étude de la carte de la vulnérabilité à l'élévation du niveau marin confirment le caractère très faible et sensible du littoral sfaxien. Les menaces pèsent, outre le patrimoine archéologique, déjà évoqué, sur différents aménagements et ressources. L'accent a été mis de façon particulière sur les espaces bâtis, les salines et la nappe phréatique. Une attention non moins importante doit être également accordée aux grands projets qui attendent la côte de la ville notamment après le départ de différentes activités devenues particulièrement nuisibles. Car le littoral de Sfax est en partie occupé par des activités industrielles souvent polluantes. Taparura est l'un de tels projets.

Les conséquences les directes apparaîtront dans les espaces encore à l'état naturel ou proche du naturel. C'est le cas dans ce qui reste des terres humides du type schorre, sebkhas et chotts d'une part et notamment dans les salines d'autre part. En l'absence de toute intervention humaine, ces milieux seront progressivement annexés à la mer par déplacement de la ligne de rivage et par submersion. Les embouchures des oueds pourraient évoluer vers des estuaires ce qui serait plutôt un apport intéressant à l'activité maritime, notamment la pêche.

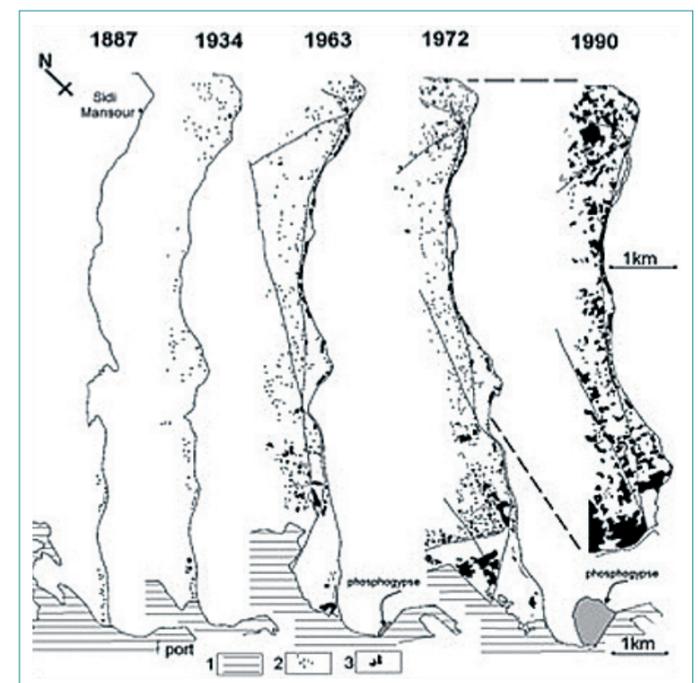
Les salines de Sfax s'étendent, au sud de la ville, sur plus de 15 km de linéaire côtier et sont le siège d'importants rassemblements d'oiseaux aquatiques pouvant atteindre près de 50 000 individus appartenant à une soixantaine d'espèces. La remontée du niveau de la mer aura un impact important sur ce milieu d'autant plus que les salines

sont accolées à la ville. On peut supposer par ailleurs qu'il y aura un relargage de chlorure de sodium portant au fur et à mesure de leur submersion préjudice à la qualité des eaux marines.

En tout cas, les salines ne seront plus exploitables si des mesures de protection contre la montée du niveau marin ne sont pas prises dans un avenir proche. Leur submersion progressive, si rien n'est fait, se traduira par une importante perte de revenus (extraction du sel) et de biodiversité. Ceci pourrait, cependant, être éventuellement compensé par l'installation de nouvelles tables de concentration (translation progressive vers l'amont des tables existantes) ou par la transformation naturelle en zones humides des terrains environnants aujourd'hui à sec.

Pour ce qui est des espaces urbains, environ 3 000 ha sont jugées vulnérables et menacées de submersion ou d'avancée des eaux suite à l'ENM en Tunisie dont plus de la moitié (1 793 ha) sont des zones urbaines résidentielles. Sfax participe à ce dernier chiffre par quelque 618 ha. Une telle situation est en réalité nouvelle, la ville qui jadis s'étendait surtout dans ces jens, tend à s'étaler sur les terres basses de front de mer. Le processus s'est accéléré au cours des toutes dernières décennies ainsi que le suggère l'analyse de documents photographiques et cartographiques de différentes dates. Si rien n'est fait, une élévation du niveau marin se traduira, à part les ports où des formes d'adaptation pourraient être envisagées au fil du temps, par une accentuation des problèmes évoqués plus haut, notamment l'érosion et la dégradation du bâti suite à une humidité croissante du sol.

Concernant la nappe phréatique, la situation est non moins préoccupante. La nappe phréatique de Sfax est l'une des



Un siècle d'évolution de l'espace bâti sur la côte nord de la ville de Sfax : une accélération surtout depuis les années 1970, très souvent sur des terres humides et parfois à risque d'inondation (croquis faits à partir de cartes marines et topographiques et de photos aériennes de différentes dates. Oueslati A., 2004).

1- Espace bâti continu de la ville.

2- Constructions isolées.

3- Groupement de constructions et espace bâti qui tend à devenir continu.

