Equipe d'experts

Magdy Gaafar : Docteur, Ingénieur spécialiste en SIG : Chef de projet

Ameur Oueslati : Géomorphologue

Fawzi Ibrahim : Géomorphologue

Nadia Trigui : Spécialiste en SIG

Mehdi Louati : Ingénieur informaticien

Raya Bel Haj Salah : Urbaniste Géomaticienne

Houcine Ben Maati : Géomaticien-Cartographie numérique

Mohamed Ben Rhouma : Géomaticien- Cartographie numérique

Table de Matières

Première partie : Cadre et objet de l'étude et méthodologie 1

I. Contexte et objectifs 1

1. Contexte 1

2. Objectifs et démarche 2

2.1. Base de données géographiques 4

2.2. Délimitation de la zone d'étude 4

2.3. Le produit présenté 6

II. De l'objet et de l'utilité des cartes géomorphologiques et morphodynamiques 9

III. Méthodologie géomorphologique suivie 11

Deuxième partie : Le cadre naturel du littoral tunisien 12

I. Les caractéristiques topographiques et morphostructurales et les grands traits du paysage morphologique 13

1. La façade septentrionale 13

2. La façade orientale 16

II. Les héritages du Quaternaire 18

III. Le cadre climatique et hydrologique 19

Troisième partie : les types de rivages 21

I. Les falaises 21

III. Les plages 23

IV. Les accumulations éoliennes : lunettes et dunes de sable 24

V. Les zones humides et les types de rivages qui leurs sont associés 26

Quatrième partie : les facteurs de la dynamique géomorphologique et les risques associés 28

I. Les espaces les plus fortement anthropisés de la Tunisie 28

II. Différents aléas et risques autres que l'érosion marine 30

1. Une érosion hydrique sur de grandes étendues 30

2. Des éboulements et des mouvements de masse variés et parfois menaçants 31

3. Une activité éolienne perçue surtout à travers les phénomènes d'ensablement 32

4. Des inondations par les eaux pluviales 32

III. L'érosion marine : la question qui a le plus retenu l'attention 34

Cinquième partie : Sur la variété géomorphologique des espaces insulaires tunisiens 37

I. Les îles de la façade nord du pays 37

II. Les îles de la façade orientale du pays 39

Sixième partie : Face au changement climatique (CC): protection, adaptation ou résilience ? 45

I. L'élévation du niveau marin, l'une de ses conséquences du CC 45

II. Erosion marine et submersion : les deux conséquences majeures attendues et pouvant avoir un impact géomorphologique 45

III. Parmi les terrains particulièrement sensibles et pouvant connaître des modifications importantes au niveau de leur morphologie 50

VI. De la protection à l'adaptation et la résilience 54

Liste des figures

Figure 1: Carte de l'extension de la zone d'étude 5
Figure 2: Carte de localisation des zones cartographiées au 1/50 000 et 1/25 000 8
Figure 3: Le système de légende de la carte géomorphologique française, dit « système de la RCP77 » 11
Figure 4: Longueur des côtes selon les types de milieux 12
Figure 5: L'influence de la structure géologique (ici, la répartition des bancs de grès et d'argiles numidiens dans les Mogods) sur la morphologie d'ensemble des reliefs qui encadrent le littoral 14
Figure 6: Vue depuis la mer : la côte des environs de Bizerte, un paysage géomorphologique bien plus aéré que celui des la Kroumirie et des Mogods 14
Figure 7: Une aération relative de la topographie avec quelques plaines alluviales comme c'est le cas autour du système lacustre de Bizerte 14
Figure 8: - L'influence de la structure sur le tracé de la côte à l'extrémité de la péninsule du Cap Bon 14
Figure 9: Transect sur une photo-aérienne (mission 1985) depuis la mer jusqu'aux premiers reliefs côtiers montrant la zonation qui caractérise le littoral du fond du golfe de Hammamet (à la hauteur de Sabkhet Sidi Khlifa) 16
Figure 10: Paysage géomorphologique dominant autour du littoral du golfe de Gabès : plaine du côté de la mer, bas plateaux vallonnés vers l'intérieur ; vue dans les environs de Kettana-Zerkine 17
Figure 11: champ de nebkas buissonnantes au voisinage de l'embouchure d'Oued Zerkine 17
Figure 12: Coupe synthétique des formations continentales des alentours du golfe de Gabès 18
Figure 13: Coupe synthétique et interprétative du Quaternaire récent de la côte de Tunisie 19
Figure 14: Coupe synthétique des formes et dépôts de la bordure septentrionale du golfe de Hammamet et de la côte orientale de la péninsule du Cap Bon. 19
Figure 15: Les fréquences moyennes annuelles des vents au sol (I.N.M) 20
Figure 16: Longueur des différents types de rivages naturels 21
Figure 17 à 20: Différents types de falaises : les trois premières (sur la façade nord du pays) montrent le poids des données structurales sur l'aspect général et le modelé des falaises hautes à moyennes évoluant dans des matériaux résistants ou hétérogènes. 22
Figure 21: Petite falaise et côte basse rocheuse (flèche). L'ensemble est bordé par un relief bas : exemple dans le secteur de Lalla Mariem à Zarzis. Le matériel rocheux correspond à un grès marin éolien holocène 23
Figure 22: L'une des plages les plus étendues de la Tunisie ; au débouché de Oued El Berka 24
Figure 23: Dunes de sable sur les berges de Sabkhet El Miider (golfe de Bou Ghrara) 25
Figure 24: Les principaux champs dunaires du littoral tunisien 27
Figure 25: Les différents types de rivages du littoral tunisien 27
Figure 26: Le cours inférieur de Oued El Ferd, par marée haute ; l'une des embouchures fonctionnant comme estuaire 28
Figure 27: La population tunisienne en 2014 : densités et évolution par rapport à 2004 29
Figure 28: Exemple de ravinements dans les formations argileuses des environs de Skhira 32
Figure 29: Exemple de travaux de lutte contre l'érosion hydrique à Hammamet 32
Figure 30: Eboulis à Jbel Beni Oulid (Cap Bon) 33
Figure 31: Glissement endommageant la route côtière entre Korbous et Ain Oktor 33
Figure 32: Cordon dunaire en cours de démantèlement à Zouara 33
Figure 33: Oued El Far à Hammamet 33

Figure 34: l'état des plages en Tunisie 34
Figure 35: L'érosion des falaises est phénomène normal 35
Figure 36: Des plages devenues étroites, déjà au cours de la première moitié du vingtième siècle, comme le montre cette carte postale représentant la côte de Dermech-Salammbo rapportée aux années 1930. 36
Figure 37: Exemple d'érosion avancée d'une plage et menace sur les constructions de front de mer (côte de Bizerte) 36
Figure 38: Exemple de dérèglement du transit littoral par l'un des nombreux épis de la côte touristique de Jerba 36
Figure 39: Localisation des espaces insulaires de la façade nord de la Tunisie 37
Figure 40: Coupe synthétique des dépôts quaternaires de l'archipel 38
Figure 41: Caractère escarpé des versants et paquet d'éboulis à la Fauchelle 38
Figure 42: L'influence des données structurales sur la morphologie et le tracé du rivage et sur la morphologie et la dynamique des versants qui le dominent (côte sud-ouest de Zembra) 39
Figure 43: Localisation des îles de la côte orientale de la Tunisie 40
Figure 44: Caractéristiques géomorphologiques des rivages de l'archipel kerkenien 42
Figure 45: Exemple de l'importance du paysage de terres humides dans l'archipel des Kerkena (photo dans la partie nord-occidentale de l'île de Chergui) 42
Figure 46: Malgré leur rareté dans les Kerkena, les falaises sont importantes par leur place dans le paysage et par leur dynamique ; ici, la falaise de Jorf au Nord de Ouled Ezzeddine et une fissuration de sa partie sommitale annonçant un éboulement 42
Figure 47: Les types de rivages à Jerba et les îlots voisins 44
Figure 48: Vestiges archéologiques en cours d'érosion dans la côte de Hergla ; l'un des nombreux exemples sur les côtes de la Tunisie 46
Figure 49: L'une des nombreuses carrières antiques submergées ; côte de Degla (Cap Bon) 46
Figure 50: Classification des côtes tunisiennes en fonction de leur niveau de vulnérabilité à une élévation du niveau marin (d'après les données de l'étude de 2012) 46
Figure 51: Carte de la vulnérabilité du rivage selon l'indice géomorphologique (au Nord du Sahel) (source : Apal-Pnud ; atlas, littoral de la Tunisie, vulnérabilité à l'élévation du niveau marin) 47
Figure 52: Carte de la vulnérabilité du rivage selon l'indice géomorphologique au Sud du Sahel 48
Figure 53: Dans les environs de Limaya, au Sud de Gabès 51
Figure 54: L'importance des terres potentiellement submersibles avec l'élévation du niveau de la mer annoncée: un changement de paysage remarquable si rien n'est fait 52
Figure 55: L'importance des espaces à risque de submersion avec une élévation du niveau main dans l'archipel des Kerkena. Carte élaborée dans le cadre de l'atlas sur la vulnérabilité à l'élévation du niveau marin 53
Figure 56: La migration vers l'intérieur des terres est l'une des formes d'adaptation naturelle d'une plage à une élévation du niveau marin 55
Figure 57: Adaptation et disparition de la plage 55
Figure 58: Le cours aval d'un oued dans les environs de Skhira 57
Figure 59: Les options envisageables dans le cas d'une conjoncture d'élévation du niveau marin ; le conseil des spécialistes préférant l'adaptation et la résilience est pour le retrait planifié et l'accommodation 58
Figure 60 et 61: Empiètement sur le D.P.M. et déplacement des bornes ; le cas de la côte de Hammam Echchatt pourtant très récemment aménagée 59

Première partie : Cadre et objet de l'étude et méthodologie

I. Contexte et objectifs

1. Contexte

Le présent document, constitue un des livrables de la phase 1 de l'étude « Elaboration des cartes morphologiques et morpho dynamiques du littoral Tunisien ». Il est structuré en 6 chapitres :

Première partie- Cadre et objet de l'étude et méthodologie
Deuxième partie- Le cadre naturel du littoral tunisien
Troisième partie- Les types de rivages
Quatrième partie- Les facteurs de la dynamique géomorphologique
Cinquième partie- Sur la variété géomorphologique des espaces insulaires tunisiens
Sixième partie- Face aux conséquences du Changement Climatique (CC) : protection, adaptation ou résilience ?

Il constitue avec le rapport de synthèse, le rapport de la collecte, analyse et intégration des données et la base de données géographique (format Geodatabase d'ESRI) les livrables de la phase 1 de l'étude.

Le présent rapport constitue le livrable de la première phase de l'étude, la collecte, l'analyse et l'intégration de données. Il comprend les parties suivantes :

- Diagnostic de l'existant
- Méthodologie de collecte d'analyse et de structuration de données
- Etude de l'existant du site web déjà établi au cours de la première tranche de l'étude.

L'exploitation des données de la Geodatabase « Géomorphologie » va permettre la combinaison et le croisement de données géographiques et tabulaires entre elles, ce qui offre la possibilité de produire, outre des cartes mentionnées dans les termes de référence, des documents de synthèse utiles pour l'aide à la décision. Le travail à réaliser rend possible de simuler divers scénarios pour tenter de mieux prévoir dans le temps, les actions à mener en fonction de tel ou tel aléa sur tout le littoral.

Les tâches de cette phase tel que définie dans le contrat sont les suivantes :

■ La production d'un document texte illustré et d'un rapport de synthèse actualisés:

Cette mission permettra à l'APAL de faire examiner, améliorer et actualiser le rapport texte de l'étude de la première tranche en fonction des nouvelles études réalisées depuis 2008 (carte de vulnérabilité, ect…).

Des améliorations et des ajouts doivent lui être apportés.

Le nouveau document devra compléter celui existant (tant au niveau du texte que des graphiques, cartes, images, etc.…) en considérant les nouvelles cartes à produire.

Il est aussi demandé au bureau d'études la production d'un document de synthèse.