Pertes estimées des ressources en eau des nappes phréatiques littorales du golfe de Gabès

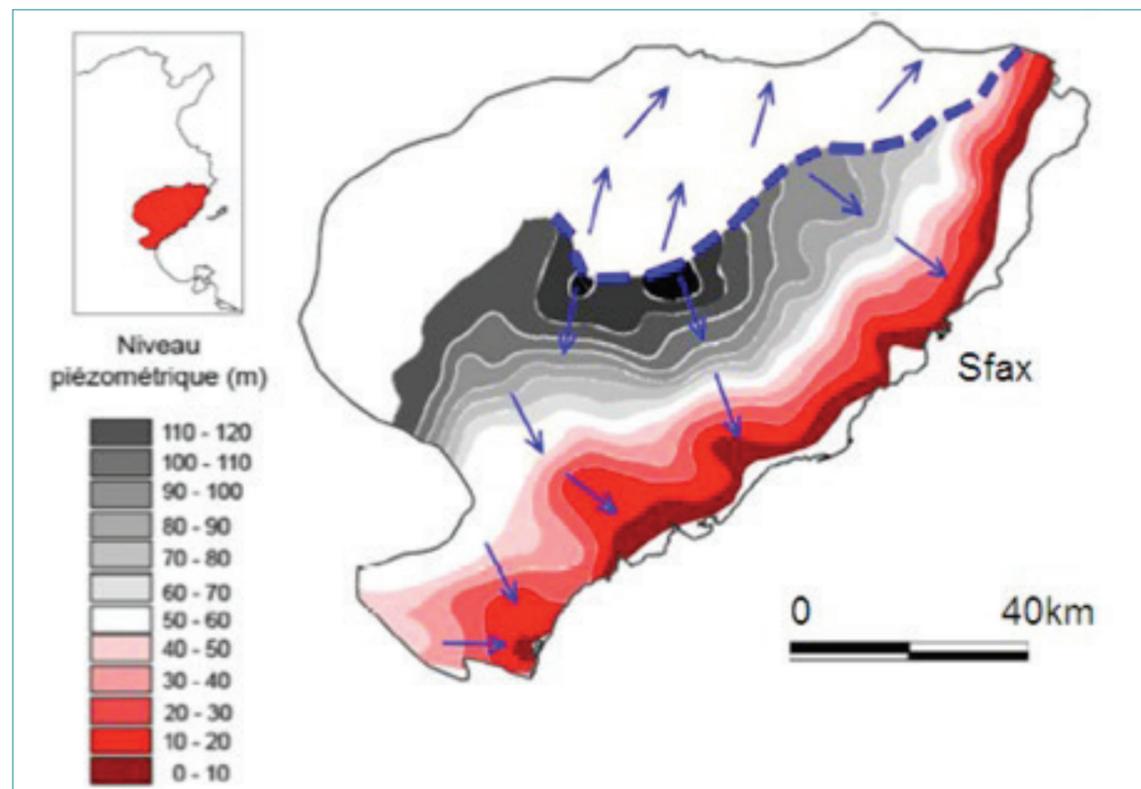
SFAX	
Ressources actuelles (Mm ³)	50,9
Salinité max. (g/l)	4,2
Salinité min. (g/l)	2,8
Taux d'exploitation (%)	103
Perte en ressources (Mm ³) avec un ENM +1m	48,4

GABÈS NORD	
Ressources actuelles (Mm ³)	3,71
Salinité max. (g/l)	8
Salinité min. (g/l)	3,5
Taux d'exploitation (%)	94
Perte en ressources (Mm ³) avec un ENM +1m	3,5

GABÈS SUD	
Ressources actuelles (Mm ³)	9,6
Salinité max. (g/l)	10
Salinité min. (g/l)	2,5
Taux d'exploitation (%)	83
Perte en ressources (Mm ³) avec un ENM +1m	9,1

trois nappes littorales du pays (GabèsNord, Gabès Sud et Sfax) les plus vulnérables. Car, ce sont des nappes fortement exploitées et qui affichent déjà au niveau de certains secteurs des intrusions des eaux marines. La faiblesse vient aussi des caractéristiques du niveau piézométrique. A L'approche du

rivage, il n'est, parfois sur une bande de terre de largeur plurikilométrique, qu'à quelques décimètres de profondeur. Il est normal que dans de telles conditions, auxquelles il faut ajouter les données de la lithologie et le caractère subsident du sol, que les effets d'une élévation du niveau marin soient



Niveau piézométrique dans la région de Sfax.

Vue d'ensemble sur le cours aval de Oued Sakiet Ezzit et les terrains bas qui le bordent. Avec une élévation du niveau marin, la situation évoluera vers un estuaire plus propice à l'activité maritime (2012).



particulièrement ressentis. L'étude de la carte de la vulnérabilité rapporte qu'avec une ENM d'un mètre, les nappes précitées perdront 90 à 95 % de leurs ressources, soit autour de 61 Mm³ d'eau dont 48,4 Mm³ pour la seule nappe de Sfax.

Le projet de Taparura s'étend sur le front de mer compris entre l'ancien dépôt de phosphogypse et le cours inférieur de Oued Sakiet Ezzit. Il correspond sera réalisé sur un terrain en partie gagné sur la mer. Ce gain, précédé par le décapage des matériaux terrestres et marins pollués, a nécessité un travail de remblaiement utilisant des matériaux issus du milieu marin et d'autres d'origine continentale.