■ Collecte, analyse et intégration des données :

Elle comporte :

- La collecte, l'analyse et l'intégration des données morphologiques et morpho-dynamiques à une grande échelle issue des différentes sources qui sont: la bibliographie, les études, l'interprétation des images satellitales, et des photographies aériennes, des couches thématiques vectorielles, les relevés de terrain effectués par G.P.S. et de l'enquête directe sur le terrain, etc.…et ceci concernant la deuxième tranche (Annexe 4).

- L'alimentation de la base de données géographique à partir des données collectées, analysées et structurées.

2. Objectifs et démarche

Ce travail qui s'intéresse à l'étude géomorphologique du littoral tunisien se basera sur l'exposé et l'analyse critique de la documentation existante qui est sous forme de rapports divers (projets d'étude, scénarios d'aménagement...), de documents scientifiques (masters, thèses, livres,..) et cartographiques (cartes générales et cartes thématiques). Une place de choix est réservée à la production cartographique à partir de données de terrain et d'interprétation de photographies aériennes et d'images satellitaires. Le niveau de l'exploitation des différentes données et leur présentation aussi bien sous la forme de cartes que de figures et de texte se feront conformément à la démarche géomorphologique qui privilégie l'observation de l'état des différents modelés et des tendances de leur évolution. Par ailleurs, les autres données du milieu naturel (géologie, hydrologie, pédologie, biogéographie,…) et du milieu humain (types d'aménagement et de mise en valeur, actions de lutte anti-érosive,…) ne seront présentées que pour servir d'éléments d'explication pour

mieux comprendre le contenu géomorphologique du littoral et son comportement morpho dynamique.

Les données collectées auprès de l'APAL (rapports, couches de données géographiques, supports cartographiques, base de données géographiques, etc.) ont constitué une source principale pour la réalisation de la présente étude. D'autres données collectées auprès des organismes publics (ONM, DGEQV, DGACTA, DGAT, ….) ont contribué largement à l'enrichissement de la base de données géographique.

Les caractéristiques physiques, humaines et morpho dynamiques du littoral tunisien seront présentées sous forme de fiches descriptives. Les informations requises seront exploitées pour étudier, en particulier, le modelé géomorphologique, les rapports entres les types d'occupations humaines et la dynamique morphologique littorale. Tout ceci dans le but de bien identifier les formes et les dépôts littoraux et mieux comprendre les problèmes que peuvent poser les différents segments du littoral tunisien dans une perspective qui aiderait à une meilleure mise en valeur de ce terrain et permettrait des tentatives de rétablissement, rationnelles, de l'équilibre naturel.

Nous tenterons surtout de donner une classification des différentes formes morphologiques des côtes, en fonction du cadre naturel qui les loge et de leur modelé aussi varié soit-il. On présentera aussi les différentes formes en fonction de leur vulnérabilité actuelle aux différents types d'aléas naturels susceptibles de les concerner, en particulier celui de l'élévation actuelle du niveau marin et d'érosion.

Du point de vue géomorphologique on distinguera surtout les côtes rocheuses et accidentées d'une part et les côtes basses et meubles d'autre part. Ce découpage qui se base sur des données géomorphologiques, est en réalité étroitement lié aux caractéristiques topographiques, géologiques, hydrologiques, climatiques, et biogéographiques des différents lieux et de leur évolution aux pas de temps géomorphologique.

Cette base de données s'appuie sur :

La présentation et l'analyse de nombreuses recherches académiques et projets d'études antérieures, notamment l'inventaire des zones humides de Tunisie, les études sur les zones sensibles, sur la vulnérabilité et l'adaptation du littoral à une élévation récente du niveau de la mer, l'étude sur les champs de dunes littorales, etc.

L'exploitation de supports cartographiques (cartes topographiques, géologiques, pédologiques, phyto-sociologiques, … à différentes échelles, des plans de villes), de

photographies aériennes et d'images satellitaires à chaque fois qu'ils permettent d'apporter des renseignements utiles et précis.

L'exploitation des SIG existants et la valorisation de certaines de certaines couches d'information au niveau de la base de données de la géomorphologie littorale.

Toutes les données spatiales de l'étude sont structurées dans une base de données géographique exploitable sur un SIG. Le format de la base de données est celui 'Geodatabase' d'ESRI. Celle-ci est exploitable à travers le logiciel ArcGIS.

2.1. Base de données géographiques

Toutes les données spatiales de l'étude, ont été structurées sous forme d'une base de données géographique. Cette base de données sera exploitée à travers un site web cartographique en intranet.

2.2. Délimitation de la zone d'étude

La délimitation de la zone d'étude est représentée dans la figure suivante.

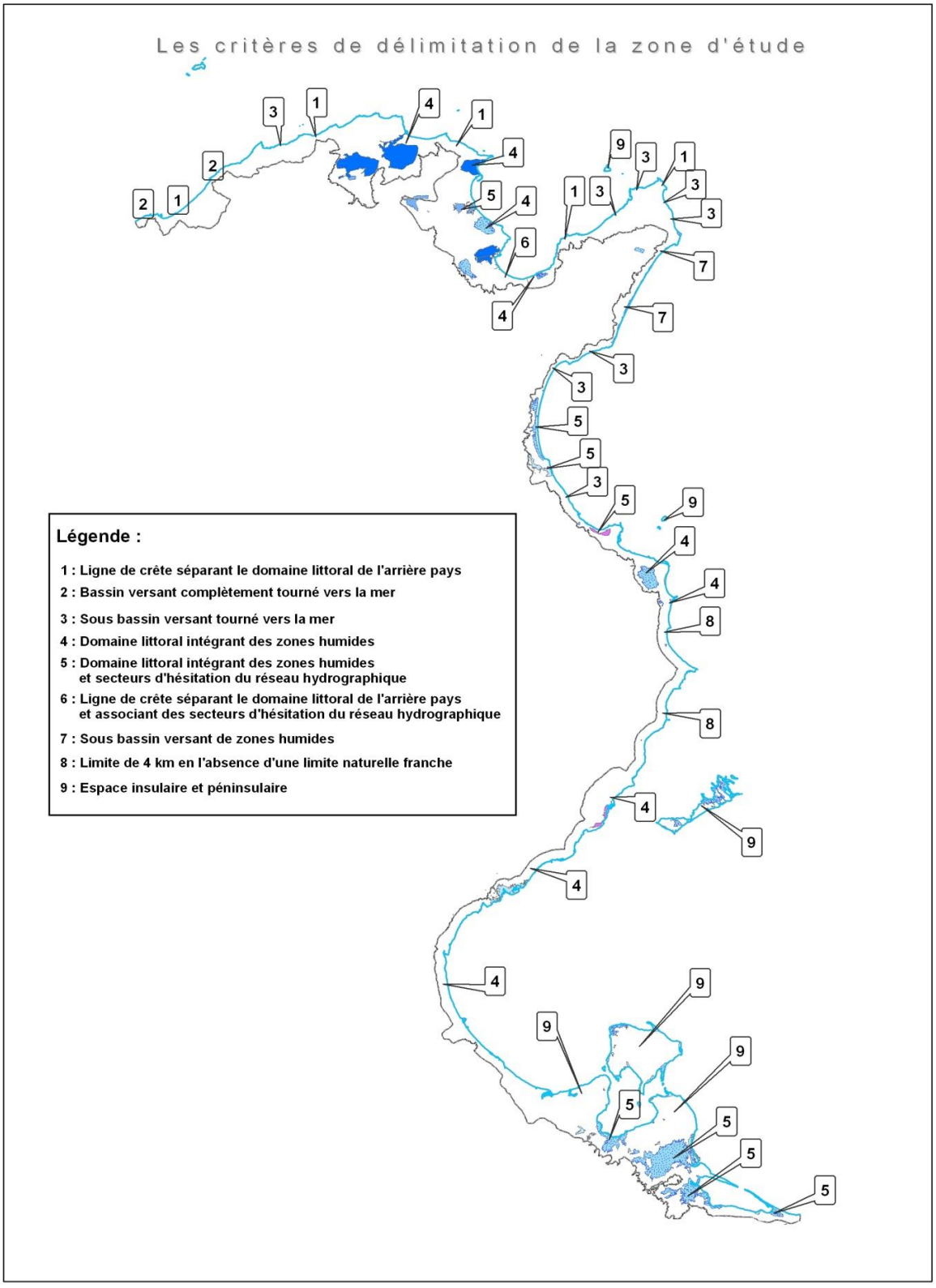


Figure 1: Carte de l'extension de la zone d'étude

2.3. Le produit présenté

Le produit est présenté sous différentes formes :

-Un rapport sous la forme de texte enrichi de cartes à différentes échelles, de figures, de coupes, de profils et de photos qui serviront de support pour mieux apprécier le comportement géomorphologique actuel du littoral tunisien et les principales tendances de son évolution future.

-Un support cartographique qui joue le rôle de pivot central dans cette étude. Il s'agit de cartes géomorphologiques à l'échelle 1/50 000, de cartes morpho dynamiques à l'échelle 1/25 000 de tout le littoral tunisien, des notices explicatives, coupes synthétiques et des coupes synthétiques. Les différentes cartes couvrent les zones suivantes :

Tranche 1 : déjà réalisée en 2008

- la zone littorale Sejnane - Kef Abbed.
- la zone littorale Bizerte- Menzel Bourguiba- Metline.
- La zone littorale Porto Farina- Ariana.
- La zone littorale Hammamet- Bou Ficha- Enfida- Sidi Bou Ali- Halk El Mujjen.
- La zone littorale Moknine- Mahdia.
- La zone littorale Hachichina.
- Les îles de Kerkena et de Djerba.

Tranche 2 : objet de la présente étude

- Tabarka
- Nefza
- Cap Negro
- Kef Abed
- Sedjenane
- Menzel Bourguiba
- Metline
- Porta Farina
- Ariana
- La Marsa
- Tunis
- La Goulette
- Tozoghrane
- Sidi Daouad
- Cap Bon
- Kélibia
- Menzel Heur
- Menzel Bouzelfa
- Nabeul
- Hammamet
- Sousse
- Mahdia
- Chebba

- Djebeniana
- Sidi Salah
- Agareb
- Sfax
- Maharès
- Oudhref
- Gabès
- Mereth
- Jorf
- Sidi chamakh
- Zarzis
- Graat el oued
- Borj el Bibane
- L'ilot de Tabarka
- les ilôts Fratelli
- les ilôts Cani
- l'îlot Pilau
- l'ilôt Plane
- l'ilôt Chekli
- le petit archipel de Monastir
- l'ilôt d'el Enf
- les deux ilots des Kuriates
- l'ilôt d'ed Dzira
- l'ilôt de Rass Kabo
- l'ilôt d'el Far
- l'archipel de Kneiss
- l'archipel d'el Biban.

Toutes les cartes seront réalisées sur le SIG ArcGIS en exploitant les données de la base de données de la géomorphologie littorale développée au cours de cette étude.

-Une base de données géographique alimentée opérationnelle en internet qui contient toutes les données spatiales traitées au niveau de l'étude. Cette base de données sera exploitée à travers un site web cartographique en Intranet qui sera développée au niveau de la phase 2.

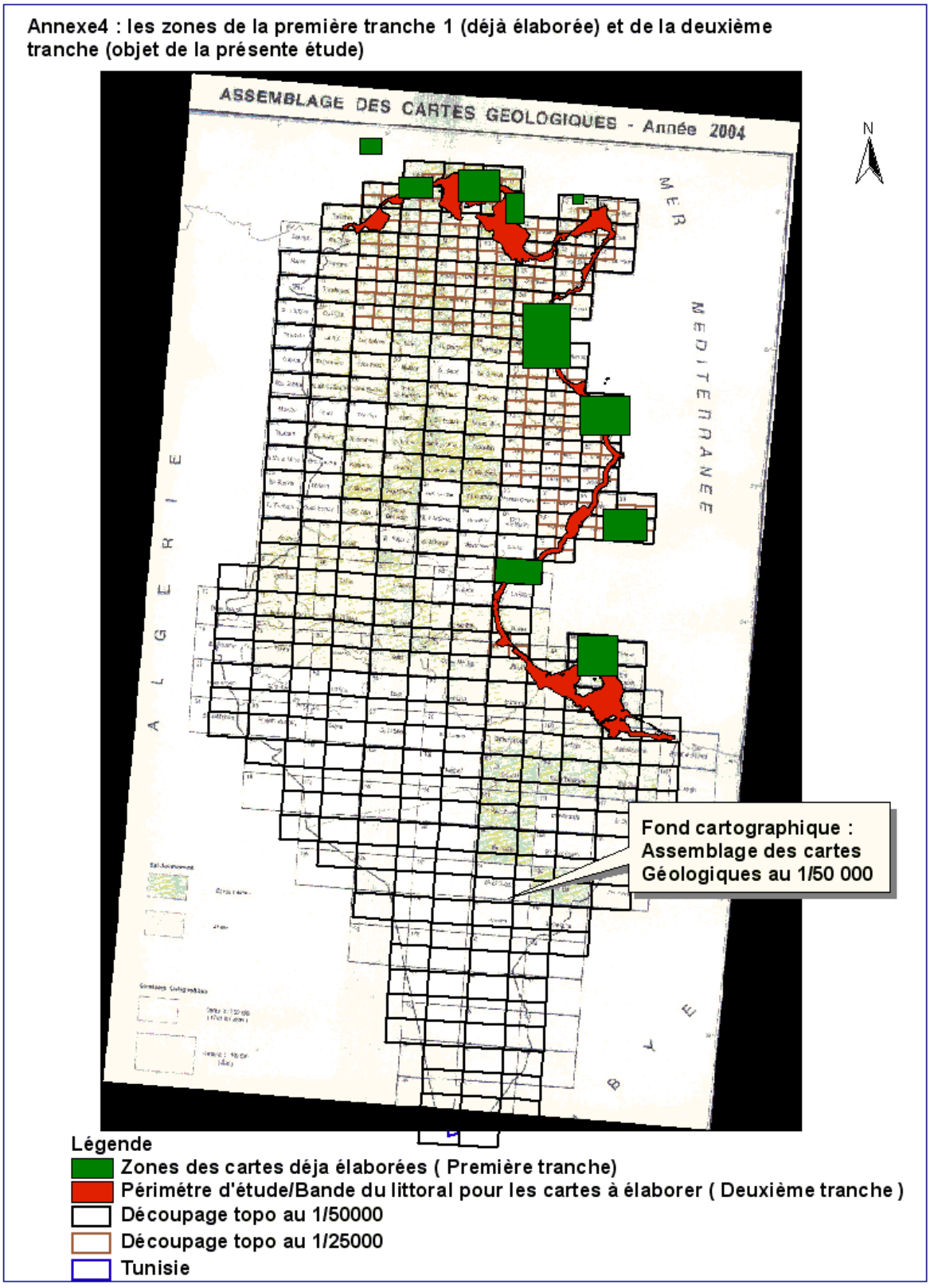


Figure 2: Carte de localisation des zones cartographiées au 1/50 000 et 1/25 000

II. De l'objet et de l'utilité des cartes géomorphologiques et morphodynamiques

La carte géomorphologique est un document récent puisque sa création ne date que du début du XX^{ème} siècle. En effet, la première proposition (réalisée en noir et blanc) remonte à 1912 et est l'œuvre du géographe allemand Passarge. « *Pendant et après la deuxième guerre mondiale, la réflexion sur la cartographie géomorphologique prend un nouvel essor. Trois auteurs peuvent être cités : le suisse Annehein qui insiste sur la dualité processus d'érosion et processus d'accumulation, le polonais Klimaczewski qui développe l'étude des formations superficielles et le français Tricart qui met en avant la géomorphologie climatique. Il insiste sur le rôle de la nature des roches et de leurs réactions aux divers climats, sur les processus morphogéniques et sur les domaines morphoclimatiques* » (Marre, 2007). Mais la cartographie géomorphologique ne deviendra un véritable outil de recherche qu'après les années 1950.

Aujourd'hui, la carte géomorphologique est vue, d'abord, comme un document qui donne une représentation des différents éléments du relief observables dans le paysage. Cette représentation est à la fois qualitative, quantitative et explicative. Sa réalisation exige donc l'analyse des formes de terrain et des formations superficielles (principalement d'âge quaternaire) ainsi que des dynamiques responsables du façonnement des premières et de la mise en place et du remaniement des secondes. La chronologie des événements qui ont engendré de telles formes et formations est également l'une des préoccupations les plus importantes. Si bien que, le document produit doit aider à reconstituer les paléoenvironnements et paléopaysages mais aussi à indiquer le sens, la nature et l'intensité des processus actuels. En intégrant ces derniers, on passe à la carte morphodynamique.

Aussi, la carte géomorphologique est-elle vue comme un document qui a un double intérêt puisqu'elle peut être « *exploitée aussi bien sur le plan de la recherche, par sa vision fondamentale des problèmes, que sur le plan de la technique, par la masse de renseignements qu'elle apporte sur la constitution de l'épiderme de la terre et sur sa dynamique* ». Elle apporte une matière originale à la connaissance de nombreux problèmes tels que l'histoire de la mise en place des formes de terrain qui constituent des éléments parfois essentiels des paysages ainsi que de la dynamique de ces formes et des agents responsables. Aussi, contribue-t-elle à la connaissance de l'environnement et répond à certaines préoccupations de ceux qui veulent éviter sa dégradation.

De plus, par l'intérêt qu'elle accorde à la dynamique actuelle et aux agents responsables, la carte géomorphologique a un apport important à l'appréciation des aléas naturels. Elle fournit la

base de l'inventaire, par l'intermédiaire des processus, et peut donc être le point de départ de l'établissement des cartes des risques naturels. Car elle permet non seulement de recenser les aléas mais de comprendre aussi leur déclenchement.

Ainsi, la matière fournie par les cartes géomorphologiques et morphodynamiques, qu'on ne trouve dans aucun autre type de cartes, est d'une grande importance pour l'utilisation et la gestion des espaces et milieux naturels. Outre son importance pour la recherche fondamentale, elle revêt une importance incontestable, et parfois unique, pour la définition des aptitudes à l'aménagement. Par l'analyse des formations superficielles, elle permet des reconstitutions utiles pour la connaissance de l'histoire et partant, des tendances de l'évolution des paysages. La connaissance de telles tendances, notamment pour les temps récents, peut être d'une importance capitale pour la compréhension de la réaction du milieu aux changements susceptibles d'intervenir (la réaction du littoral à un changement climatique par exemple, ou à une tendance marquée par une élévation du niveau marin, phénomènes enregistrés à différentes périodes du Quaternaire, …). Elle permet, en même temps, de repérer les formes et les paysages qui ont une signification particulière et une valeur patrimoniale (morphosites[1]) dont les aménagements doivent tenir compte. De son côté, la représentation des dynamiques peut alerter sur les aléas et les risques et permettre par conséquent des réflexions sur les aptitudes à l'aménagement et les précautions à prendre.

Des cartes renfermant de telles informations sont alors d'une utilité pratique certaine et peuvent apporter des éclairages décisifs pour les aménageurs et décideurs. En fait, cet intérêt n'a pas manqué de retenir l'attention dès les premières années de la naissance de ce type de documents. Divers organismes internationaux, avec à la tête l'Unesco, ont, tôt, saisi l'utilité de la carte géomorphologique et en ont fait un document de base dont on doit disposer pour décider d'une mise en valeur ou d'un aménagement régional. La F.A.O. a également tôt inclut les levés géomorphologiques dans différents projets (Mare, 2007).

[1]- « *Le terme géomorphosite a été introduit par M. Panizza (2001). Il qualifie un objet géomorphologique, aux dimensions variées, allant de la forme ponctuelle (une doline) à des reliefs de grande taille (une vallée, une côte), auquel l'Homme confère une certaine valeur pour des raisons scientifiques, écologiques, esthétiques, culturelles ou économiques. Une définition plus stricte considère qu'un géomorphosite est un objet géomorphologique participant à la compréhension et à la reconstitution de l'histoire de la Terre (Grandgirard, 1997)* » (*in* Reynard, 2005).

Non moins important à souligner enfin, est le fait que carte géomorphologique s'est aussi avérée être un document performant et qui a su évoluer au fur et à mesure des besoins. Au départ, elle était avant tout conçue comme un outil de recherche mais elle annonçait des possibilités d'application. L'évolution s'est faite vis-à-vis des techniques (utilisation des systèmes d'information géographique, télédétection, …) mais aussi à travers l'ouverture sur différents champs d'application. Ceci a déjà permis de donner naissance à des cartographies thématiques et l'apparition de nouveaux types de documents comme les cartes hydrogéomorphologiques, les cartes morphopédologiques, … De plus, bien faite, la carte géomorphologique n'exclue pas la possibilité soit d'en extraire des cartes géotechniques, soit de réaliser, chaque fois que nécessaire, des cartes d'autres types et à différentes échelles selon les besoins.

III. Méthodologie géomorphologique suivie

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un autre précédent qui a permis la réalisation de quelques cartes géomorphologiques et morphodynamiques couvrant une partie du littoral tunisien. Il se base sur la bibliographie existante et accorde une place à l'observation directe du terrain surtout dans le but de l'actualisation de l'information disponible et de combler des lacunes.

Parmi les expériences relatives à l'élaboration des cartes géomorphologiques, le choix a été fait, dans la continuité de la phase précédente sur l'expérience française à travers la méthode, ou le système, de la RCP77. Créée dans les années 1960, cette méthode s'appuie à un fond topographique estompé au-dessus duquel on superpose différents chapitres qui appartiennent à deux ensembles principaux : les données géologiques et structurales d'une part et les données morphoclimatiques d'autre part (figure 3). Sa principale originalité consiste dans le traitement des formations superficielles et les formes quaternaires, considérées comme les témoins de la morphogenèse actuelle et passée. Ces héritages sont représentés par des figurés conventionnels et des couleurs définies pour les différentes rubriques. La couleur rouge est réservée aux données structurales. Les formes et dépôts liés à la mer, aux eaux de ruissellement, à la gravité, au vent et à des interventions humaines (aménagement, occupation du sol autre que l'agriculture) apparaitront respectivement en bleu, en verts, en jaune-oranger et en gris. Une importance est également accordée à la dimension chronologique et aux caractéristiques des dépôts. Aussi, pour une rubrique donnée, la couleur sera-t-elle d'autant plus pale que la forme ou le dépôt est ancien.

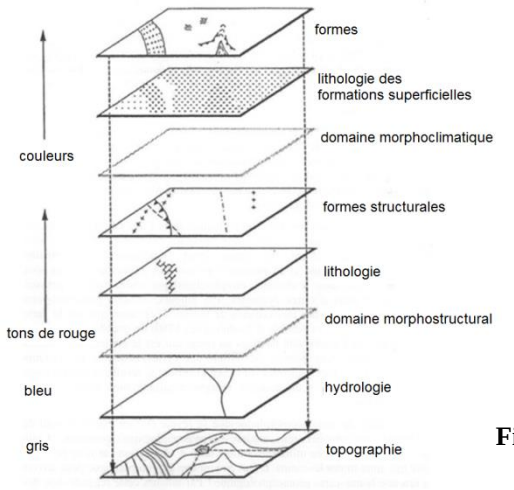


Figure 3: Le système de légende de la carte géomorphologique française, dit « système de la RCP77 »

L'intégration, au document géomorphologique des éléments relatifs à la dynamique et aux agents actifs actuellement, permet le passage à la carte morphodynamique qui a une dimension pratique et d'application. Ce deuxième type de document respectera une légende appropriée ainsi que, concernant les couleurs, l'ordre donné pour la carte géomorphologique. Il est en fait, venu en réponse à une demande sociale exprimée « *d'une part par le développement des opérations d'aménagement urbain* » et « *d'autre part par la découverte des risques naturels* » (Marre, 2007) suite à certains événements catastrophiques.