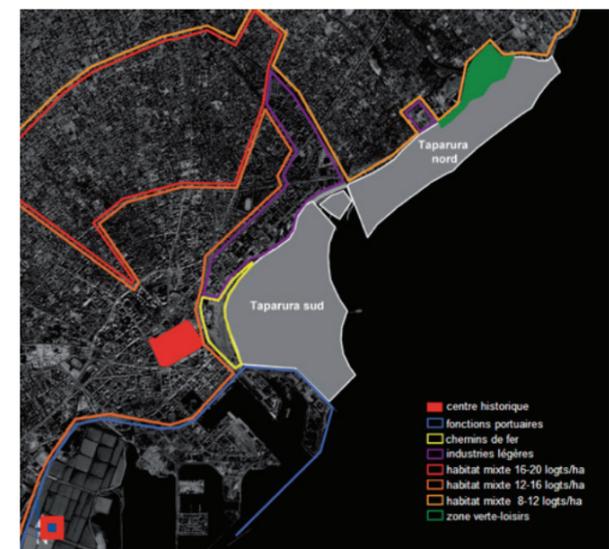
Ce terrain se présente aujourd'hui sous la forme d'un terre-plein à topographie régulière. Mais à part la colline aménagée sur les accumulations de phosphogypse, il est plutôt bas. Les documents relatifs à la tranche qui s'étend entre le canal PK4 et Oued Ezzit par exemple, distinguent deux parties. La première donne directement sur la mer et correspond à une bande de terrain de 80 m de largeur à remblayer à la cote +1,80 m NGT après tassement et qui sera appelée à constituer la future plage. La deuxième se situe en arrière de

la première jusqu'à l'ancien rivage, situé en gros au niveau des constructions actuelles, et est à remblayer à la cote +1,50 m NGT après tassement (SEACNVS, 2011).

Sur le terrain, et malgré les valeurs altimétriques données, tout pousse à penser que le terrain aménagé doit être considéré dans les espaces à risque avec l'élévation du niveau marin annoncée. Des précautions s'imposent. Un tel avis est en particulier motivé par des observations sur le canal à ciel ouvert aménagé, à travers le terre-plein, pour le drainage des eaux pluviales mais qui est ouvert à l'influence de la mer. Par marée haute, ce canal est envahi par les eaux marines à un niveau inférieur à la surface topographique de quelques décimètres seulement. D'un autre côté, les eaux marines devenues plus profondes suite aux opérations de dragage, favoriseront une accentuation de l'érosion dont on voit déjà l'effet dans les matériaux tendres utilisés dans l'opération de remblayage. Les vagues sont plus énergiques et le seront davantage avec l'élévation du niveau marin. Ce sont là autant d'éléments, à ajouter à ceux évoqués plus haut et intéressant l'ensemble de la région, qui doivent être considérés avant et dans dans tout travail

d'aménagements à entreprendre dans le cadre du projet Taparura qui vise la « réconciliation ». Celle-ci suppose, entre autres conditions, l'adaptation.

Le terrain qui accueillera le projet Taparura et son cadre (Sfax, zone Taparura ; Plan Directeur ; Taparura sud, Taparura nord ; 2009).



Le canal aménagé à travers le terre-plein par marée haute ; le niveau de l'eau est celui de la mer. La surface du terre-plein est à moins d'un mètre au dessus d'un tel niveau (2012).



Vue d'ensemble du terrain aménagé pour recevoir le projet Taparura, depuis la colline artificielle, au premier plan (2011).





LE FOND DU GOLFE DE GABÈS

La topographie qui encadre la côte qui s'étend au sud de la ville de Gabès est souvent faible et monotone, au premier abord, une grande monotonie. Toutefois, des transects, orientés perpendiculairement au rivage, permettent souvent d'identifier, de la mer vers l'intérieur, une succession de trois domaines assez bien individualisés : un domaine de plaines, un domaine de bas plateaux et enfin des reliefs du type collines et petits jbel. Mais seuls les deux premiers domaines peuvent apparaître dans la frange, large de 5 km, traitée dans l'étude sur laquelle repose la réalisation de cet atlas.

Le domaine des bas plateaux a des altitudes généralement comprises entre 20 et 60m et se trouve donc loin des conséquences de l'élévation du niveau marin annoncée. Les plaines peuvent par contre être concernées ; surtout dans leur frange externe où elles sont en grande partie faites d'alluvions meubles et perméables. Elles sont également toujours très basses avec des altitudes souvent inférieures à 1m et ont partout des pentes très faibles.

Quant à la morphologie du rivage proprement dit, elle est peu variée. Quelques segments rocheux existent ici et là, mais ils restent très localisés, Deux types de formes dominent ; il s'agit des marais maritimes et des plages sans dunes ou à dune bordière peu développée.

En fait, comparée aux autres sites sélectionnés et présentés dans les chapitres précédents, c'est aux embouchures des

oueds que cette partie du littoral tunisien doit le plus sa spécificité. Le réseau hydrographique est constitué d'organismes de taille modeste mais relativement nombreux et se distinguent par le fait que leur cours aval est parfois influencé par les eaux marines. Ceci est à l'origine de milieux apparentés aux estuaires. Il arrive même que ces organismes soient prolongés dans la mer par des chenaux sous-marins connus, par les pêcheurs, sous l'appellation d'Oueds.

Aussi, les conséquences d'une élévation du niveau marin doivent-elles apparaître à travers des phénomènes d'érosion du rivage et de submersions des terres basses mais aussi à travers des modifications dans la morphologie et le contenu des embouchures des oueds.

La côte n'étant pas particulièrement aménagée, on ne dispose pas, comme pour d'autres parties du littoral tunisien, d'indicateurs directs de la tendance dominante de l'évolution de la position du rivage. On pense toutefois, que les problèmes de l'érosion toucheront différents segments du littoral rien qu'à cause de leur caractère très bas et de la nature de leur matériel le plus souvent tendre.

Les cartes, données dans cette présentation, révèlent cependant bien l'importance des espaces qui seront concernés par les phénomènes de submersion ou qui seront influencés, plus que de nos jours, par les eaux marines. Ceci concerne de façon particulière les terres humides dont

plusieurs, notamment les schorres et les parties externes des sebkhas et chotts, sont, déjà avec le niveau marin actuel, fréquemment envahies par les eaux marines.

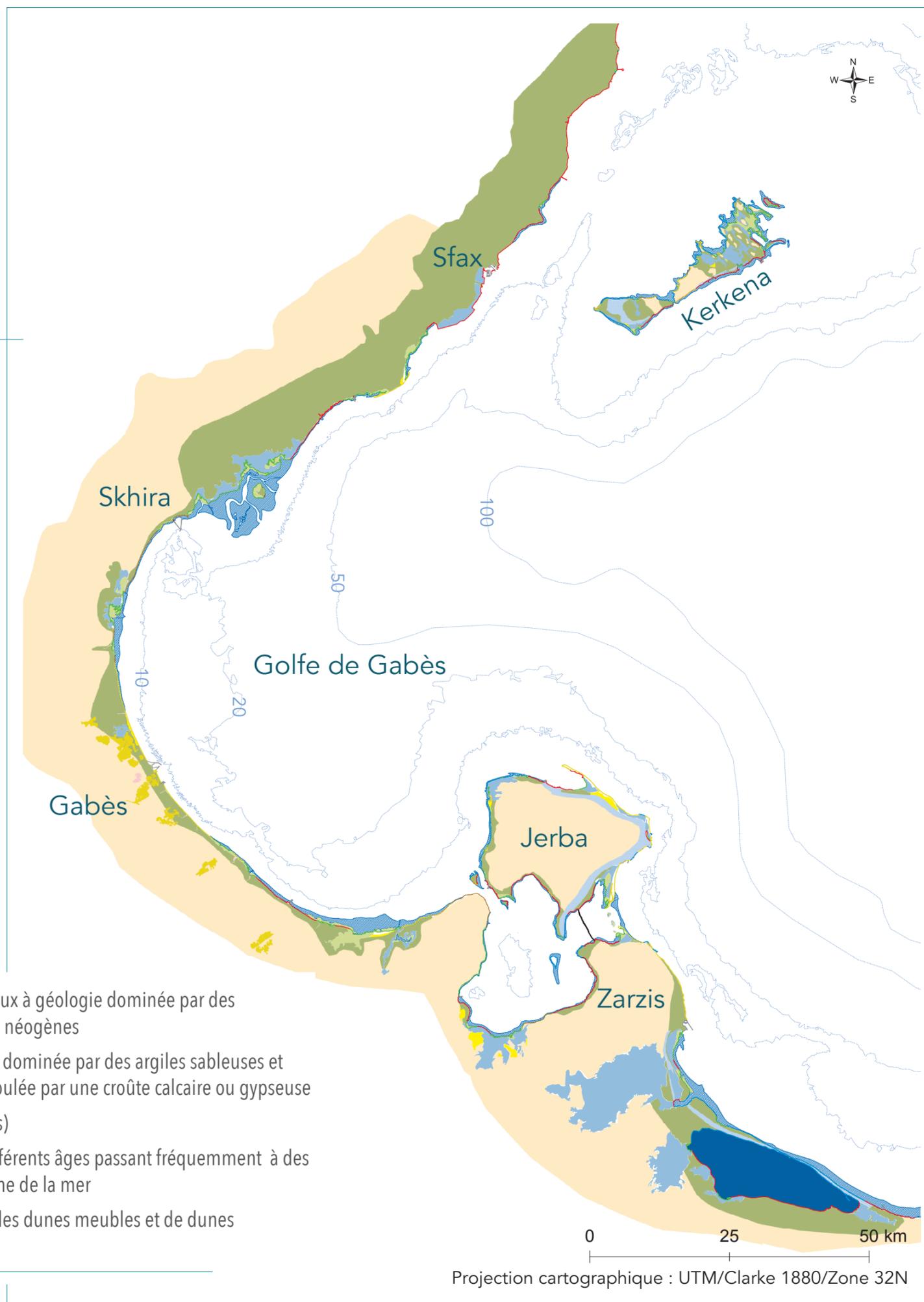
Au niveau des embouchures des oueds on assisterait, la région étant caractérisée par une marée importante, à une confirmation progressive de l'environnement estuarien. Les mesures et calculs effectués, toujours sur la base de l'altitude de 1m, montrent en effet qu'un peu partout les espaces intéressés, au niveau de ces embouchures, par l'action directe des eaux marines augmenteront. Ceci sera d'autant plus marqué que les embouchures sont larges et que les terrains qui les bordent sont bas.