La dimension appliquée a même entraîné une évolution, dans le cadre d'autres écoles, dans le sens de la révision de l'approche initiale des cartes géomorphologiques. Des systèmes variés ont pu voir le jour en adaptation avec la variété des milieux. On note en particulier une tendance à la simplification, surtout au niveau des données structurales, en faveur des classes révélatrices d'une dynamique. Ceci apparait souvent à travers l'ajout d'une couche relative à cette dernière.

Deuxième partie : Le cadre naturel du littoral tunisien

Longs de 2290km, les rivages de la Tunisie appartiennent à différents milieux (figure 4). Cette partie traite des différentes caractéristiques de leur cadre naturel, dans un esprit adapté à l'étude dont l'objectif principal est la cartographie géomorphologique. Aussi, on ne considèrera que les aspects naturels en rapport avec la géomorphologie et sa dynamique tout en privilégiant les aspects qui ont le plus de liens avec le contenu des cartes à élaborer.

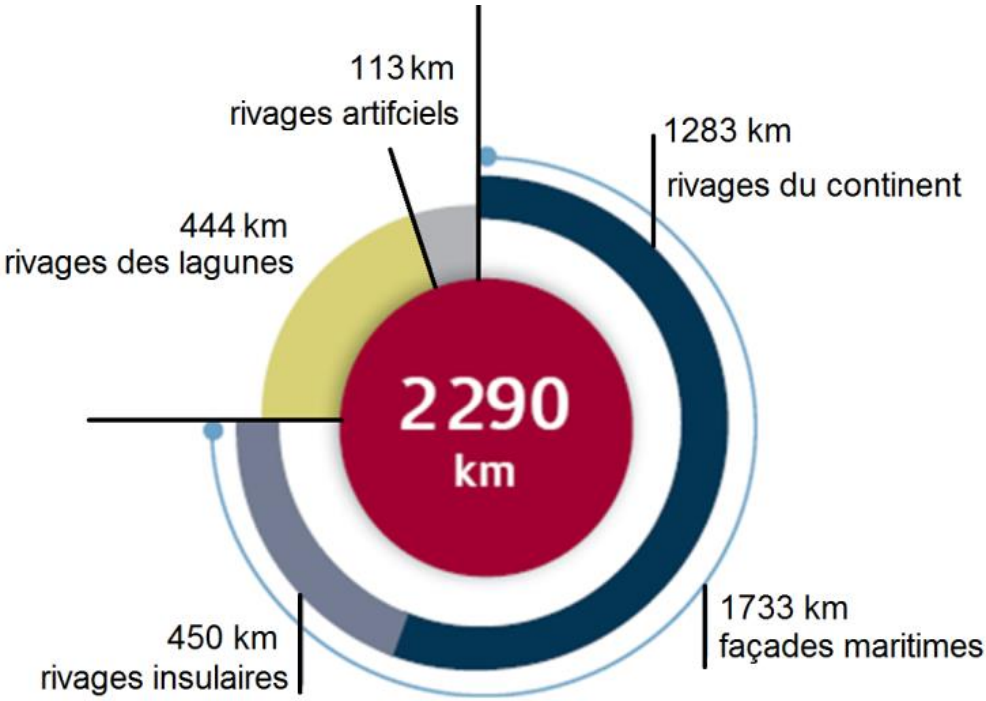


Figure 4: Longueur des côtes selon les types de milieux

(Source : le littoral tunisien, chiffres-clés ; Apal, 2015)

I. Les caractéristiques topographiques et morphostructurales et les grands traits du paysage morphologique

Même si plusieurs sous-ensembles existent, une distinction s'impose entre deux grands domaines principaux à savoir, la façade nord d'une part et la façade orientale d'autre part.

1. La façade septentrionale

Ouverte sur le bassin occidental de la Méditerranée, cette façade s'étend depuis la frontière avec l'Algérie jusqu'à la pointe de la péninsule du Cap Bon. Ses rivages sont bordés par la topographie la plus accidentée et difficile de l'ensemble du littoral. Elle montre également une lithologie contrastée et a, du fait de son exposition et de l'existence de conditions favorables à une morphogenèse active (exposition aux vents forts des secteurs septentrionaux, existence d'un réseau hydrographique dense, eaux marines profondes et agitées, …), la morphologie la plus variée de l'ensemble du littoral tunisien. Une distinction existe néanmoins entre :

-Le littoral de la côte de la Kroumirie et des Mogods qui renferme des rivages les plus difficiles en Tunisie. Il se caractérise souvent par un tracé très découpé et est fréquemment bordé par des reliefs escarpés. Les quelques aérations de la topographie existent surtout à la faveur de petites plateformes qui correspondent généralement à la racine d'anciennes rasa hérités de niveaux marins supérieur à l'actuel à l'image de celles de Marsa Douiba et Eddheroua. Les plaines alluviales sont également rares et peu étendues lorsqu'elles existent. La plus importante est celle Tabarka.

A part dans l'archipel de la Galite, où une place importante est donnée aux roches éruptives, les reliefs côtiers ont une géologie de roches sédimentaires et souvent dominée par des alternances de grès et argiles du flysch numidien. De petits massifs calcaires souvent en rapport avec des plis anticlinaux existent, mais les reliefs monoclinaux restent les plus nombreux et ceux qui marquent le plus le paysage. Leur ossature, avec ses nombreux binômes grès-argiles, a favorisé une multitude de corniches bien marquées dans le paysage, souvent appelées « *kef* ».

C'est aussi cette alternance de grès et argiles qui explique le tracé découpé, souvent en redans, du rivage. Car, l'érosion différentielle, réalisée par les différents agents de la morphogenèse, notamment les eaux pluviales et les vagues, aux dépens de ces formations hétérogènes a donné lieu à une succession de caps (Kef Errai, aiguilles de Tabarka, Cap Negro, Cap Serrat, Kef Abbed, …) et de baies et criques (baie de Tabarka, Marsa Douiba, ...) dont la taille et la morphologie de détail varient en fonction de l'épaisseur et de l'état des bancs rocheux aux dépens desquels ils ont été façonnés. Très souvent, les bancs de grès forment l'ossature des caps alors que l'emplacement des criques et baies coïncide avec les passages rocheux moins résistants.

L'exploitation de cette succession de grès et argiles sera également assurée par les eaux pluviales. Ceci influence en bonne partie l'organisation du réseau hydrographique et sa densité. Mais tout ne s'explique pas par la lithologie. Une partie des organismes, notamment les plus grands,est également en rapport avec les axes de la structure (anticlinaux/synclinaux) et l'existence de certains accidents du type faille.

Dans un tel contexte, une place importante est accordée aux falaises et aux rivages rocheux. Les plages peuvent également prendre de l'importance notamment dans les baies et autour des embouchures d'oueds. Leur exposition aux vents a favorisé le développement des accumulations dunaires qui forment parfois des champs étendus.

Figure 5: L'influence de la structure géologique (ici, la répartition des bancs de grès et d'argiles numidiens dans les Mogods) sur la morphologie d'ensemble des reliefs qui encadrent le littoral

(photo, A. Oueslati).

Figure 6: Vue depuis la mer : la côte des environs de Bizerte, un paysage géomorphologique bien plus aéré que celui des la Kroumirie et des Mogods

(photo, A. Oueslati).

Figure 7: Une aération relative de la topographie avec quelques plaines alluviales comme c'est le cas autour du système lacustre de Bizerte

(photo, A. Oueslati).

Figure 8: - L'influence de la structure sur le tracé de la côte à l'extrémité de la péninsule du Cap Bon :

Reliefs monoclinaux du côté du continent et alternance de caps et de criques et baies au bord de l'eau. Une situation favorisée par une alternance de grès et argiles miocènes

(photo, A. Oueslati).

A l'Est des Mogods jusqu'à Rass Ettarf**,** les reliefs côtiers sont moins volumineux et façonnés dans des formations calcaires et/ou argileuses. De plus, les premières pentes importantes sont souvent situées assez en retrait par rapport au rivage dont elles sont parfois séparées par d'anciennes plateformes marines émergées plus étendues que celles vues dans le secteur précédent. Si bien que, le paysage géomorphologique d'ensemble montre une certaine aération.

Au niveau de la morphologie des rivages, les côtes escarpées et rocheuses continuent à constituer les formes les plus fréquentes mais, d'une façon générale, elles perdent d'importance par leur commandement et leur continuité. L'autre différence importante apparait à travers l'extension des terres humides, favorisée par l'aération du relief et l'existence de terrains bas notamment autour du système lacustre (Lac Ichkeul et Lac de Bizerte). Quant aux fonds des baies, ils restent, tout comme pour le secteur précédent, le lieu privilégié pour les plages qui sont, ici aussi, souvent relayées par des constructions éoliennes importantes (Sidi Béchir, Oued Eddamous, Errimel, …).

Autour du golfe de Tunis, le relief côtier devient plus aéré et la morphologie du rivage, tout en étant toujours variée, accorde une place assez prépondérante aux plages sableuses et aux terres humides. Ceci a été favorisé aussi par l'importance de certains cours d'eau et leurs embouchures autour desquels se sont formées des plaines alluviales étendues. Mais la situation change dans la partie orientale de ce golfe, qui correspond aussi à la façade occidentale de la péninsule du Cap Bon, où le paysage géomorphologique rappelle par certains aspects celui de la côte située à l'Ouest de Bizerte. En effet, la côte, largement ouverte aux vents des secteurs septentrionaux, est souvent bordée par des reliefs accidentés, à géologie dominée par des formations argilo-gréseuses et découpés par un réseau hydrographique relativement dense. Lorsque les bancs d'argile et de grès présentent, comme dans la Kroumirie et les Mogods, une orientation oblique par rapport au rivage, la place est donnée à un tracé de la côte en redans. C'est toujoursle même principe de l'érosion différentielle exercée à la fois par les vagues et les eaux pluviales.Sur le rivage dominent alors les paysages de falaises et de côtes rocheuses. Mais une place importante est également donnée à des plages parfois épaisses, surtout dans les criques et autour des embouchures des oueds. Lorsqu'elles sont sableuses, ces plages sont souvent relayées par d'importants champs dunaires.

2. La façade orientale

Elle se distingue de la façade nord, d'abord par le fait qu'elle donne sur le bassin oriental de la Méditerranée. Elle se distingue aussi par sa topographie faible et une géologie moins variée ainsi qu'un réseau hydrographique limité par l'extension de ses artères.

Bas plateaux, collines et surtout plaines sont les topographies dominantes. Ils prennent appui du côté de l'arrière-pays sur de petites montagnes qui correspondant le plus souvent, sur le plan structural, à des plis anticlinaux. Du côté de la mer, ils sont relayés, sous l'eau, par des fonds à topographie faible et relativement régulière ou peu accidentée.

De telles données montrent cependant des variations sensibles d'un secteur à l'autre obligeant à distinguer entre, au moins, deux grandes parties. La première s'étend au Nord de Rass Kaboudiya et comprend la côte orientale de la péninsule du Cap Bon, le golfe de Hammamet et le Sahel qui ne manquent pas, à leur tour, de montrer des différences significatives. La deuxième correspond au golfe de Gabès et ses abords méridionaux.

Au Nord de Rass Kaboudiya, la topographie, accorde une place importante aux plaines basses surtout au fond du golfe de Hammamet. Du côté interne, il s'agit le plus souvent d'une topographie de collines ou de bas plateaux. Les premiers reliefs d'une certaine importance occupent une position bien engagée vers l'intérieur des terres. Ils montrent une géologie assez variée mais se caractérisent par des altitudes plutôt modestes dépassant rarement 500m. L'attention est toutefois retenue, dans la frange littorale, par l'existence d'un dispositif accordant une place importante aux terres humides du type sebkhas et chotts qui se caractérisent souvent par leur forme allongée parallèlement à la côte. C'est en fait un dispositif favorisé par une topographie assez particulière. Les sebkhas sont logées dans une gouttière topographique s'interposant entre le cordon littoral actuel et un alignement de collines parallèle à la côte et qui correspond à un cordon fossile formé d'un grès calcaire attribué au Tyrrhénien. Elles peuvent s'étendre aussi en arrière de ce cordon ou d'un autre obstacle comme celui sue constitue le champ dunaire d'El Madfoun au fond du golfe de Hammamet (figure 9) ou celui de Ghdabna dans le Sahel.