L'avancée des eaux marines dans les oueds se traduira par un gain de terrain au profit de la mer. Elle s'accompagnera d'une intrusion des eaux marines dans les terres littorales. Ceci engendrera des phénomènes de salinisation et une extension des zones humides en direction de l'intérieur des terres dans le cadre d'une translation des différents composants du système côtier. Mais on pense aussi qu'il n'y aurait pas que des conséquences négatives. La confirmation des estuaires et leur extension pourrait avoir des effets bénéfiques pour la biodiversité ainsi que pour la pêche. Elle permettra des abris naturels plus nombreux et plus sûrs pour les pêcheurs. De plus, elle s'accompagnera d'une extension du domaine intertidal. Celui-ci est déjà le lieu d'une pêche à pied importante dans la région

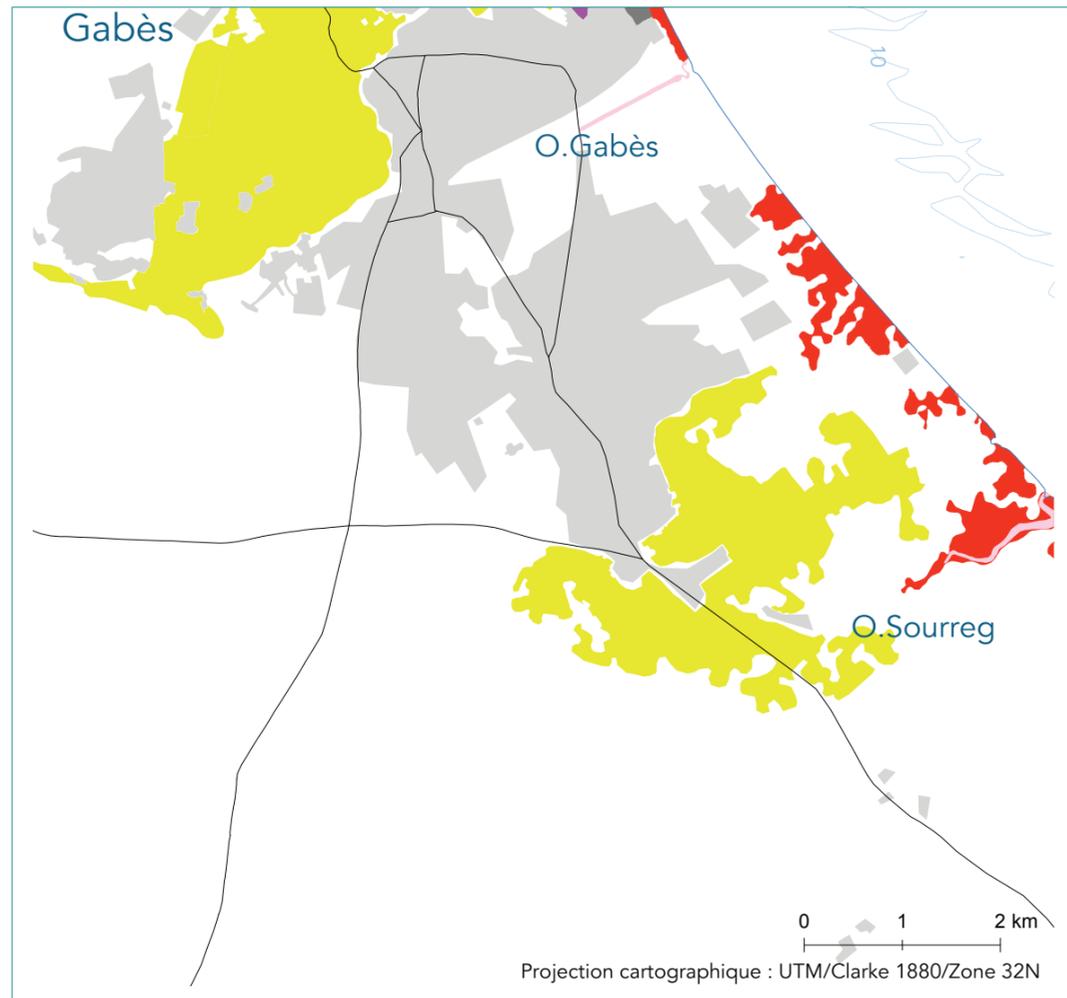
Carte géomorphologique

-  Trait de côte
-  -10- Isobathe
-  Estran
-  Schorre
-  Sebkha
-  Lagune
-  Embouchure et estuaire
-  Oasis
-  Falaise de hauteur moyenne
-  Petite falaise
-  Côte rocheuse basse
-  Plage
-  Côte à marais maritime
-  Autre côte basse meuble
-  Trait de côte artificiel

-  Morphologie de collines et de bas plateaux à géologie dominée par des formations argileuses et sablo-gréseuses néogènes
-  Morphologie de bas plateaux à géologie dominée par des argiles sableuses et gypseuses tertiaires ; surface souvent moulée par une croûte calcaire ou gypseuse
-  Cordon littoral grésifié (grès quaternaires)
-  Couverture quaternaire : alluvions de différents âges passant fréquemment à des terres humides sur la frange la plus proche de la mer
-  Champ dunaire (souvent superposition des dunes meubles et de dunes consolidées)