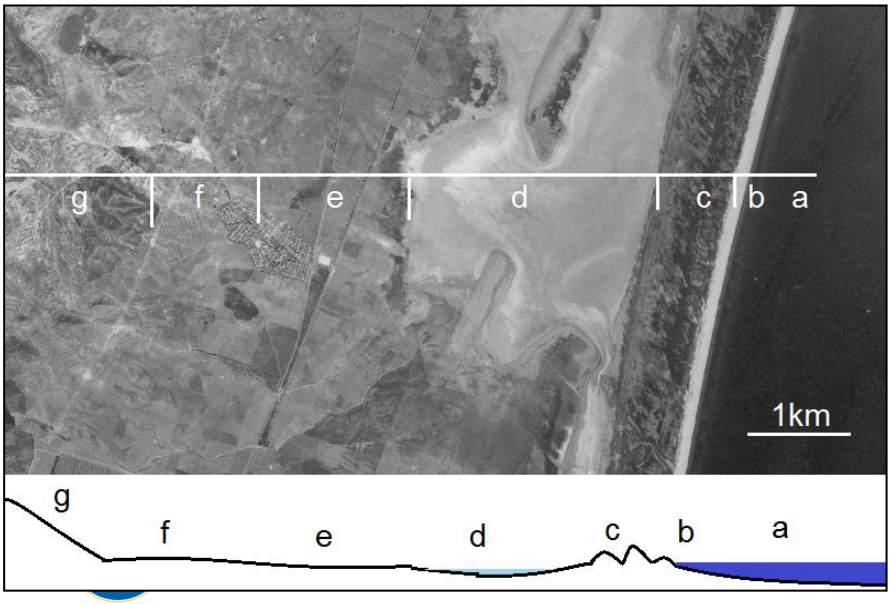


Figure 9: Transect sur une photo-aérienne (mission 1985) depuis la mer jusqu'aux premiers reliefs côtiers montrant la zonation qui caractérise le littoral du fond du golfe de Hammamet (à la hauteur de Sabkhet Sidi Khlifa)

a-la mer ; b-plage sableuse ;

c-champ dunaire de Madfoun-Essalloum ;

d-sebkha ; e-plaine très basse ; f-cône alluvial à surface surbaissée ; g-premiers reliefs.

Au Sud de Rass Kaboudiya : le golfe de Gabès et ses abords méridionaux

Cette partie se caractérise par une certaine homogénéité qui apparait principalement à travers la topographie, la bathymétrie et le cadre géologique, notamment la lithologie.

Au niveau de la topographie, les plaines et les bas plateaux ou les collines qui dérivent de leur érosion sont les formes dominantes dans le paysage. Ce dernier ne manque pas aussi de retenir l'attention par l'importance du découpage lié à l'existence d'un réseau hydrographique indéniable, par le nombre de ses organismes.

Sur le front des plaines, une place importante est donnée aux terres humides du type sebkhas, chotts et marais maritimes. Les plages existent ici et là dans la zone de contact slikkes-schorres ou en alternance avec des segments de côtes rocheuses basses. Les formes liées au vent ne deviennent vraiment importantes et, en tout cas, bien marquées que sur les bordures des sebkhas ou là où le sol est ameubli par des travaux de mise en valeur récente (désertification). Elles sont assez présentes aussi au niveau des zones d'épandages de certains oueds. Les plages ont aussi, lorsqu'elles sont assez développées et appartenant à des segments côtiers bien exposés au vent, favorisé l'apparition de champs dunaires, petits, mais importants dans le paysage géomorphologique comme c'est le cas dans la partie nord-orientale de Jerba.

Figure 10: Paysage géomorphologique dominant autour du littoral du golfe de Gabès : plaine du côté de la mer, bas plateaux vallonnés vers l'intérieur ; vue dans les environs de Kettana-Zerkine

(photo, A. Oueslati).

Figure 11: champ de nebkas buissonnantes au voisinage de l'embouchure d'Oued Zerkine

(photo, A. Oueslati).

II. Les héritages du Quaternaire

Comme précisé dans la première partie de ce document, la cartographie géomorphologique selon le système de la RCP77 accorde une place importante aux formes et dépôts d'âge quaternaire. Or, le littoral tunisien est bien fourni dans ce domaine.

Les régions littorales renferment en effet, une large gamme d'affleurements quaternaires qu'on peut classer dans deux ensembles principaux : les formations quaternaires continentales et les formations quaternaires liées à la présence et l'action de la mer. Trois schémas ont été retenus, pour leur caractère synthétique.

Pour le Quaternaire continental, ont été retenus le schéma élaboré par Oueslati A. (1994) pour les régions septentrionales et le schéma de Ben Ouezdou pour le golfe de Gabès.

Le schéma élaboré pour les régions septentrionales est surtout l'œuvre de Oueslati (1994). Il distingue entre le Pléistocène inférieur et moyen d'un côté et le Pléistocène supérieur et l'Holocène de l'autre. Pour le Pléistocène inférieur et moyen il donne sept générations de formes et de dépôts, appelées unités (du plus ancien au plus récent, Qc15-Qc9). Il s'agit principalement de glacis d'accumulation ou d'érosion à surface encroûtée et présentant des différences parfois très sensibles en fonction, surtout, du cadre topographique et structural. Ces niveaux sont parfois bien exprimés dans le paysage géomorphologiques, y compris dans certains reliefs plutôt modestes, par leur volume et leur altitude, à l'image de ceux qui encadrent le golfe de Tunis du côté occidental.

Pour le Pléistocène supérieur, les héritages identifiés sont au nombre de trois et correspondent surtout à des formes d'accumulation corrélées avec les niveaux continentaux qui s'intercalent avec les des formations marines et les éolianites déjà évoqués. Enfin, l'Holocène est également représenté surtout par des formes d'accumulation dont en particulier deux terrasses alluviales, l'une antéhistorique et l'autre d'âge historique.

Le schéma relatif aux régions méridionales nous le devons à Ben Ouezdou (1988) qui a, à la suite des travaux de Coque R., identifié, postérieurement à une surface d'érosion (glacis d'ablation ou pédiment) villafranchienne, trois niveaux de terrasses ou de glacis d'accumulation appelés formation Graïba, formation Akarit et terrasse holocène. La formation Graiba est attribuée ai Pléistocène moyen. La formation Akarit, est constituée de deux membres (Akarit I et Akarit II) et est attribuée au Pléistocène supérieur (figure 12).

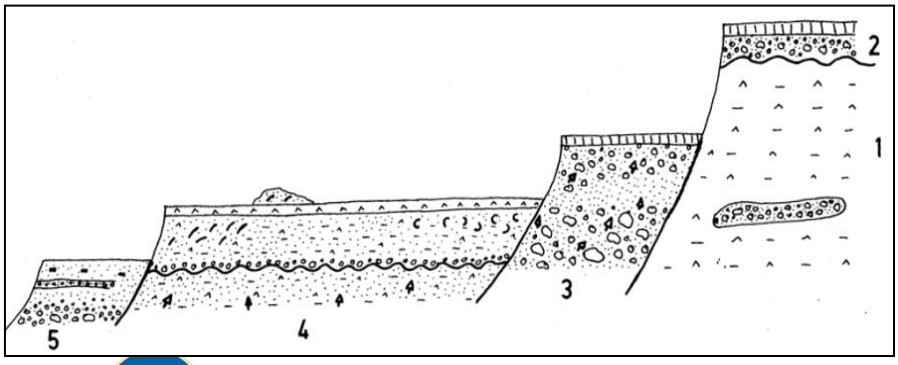


Figure 12: Coupe synthétique des formations continentales des alentours du golfe de Gabès

(source : Ben Ouezdou, 1988).

1- Mio-pliocène ; 2- Villafranchien ;

3- Pléistocène moyen, formation Graiba ; 4- Pléistocène supérieur, formation Akarit ; 5- Holocène

Concernant le Quaternaire marin, c'est le schéma proposé par Paskoff et Sanlaville qui constitue la principale référence pour les périodes commençant avec le dernier interglaciaire (figure 13). Il est complété, pour le Quaternaire ancien et moyen, par les résultats des travaux de Oueslati dans la péninsule du Cap Bon (figure 14).

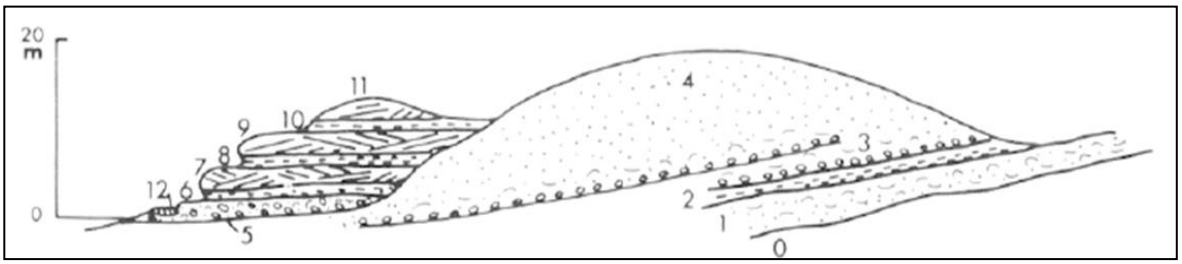


Figure 13: Coupe synthétique et interprétative du Quaternaire récent de la côte de Tunisie

(Source : Paskoff et Sanlaville, 1983).

0 : substratum prétyrrhénien. 1 : dépôts marins littoraux de la formation Douira. *2 : sables limoneux rouges continentaux. 3 : dépôts de plage à Strombes de la* formation Rejiche. *4 : éolianite de la* formation Rejiche. *5 : conglomérat de plage à Strombes de la* formation Chebba. *6 : sables limoneux rouges continentaux de la* formation Aïn Oktor. *7 : éolianite coquillière de la* formation Cap Blanc *(membre inférieur). 8 : sables limoneux rouges continentaux de la* formation Sidi Daoud. *9 : éolianite coquillière de la* formation Cap Blanc *(membre supérieur). 10 : sables limoneux rouges continentaux de la* formation Dar Chichou. *11 : éolianite de la* formation Sidi Salem. *12 : dépôt de plage holocène.*

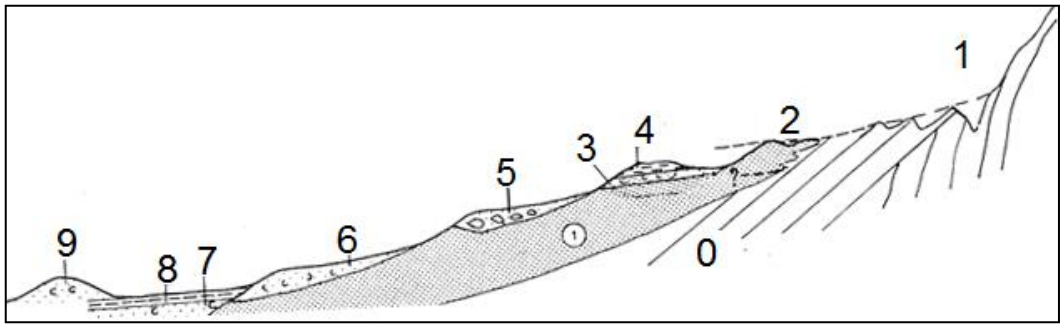


Figure 14: Coupe synthétique des formes et dépôts de la bordure septentrionale du golfe de Hammamet et de la côte orientale de la péninsule du Cap Bon.

(Source : Oueslati A., 1994)

0-Plio-villafranchien ; -sables et argiles de Bir Bou Regba ; 2-glacis d'ablation supérieur ; 3-dépôts marins les plus anciens (unité de Oued Youssef) ; 4-accumulations colluviales ou colluvio-alluviales à industrie lithique acheuléenne archaïque ; 5-glacis d'ablation moyen, glacis-cône ou terrasse, industrie lithique de l'Acheuléen archaïque ; 6-dépôts marins de Diar Ben Salem ; 7-dépôts marins de la formation Douira ; 8-colluvions sablo-argileuses à industrie de l'Acheuléen moyen ; 9-formartion Rejiche.

III. Le cadre climatique et hydrologique

Allongé Nord-Sud, sur plus de cinq parallèles, le littoral de la Tunisie est en fait intéressé par différents domaines bioclimatiques. Ceci se voit bien au niveau des températures qui montrent un gradient net du Nord vers le Sud (figure 15). Mais les caractéristiques les plus importantes du climat méditerranéen qui ont des effets directs sur la morphogenèse, apparaissent en

particulier à travers l'irrégularité des pluies et leur inégale répartition au cours de l'année ainsi que leur caractère souvent torrentiel ainsi que l'importance des vents.

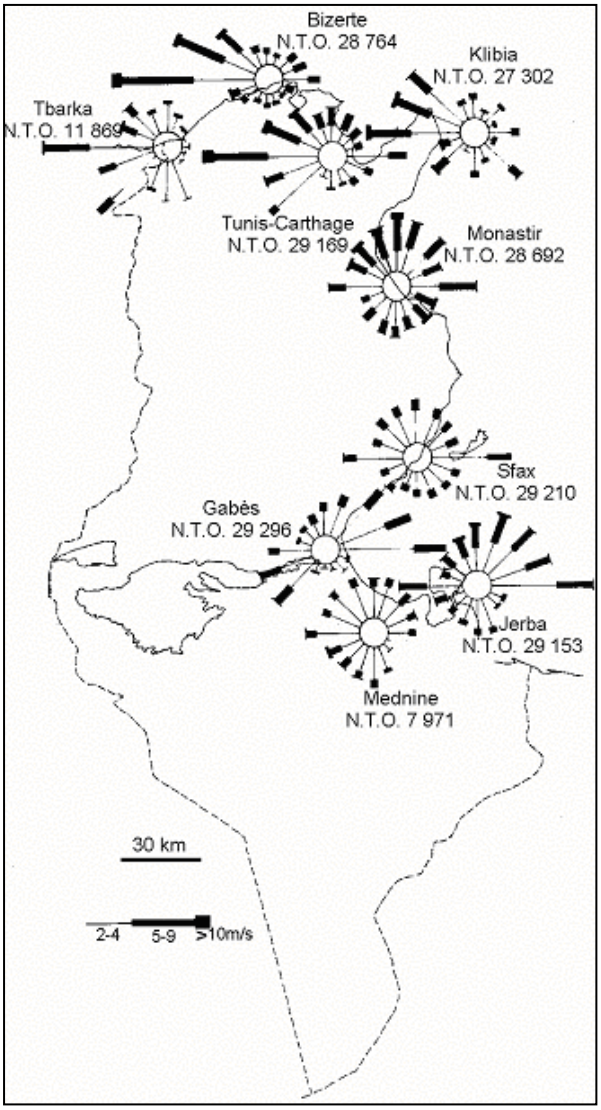


Figure 15: Les fréquences moyennes annuelles des vents au sol (I.N.M)

La pluviométrie annuelle moyenne est estimée à 594mm dans le Nord, 289 mm dans le centre et 156 mm dans le Sud. Les quatre cinquièmes de cette pluviométrie tombent entre les mois d'octobre et de mars. De plus, une grande irrégularité et variabilité caractérise les chutes. Les quantités recueillies peuvent varier du simple au double et même au triple. De plus, les régions littorales, tout comme le reste du pays, peuvent connaitre des années sèches et enregistrer des quantités de pluies exceptionnelles à l'occasion de certains événements. A Ennfidha par exemple, on a recueilli 714,6 mm au cours de l'année agricole 1931-32 ; 882,7mm en 1958-59 et 520,5mm en 1973-74 mais seulement 207mm en 1945-46 et 245,6mm en 1987-88, sachant que la moyenne de la station pour la période 1915-16/1989-90 est de 384,6mm. A Mahdia on a recueilli 783,4 mm en 1931-32; 730,1mm en 1958-59 et 607,7mm en 1973-74 mais seulement 208,5mm en 1945-46 et 112,5mm en 1987-88 sachant que la moyenne de cette station pour la période 1915-16/1989-90 est de 355,2mm.

Le littoral tunisien est un espace ventée. Le pourcentage des situations de calme est toujours inférieur à 10% et ce, dans presque toutes les stations (Ben Boubaker et Hénia, 2008). A l'échelle annuelle, les vents dominants, par leur fréquence et leur vitesse, soufflent du secteur Nord-Nord-Ouest à Nord-Nord-Est sur les littoraux de la façade septentrionale et du Nord-Nord-Est et Est sur la façade orientale. Le vent est l'un des agents essentiels dans la dynamique naturelle des milieux côtiers. Il intervient dans les conditions hydrodynamiques des eaux littorales. Mais son impact géomorphologique le plus direct apparait toutefois à travers la répartition des champs dunaires qui montrent le maximum de leur développement sur les côtes septentrionales et nord- orientales du pays.

Troisième partie : les types de rivages

Nous accordons une partie à part aux types de rivages parce que c'est à travers eux et leur dynamique que se dégagent le mieux les caractéristiques de l'évolution de la côte et ses tendances ainsi que ses rapports avec les différents facteurs (naturels ou anthropiques) pouvant l'influencer. De plus, ces données doivent occuper une place importante dans un travail de cartographie géomorphologique d'espaces côtiers.

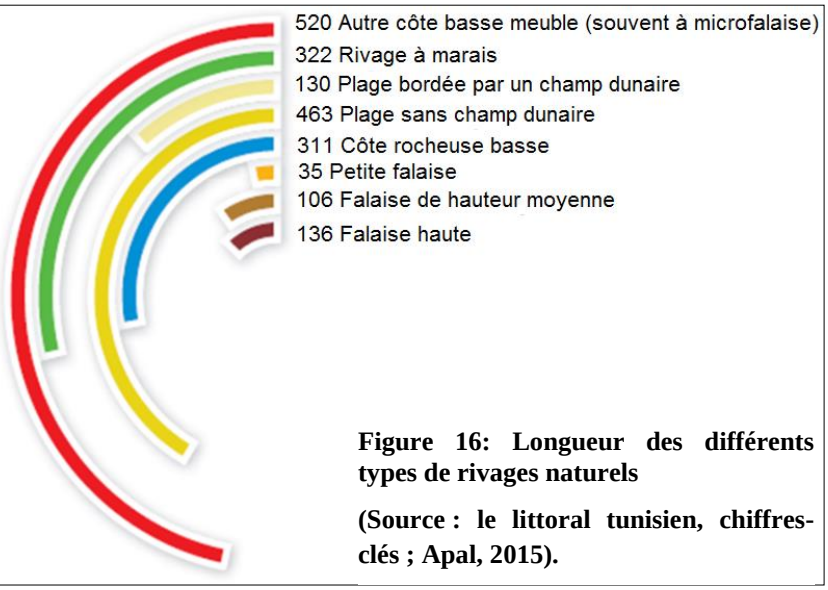


Figure 16: Longueur des différents types de rivages naturels

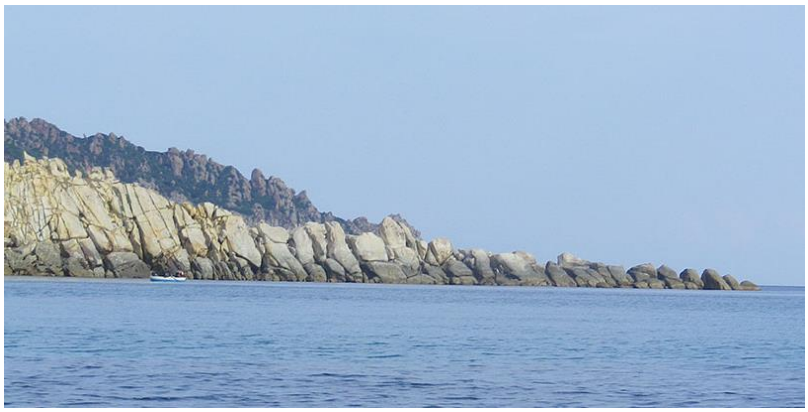
(Source : le littoral tunisien, chiffres-clés ; Apal, 2015).

A la variété des conditions naturelles et des témoins de l'évolution au cours du Quaternaire, est associée une variété au niveau de la morphologie du rivage et des formes liées à la dynamique de ces derniers.

Les résultats des mesures les plus récentes, effectuées dans le cadre de l'étude de la carte de la vulnérabilité à l'élévation du niveau marin, ont révélé de nouveaux chiffres et ont montré que les différentes formes intéressent des linéaires côtiers différents par leur longueur mais avec des valeurs toujours intéressantes (figure 16). Les formes rencontrées sont les falaises, les côtes rocheuses basses, les plages et les marais maritimes. Les espaces qui les relaient du côté interne et qui en dépendent sont les constructions éoliennes et les zones humides.

I. Les falaises

D'après les résultats de l'étude de la carte de la vulnérabilité, ces formes intéressent quelque 277km ; ce qui représente 12% de l'ensemble du linéaire côtier. Elles sont variées tant par hauteur que par la nature de leur matériel et partant, par leur dynamique et évolution. Mais dans l'ensemble, elles restent caractéristiques de la façade nord du pays. Sur la façade orientale, c'est plutôt leur rareté et le contraste qu'elles créent avec le paysage qui les encadre qui en a souvent fait des formes qui attirent l'attention ; elles sont d'ailleurs très souvent désignées par l'appellation de *Jorf* qui signifie falaise en arabe. Ce terme est quasi absent sur la façade nord, les falaises étant une forme courante.



Les caractéristiques morphométriques ainsi que celles relatives au cadre topographique, lithologique et hydrologique permettent de distinguer: les falaises hautes dont le commandement est pluridécamétrique et peut dépasser localement la centaine de mètres, les falaises de hauteur moyenne ayant une hauteur comprise entre 5 et 20m et enfin, les petites falaises ont une hauteur inférieure à 5m. Les plus importantes, par leur hauteur, leur fréquence et leur place dans le paysage géomorphologique appartiennent à la façade nord du pays où elles caractérisent surtout les principaux caps comme Kef Errai, Cap Negro, Cap Serrat, Kef Abbed et Rass Addar. On les retrouve aussi dans la plupart des îles et îlots de cette façade (Galite, Fratelli, Tabarka, Pilau) et elles sont généralement bordées par une topographie accidentée et baignée par une mer relativement profonde et caractérisée par des eaux souvent agitées**.** Mais un peu partout, dans les hautes comme dans les petites falaises, le modelé de détail montre des différences sensibles et très fréquentes à cause des variations des données structurales, notamment la lithologie. Ces données interviennent aussi dans le type de dynamique et dans les processus morphogéniques. L'érosion différentielle apparait cependant comme le système le plus fréquent et la corrosion joue un rôle indéniable dans les substrats carbonatés.

Figure 18 à 20: Différents types de falaises : les trois premières (sur la façade nord du pays) montrent le poids des données structurales sur l'aspect général et le modelé des falaises hautes à moyennes évoluant dans des matériaux résistants ou hétérogènes.

La dernière (environs de Zarrat) illustre une petite falaise façonnée dans des matériaux tendres.

II. Les côtes rocheuses basses

Ces formes sont fréquentes et représentées dans les différentes régions. Sur la façade nord du pays, on les rencontre souvent dans les criques et petites baies où elles alternent avec les plages ou les ponctuent. Sur la façade orientale, elles apparaissent au niveau des différents petits caps et promontoires qui accidentent le littoral du Sahel ainsi que dans des segments de côte à tracé rectiligne dans la même région comme c'est le cas entre Sallakta et Chebba. Elles sont également présentes dans les lagunes notamment celle de Bhiret El Bibène. Il n'est pas rare aussi qu'elles constituent de simples pointements qui ponctuent les bordures des baies et criques, comme c'est le cas à Aïn Takerdouche et à Maamoura sur la façade nord-orientale et orientale de la péninsule du Cap Bon. Toutefois, c'est dans les rivages des îles et dans la presqu'île de Zarzis qu'elles sont les plus fréquentes.