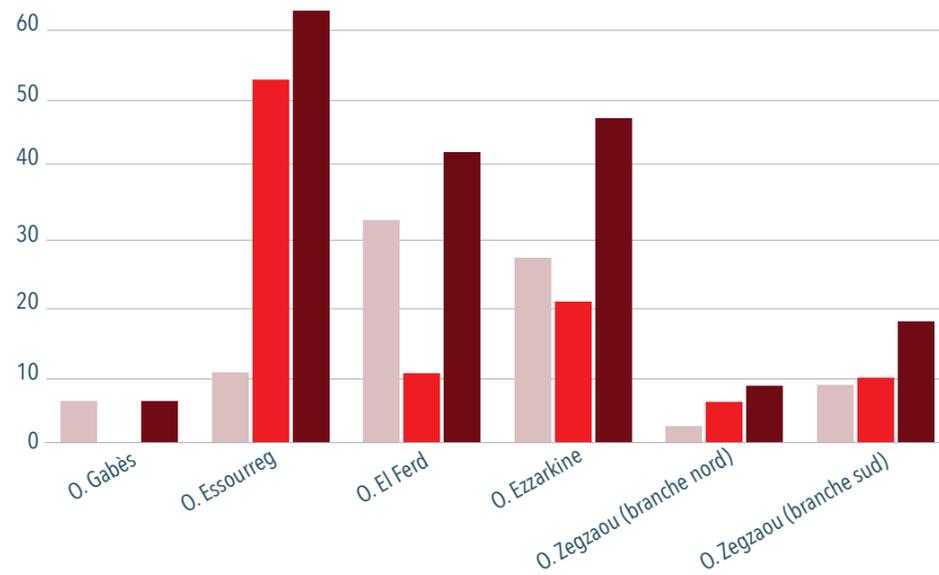
Les environs des estuaires de la côte au sud de Gabès :



LÉGENDE COMMUNE DES CARTES DES PAGES 62, 63 ET 64

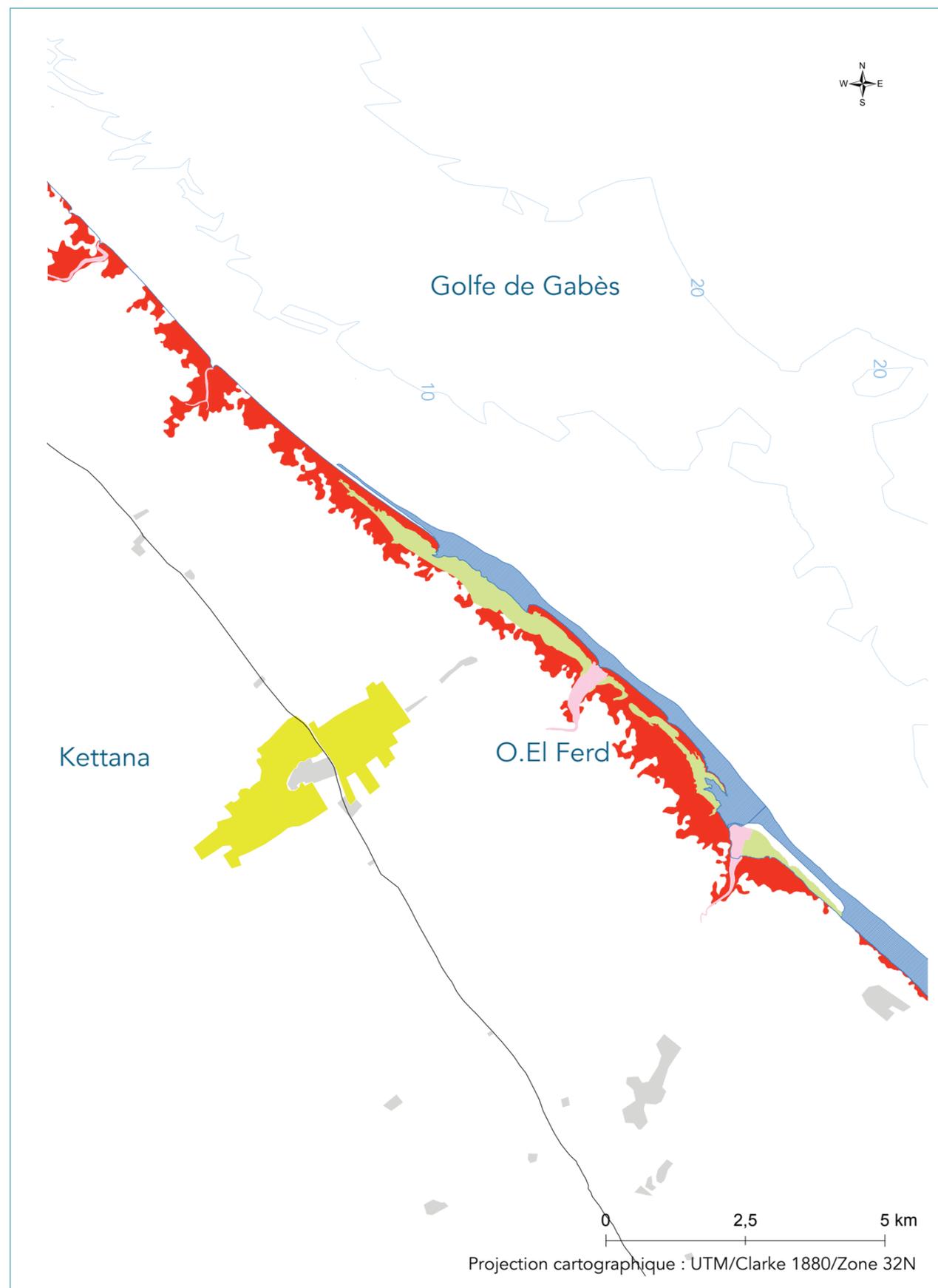
- 10- Isobathe
 - Estran
 - Schorre
 - Sebkha
 - Embouchure et estuaire
 - Oasis
 - Autres terres à altitudes <1 m et à risque de submersion et/ou d'érosion
 - Zone résidentielle
 - Espace touristique
 - Route
- Espaces submersibles ou à risque d'annexion à la mer

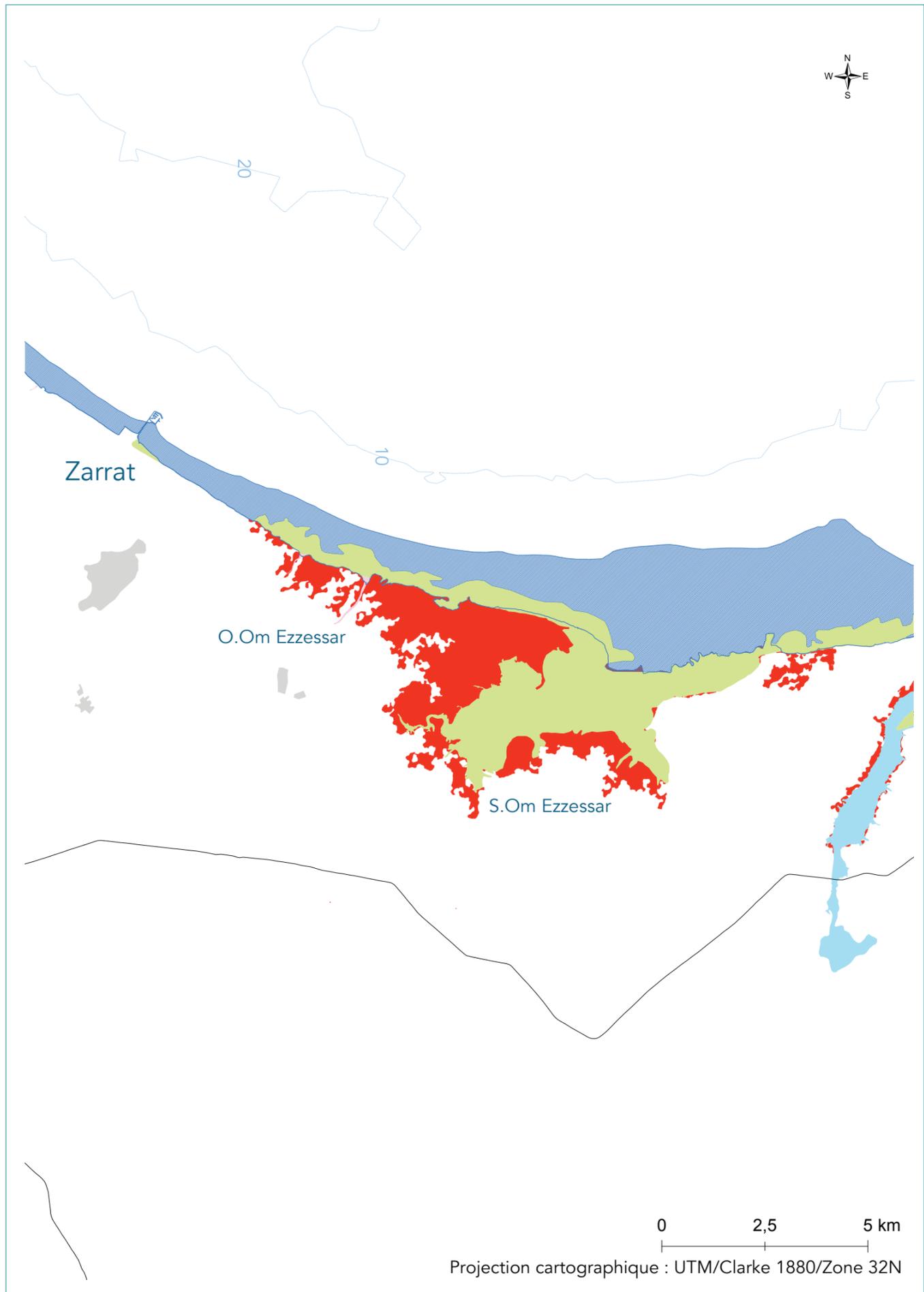
- 270 Surface après élévation du niveau marin (ha)
- 152 Surface potentiellement submersible (ha)
- 118 Surface (ha)



Évolution des embouchures des oueds au sud de Gabès.

les espaces submersibles et à risque avec une élévation du niveau marin





BIBLIOGRAPHIE UTILISÉE

APAL-PNUD, 2012. *Étude de la carte de la vulnérabilité du littoral tunisien due aux changements climatiques*. Rapport final Phase I ; 402 p.

APAL-PNUD, 2012. *Étude de la carte de la vulnérabilité du littoral tunisien due aux changements climatiques*. Rapport final Phase II ; 189 p.

Dictionnaire Encyclopedia Universalis.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2008. *Bilan 2007 des changements climatiques*. Rapport de synthèse ; 103 p.

Jauzein A., 1971. *Évolution récente du delta de la Medjerda ; les agents de la morphogenèse*. Travaux du Laboratoire de géologie de l'École normale supérieure ; 5 ; p. 128-151.

Joly F., 1997. *Glossaire de géomorphologie ; base de données sémiologiques pour la cartographie*. Coll. A. Colin ; 325 p.