Ces côtes sont façonnées dans des formations géologiques variées. Mais c'est dans les roches carbonatées (croûtes calcaires, grès pliocènes, calcaires éocènes, grès quaternaires marins ou dunaires à ciment calcaire, …) qu'elles se développent le plus. Ceci a favorisé l'extension des modelés liés à la corrosion (érosion biochimique) : trottoirs (souvent à vermets), mares, lapiés, …

Figure 21: Petite falaise et côte basse rocheuse (flèche). L'ensemble est bordé par un relief bas : exemple dans le secteur de Lalla Mariem à Zarzis. Le matériel rocheux correspond à un grès marin éolien holocène.

(photo, A. Oueslati).

III. Les plages

Bien qu'elles soient les formes qui ont le plus retenu attention aussi bien dans les publications scientifiques que dans les études orientées à la gestion et à l'aménagement du littoral, les plages n'intéressent pas un linéaire côtier très loin de celui des autres types de rivages.

Les résultats obtenus dans le cadre de l'étude de la carte de la vulnérabilité se rapportant aux plages sableuses donnent un linéaire côtier de l'ordre de 593km, soit environ le quart de l'ensemble du littoral tunisien. En fait, les données du cadre physique général d'une part, et de la morphologie de ces formes d'autre part, obligent à faire différentes distinctions ou classifications.

La classification faites sur la base du cadre physique général, permet de distinguer entre deux types de situations bien différenciées : -les plages des côtes accidentées, ventées et à mode battu, représentées surtout sur la façade nord du pays, notamment dans les secteurs situés à l'Ouest de Rass Ettarf et sur une grande partie de la façade occidentale de la péninsule du Cap Bon et -les plages de côtes basses, peu exposées aux vents et baignées par des eaux marines à énergie relativement faible, représentées surtout dans la moitié occidentale du golfe de Tunis et sur la façade orientale du pays.

Le critère de la morphologie des plages elles-mêmes permet, de son côté, de distinguer entre : -des plages de fond de baie, -des plages de côte basse rectiligne, -des plages en forme de flèches littorales, -des plages du type îles barrières ou lido, -des plages du type tombolo, -des plages de pied de falaise.

Dans l'ensemble, les plages les plus développées se trouvent au fond des baies et autour des embouchures des oueds (figure 22). Elles correspondent, dans certaines circonstances à des flèches littorales.

Figure 22: L'une des plages les plus étendues de la Tunisie ; au débouché de Oued El Berka (photo, Apal).

IV. Les accumulations éoliennes : lunettes et dunes de sable

Les accumulations éoliennes les plus fréquentes et qui ont le plus retenu l'attention, à cause de leur place dans le paysage géomorphologique côtier, sont sableuses. Les plus nombreuses, épaisses et étendues sont faites de matériaux issus des plages de segments côtiers bien exposés aux vents dominants. Elles forment parfois des champs étendus et se trouvent dans les régions septentrionales, surtout entre Tabarka et Raf Raf d'une part, et entre Oued El Abid et Sidi Daoud-Dar Chichou d'autre part. Dans les secteurs les plus exposés aux vents actifs, le sable a été parfois poussé sur plusieurs kilomètres vers l'intérieur des terres. Le champ dunaire de Zouara pénètre sur quelque 10km. Le sable a parfois même réussi à escalader les pentes pour atteindre des altitudes assez impressionnantes et franchir, dans certains cas, les premières crêtes su relief côtier. C'est le cas par exemple à Jbel Blida près de Cap Serrat et à Jbel Demina du côté de Raf Raf. Dans ces deux cas le sable a atteint des altitudes supérieures

à 200m.Notons aussi que le sable actuel couvre souvent une ancienne morphologie éolienne (éolianites) et que les modelés sont variés et dans bien des cas guidés par la topographie. Les champs dunaires étendus de la façade nord du pays associent aussi différents modelés et formes liés à des agents morphogéniques autres que le vent. Le cas du champ dunaire de Zouara, l'un des rares à avoir fait une cartographie détaillée, en donne l'une des illustrations les plus significatives à cet égard.

La façade orientale du pays n'est toutefois pas totalement dépourvue de champs dunaires associés aux plages. Mais ces derniers sont rares et lorsqu'ils existent, ils ne montrent jamais l'extension qui caractérise ceux de la façade septentrionale. Ils occupent toutefois une place privilégiée dans la morphologie et un intérêt leur est accordé, en bonne partie, à cause de leur caractère rare. Les plus importants se trouvent à El Madfoun au Nord de Hergla, à Ghdabna au Nord de Chebba et sur la face nord-est de Jerba.

Mais il faut aussi préciser que les régions côtières de la Tunisie renferment d'autres types de constructions éoliennes non moins intéressantes. Une partie est argileuse ou renferme une fraction argileuse importante. Il s'agit en fait, de dunes du type lunettes, anciennes ou actuelles, formées sur les berges, exposées aux vents dominants, des sebkhas. Les exemples les plus nombreux et marqués dans le paysage appartiennent au delta de Oued Majerda, avec notamment les lunettes du secteur du pont de Bizerte. Des lunettes importantes existent aussi au contact des sebkhas du fond du golfe de Hammamet, notamment à la hauteur de Hergla. D'autre, moins importantes, par leur volume, soulignent les berges de certaines des sebkhas du golfe de Tunis (Sidi Bahroun, Ariana) et de la côte orientale de la péninsule du Cap Bon. Dans les régions méridionales, les accumulations formées sur les berges des sebkhas ont plutôt une nature de sables fins. Les exemples les plus expressifs appartiennent à la région de Hachichina, au golfe de Bou Ghrara et aux environs de Zarzis ainsi qu'aux berges de certaines sebkhas de l'archipel kerkenien.

Figure 23: Dunes de sable sur les berges de Sabkhet El Miider (golfe de Bou Ghrara) (photo, A. Oueslati)

V. Les zones humides et les types de rivages qui leurs sont associés

A la différence des constructions dunaires, es milieux montrent le maximum de leur développement dans la façade orientale du pays. Outre les lagunes, elles correspondent à des sebkhas et à des chotts. Dans le golfe de Gabès et ses abords méridionaux, s'ajoutent, du fait de l'importance de la marée, des marais maritimes. C'est aussi dans ce golfe qu'on trouve le plus de zones humides associées aux embouchures de cours d'eau. Le cours inférieur des oueds peut, en plus, être affecté par la marée et la dynamique des eaux marines d'une façon générale. Il fonctionne alors, selon les cas, comme un simple chenal de marée ou un estuaire typique. C'est le cas à Oued El Akarit, à Oued El Ferd, à Oued Zigzaou, …

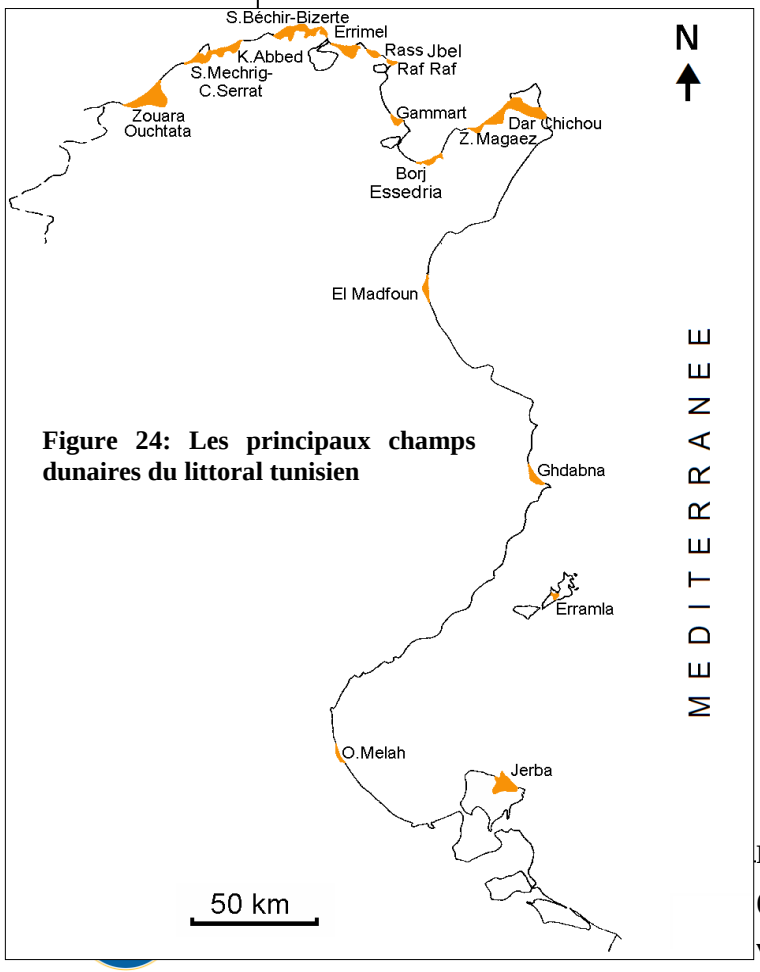


Figure 24: Les principaux champs dunaires du littoral tunisien

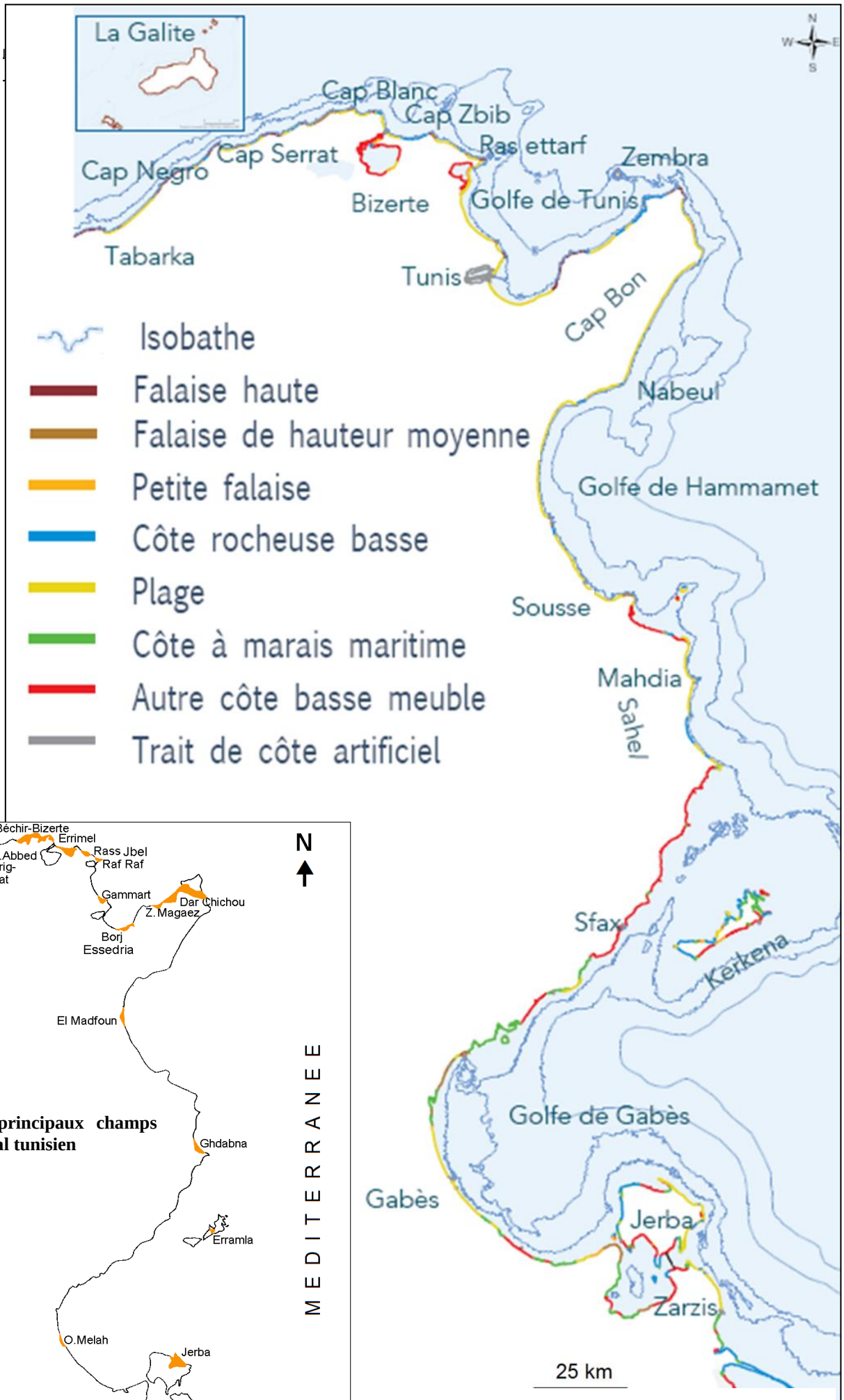


Figure 25: Les différents types de rivages du littoral tunisien (Source : Apal-Pnud ; atlas, littoral de la Tunisie, vulnérabilité à l'élévation du niveau marin)