Oueslati A., 1995. *Les îles de la Tunisie*. Publ. CERES ; 368 p.

Oueslati A., 2004. *Littoral et aménagement en Tunisie*. ORBIS ; 534 p.

Oueslati A., Ouadii El Aroui O. et Sahtout N., 2015. *Sur la grande vulnérabilité du lido du complexe lagunaire de Ghar El Melh et de ses terres humides (Tunisie septentrionale) : érosion, risque de maritimisation et menaces sur le terroir original Ramli*. Rev. Médit.

Paskoff R., 1993. *Côtes en danger*. Coll. Masson ; 247 p.

Slim H., Troussset P., Oueslati A. et Paskoff R., 2004. *Le Littoral de la Tunisie : étude géo-archéologique et historique*. Éd. CNRS, France ; 308 p.

LEXIQUE

CHOTT : terrain plat et salé occupé par une végétation halophile ; il se situe souvent sur les bordures des sebkhas.

CORDON LITTORAL : bourrelet (dos) limitant du côté interne la ligne de rivage et formé de dépôts de plage et d'autres liés au vent.

CÔTE : les rivages sont les lignes le long desquelles s'effectue le contact entre les masses solide, liquide et gazeuse du globe terrestre. On emploie le terme de côte plus particulièrement pour les rivages des mers et des océans.

DELTA : construction sédimentaire formée au débouché d'un cours d'eau dans des étendues d'eau permanentes.

DÉRIVE LITTORALE : courant engendré par les vagues obliques au rivage, transportant des sédiments parallèlement à la côte.

DUNE BORDIÈRE : dune installée parallèlement au rivage sur l'arrière-côte, à la limite de l'estran.

ÉCUEILS : têtes de roche émergées ou à fleur d'eau.

EMBOUCHURE : lieu dans la mer ou dans un lac où un cours d'eau déverse ses eaux et sa charge solide.

ÉOLIANITE : dune consolidée.

ESTRAN : espace côtier alternativement couvert et découvert par la mer, en liaison avec le balancement de la marée. Il est aussi défini comme l'espace compris entre le trait de côte et la ligne de plus basse mer ; dans ce cas, il est également dit espace intertidal. Dans les mers sans marée importante, il correspond à l'espace balayé par les eaux après le déferlement des vagues.

ESTUAIRE : profonde indentation du rivage correspondant à l'embouchure d'un cours d'eau, soumise à la marée et balayée par les courants. Les estuaires représentent la forme la plus classique de transition entre le domaine continental et le domaine marin.

FALAISE : escarpement topographique en pente forte directement dû à l'action érosive de la mer. Il n'existe de falaises que là où les reliefs subaériens viennent jusqu'au bord de la mer, et à la double condition que les eaux soient assez agitées pour exercer une abrasion et que la roche soit de nature à évoluer plus vite sous l'influence du sapement marin et de l'écroulement par gravité, qui en est la conséquence, que sous l'action de la morphogenèse subaérienne.

FLÈCHE LITTORALE : langue de sable ou de galets, ancrée à la terre ferme à une extrémité et se terminant par une pointe libre en mer, à l'autre.

GANIVELLES : palissades constituées par des lattes de châtaignier liées par du fil de fer galvanisé et servant de fascines pour les sables transportés par le vent.

GRAU : passe faisant communiquer une lagune avec la mer.

HALOPHYTES : espèces végétales adaptées aux sols salés.

HERBIER : colonisation de l'étage infralittoral par une prairie de graminées ou d'algues marines qui piège les sédiments transportés par les courants.

ÎLE : terre émergée isolée dans la mer, entourée d'eau de tous les côtés. Les îles de petite dimension sont des îlots.

ISOBATHE : ligne reliant sur une carte les points d'égale profondeur.

LAGUNE : plan d'eau (marine ou saumâtre) peu profond, allongé parallèlement au tracé du littoral et isolé de la mer par un cordon meuble de sable ou de galets.

LIDO : plage ou cordon littoral s'interposant entre la mer et une lagune.

MARAI MARITIME : domaine côtier composé de sédiments fins marins et/ou fluviomarins, inondable par la marée.

MARNAGE : amplitude verticale de la marée en un lieu donné.

NEBKA : petite accumulation liée au vent, de forme allongée (nebka à flèche de sable) ou en monticule (nebka buissonnante).

PLAGE : accumulation, par les vagues, sur un rivage, de matériaux dont les constituants ont une granulométrie allant des sables aux blocs. Le terme de grève est réservé aux plages grossières (plages de galets).

SEBKHA : terrain plat et salé sans végétation, inondé en hiver, asséché en été dans les régions à tendance aride.

SCHORRE : partie végétalisée d'un marais maritime que l'eau

marine atteint par marée haute par l'intermédiaire de chenaux de marée.

SLIKKE : partie inférieure d'un marais maritime, nue et alternativement émergée (pendant la basse marée) et immergée (pendant la haute marée).

TOMBOLO : accumulation par les vagues reliant le rivage à un obstacle (naturel ou artificiel) qui le devance. Un tombolo peut être simple, double ou même triple.

TRAIT DE CÔTE : ligne qui marque le contact entre la mer et la terre.

VULNÉRABILITÉ : elle exprime, au sens le plus large, le niveau de conséquences prévisibles d'un phénomène naturel sur un ou des enjeux. C'est une notion qualitative et quantitative qui mesure le caractère supportable ou non de l'exposition au risque.