Figure 24: Le cours inférieur de Oued El Ferd, par marée haute ; l'une des embouchures fonctionnant comme estuaire

(photo, A. Oueslati)

Quatrième partie : les facteurs de la dynamique géomorphologique et les risques associés

Un accent est souvent mis, dans les travaux relatifs à l'aménagement du littoral tunisien, sur l'érosion marine ; car, elle s'attaque à des aménagements importants et menace parfois, dans leur existence, des espaces naturels et activités qui constituent un support vital pour l'économie du pays, notamment le tourisme. Mais dans une cartographie géomorphologique et morphodynamique on doit considérer les différents facteurs en action. Or, les espaces côtiers tunisiens sont le lieu de dynamiques naturelles variées auxquelles sont parfois associés différents aléas et risques géomorphologiques. Dans les régions méridionales, se posent des problèmes de désertification en rapport, en particulier, avec une réactivation des processus de déflation éolienne et d'ensablement. Dans ces mêmes régions et surtout dans les reliefs côtiers des régions pluvieuses on relève des risques liés à l'érosion hydrique. Les versants accidentés, surtout dans la façade nord du pays, sont soumis à une activité importante sous l'effet de la gravité (éboulements et glissements de terrain).

I. Les espaces les plus fortement anthropisés de la Tunisie

La question des risques prend toute son importance lorsqu'on sait que **l**e littoral concentre, en Tunisie, les populations et les activités les plus nombreuses et denses (figure 27). On y trouve 65% de la population totale et 80% de la population urbaine, 90% des établissements touristiques, un peu plus de 80% des établissements industriels et d'importantes infrastructures d'accompagnement (aéroports, ports, autoroutes, établissements d'enseignement primaire, secondaire et universitaire, …). La densité de la population y est souvent supérieure à 100 h/ Km² et peut dépasser localement les 1000 h/ Km² ; alors que la densité moyenne à l'échelle du

pays n'est que de 61 h / Km². L'emprise exercée sur l'espace côtier se dégage aussi de l'importance des superficies occupées et de la variété des activités qu'elles renferment. De telles superficies sont déjà de l'ordre de 66387ha avec une place prépondérante (63,5%) pour l'urbanisation. On retiendra aussi qu'une part indéniable de ces superficies revient à des activités qui exigent une localisation au contact direct avec l'eau à l'image des ports ou qui généralement cherchent une position la plus proche possible du rivage comme les aménagements touristiques. Ces deux types d'activités s'accaparent quelque 6394ha.

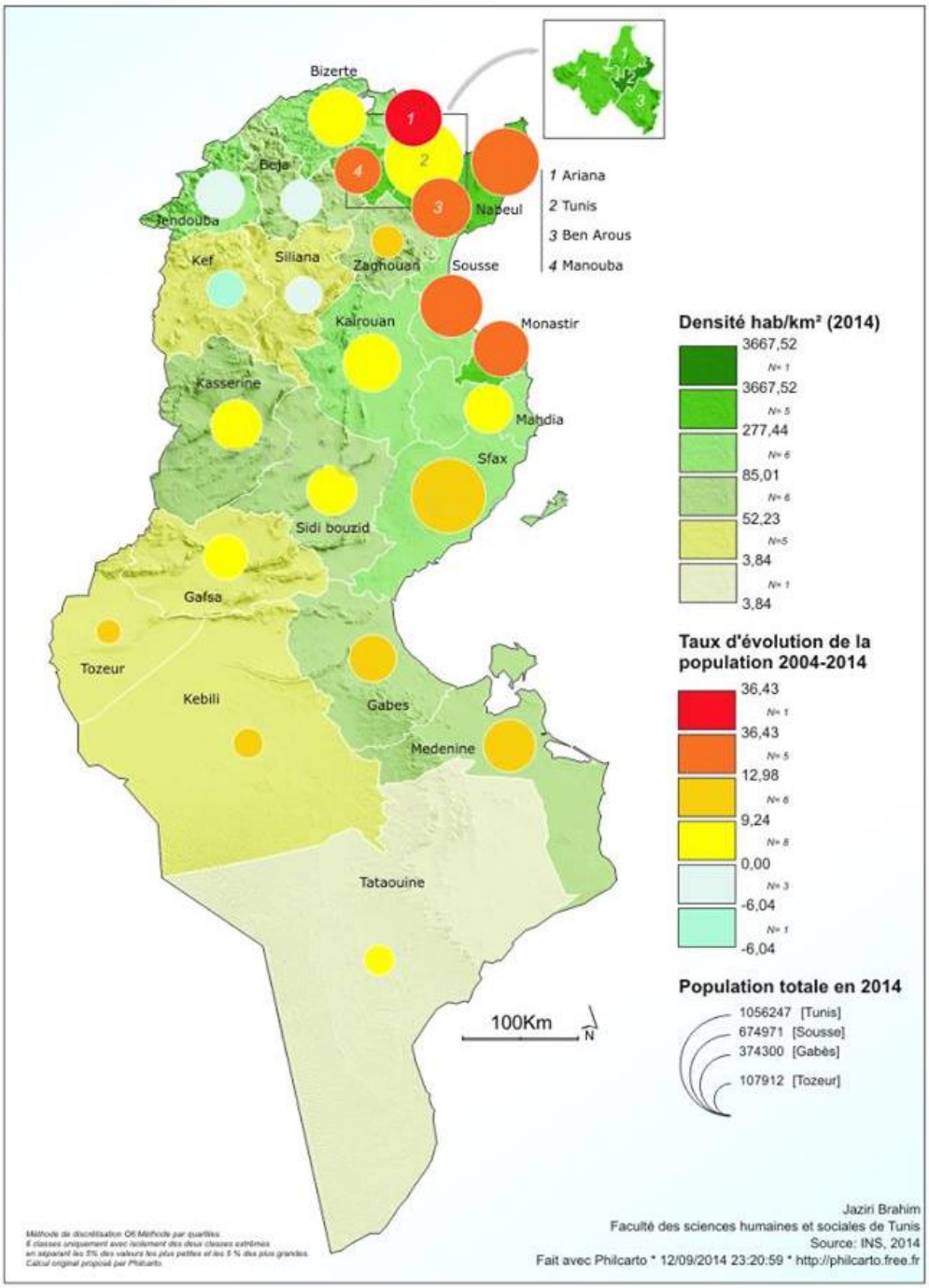


Figure 25: La population tunisienne en 2014 : densités et évolution par rapport à 2004. Les valeurs les plus élevées appartiennent aux régions littorales (élaborée par Jaziri B., source : INS).

II. Différents aléas et risques autres que l'érosion marine

1. Une érosion hydrique sur de grandes étendues

Les manifestations de l'érosion hydrique sont les plus fréquentes dans les régions accidentées du Nord du pays. Mais elles ne manquent pas ailleurs, y compris dans des terrains relativement peu accidentés et moins pluvieux comme le Sahel ou le golfe de Gabès. Les données relatives à l'envasement des barrages situés à peu de distance des rivages ou sur les cours d'eau exoréiques sont souvent très significatives et témoignant de l'importance du phénomène et de l'agressivité avec laquelle peuvent agir les eaux courantes dans certains terrains. Les barrages de Mellègue et de Sidi Salem par exemple, ont retenu après 37 et 10 ans de fonctionnement quelque 121,86 et 52 millions de m3 de sédiments pour des bassins-versants respectifs de 10308 et de 18250 km². Les chiffres peuvent être impressionnants même pour les cours d'eau très modestes. L'envasement du barrage de Oued Chiba, sur la façade orientale de la péninsule du Cap Bon est estimé à 1093,7 m3/km²/an pour un bassin-versant de quelque 64 km² seulement (Abid, 1992). Rien que pour le golfe de Tunis, les aménagements hydrauliques ont entraîné un déficit sédimentaire global annuel, pour le rivage, de quelque 6,3 millions de tonnes (El Arrim, 1996).

Dans l'ensemble, les effets de cette érosion sont d'autant plus marqués et menaçants que les formations géologiques, en affleurement, sont tendres et démunies d'une protection par la végétation ou par des croûtes. C'est dans les terrains argileux et marneux qu'on rencontre les illustrations les plus nombreuses d'une érosion hydrique importante. Un peu partout, dès que la végétation fait défaut et surtout là où des travaux agricoles, notamment les labours, sont entrepris, la place est donnée à différentes formes de dégradation à la fois par décapage superficiel et par incision. Des paysages ravinés, voire de bad-lands, sont très fréquents dans les formations argileuses du domaine du flysch numidien ainsi que dans les formations argileuses et marneuses des reliefs qui encadrent les rivages de la région de Bizerte et du golfe de Tunis. On en trouve aussi dans les argiles mio-pliocènes des régions méridionales lorsque la protection par les croûtes manque. Les environs de Skhira en renferment des paysages parmi les plus expressifs. Des situations on moins significatives caractérisent les versants à ossature géologique dominée par des formations sableuses. C'est ce qu'on peut voir notamment dans les reliefs qui dominent la ville de Hammamet ainsi que ceux qui les prolongent en direction de l'arrière-pays de Nabeul et de Somaa.

L'érosion hydrique ne manque pas aussi sur des topographies peu pentues ou sur des versants courts. Mais c'est dans l'axe des cours d'eau, qu'elle a souvent le plus retenu l'attention par le recul de tête de source (érosion régressive) et surtout par le sapement latéral des berges et leur recul. C'est souvent la dynamique la plus redoutée par la population si l'on croit les interventions sur le terrain. Le recul des berges touche aux propriétés agricoles et entraîne une

réduction de leurs superficies. La menace pèse également sur différents aménagements dont des habitations qui ont couru le risque d'opter pour une localisation à peu de distance de ces berges.

2. Des éboulements et des mouvements de masse variés et parfois menaçants

Ces dynamiques caractérisent surtout les versants des reliefs qui encadrent les rivages de la façade nord du pays et agissent, souvent simultanément, avec les processus liées à l'action des eaux pluviales déjà décrits.

Les éboulements jouent un rôle important dans la dynamique de plusieurs versants surtout ceux qui se caractérisent par l'existence de corniches importantes et apparaissent, souvent, comme l'une des conséquences de l'érosion différentielle.

Les glissements de terrain sont plus complexes et existent aussi bien dans des reliefs importants que dans des reliefs modestes. Mais ils caractérisent principalement les versants dont la géologie accorde une place importante aux formations argileuses. Dans certains cas, ils ont été favorisés par l'existence d'une couverture actuelle ou quaternaire perméable reposant sur un substratum argileux. Ce qui cause, en permettant la formation d'aquifères plus ou moins importants, une imbibition continue en profondeur et partant une instabilité assez continue des versants.

La dynamique peut être accélérée par le pendage des couches et, sur les pentes donnant directement sur la mer, par le sapement basal exercé par les vagues. Les éboulements et les mouvements de masse constituent d'ailleurs l'un des éléments essentiels de la dynamique de plusieurs falaises. Leur place est d'autant plus importante que ces dernières sont hautes et que leur ossature est argileuse ou permet une érosion différentielle active. Les illustrations sont nombreuses surtout sur le littoral de la Kroumirie et des Mogods ainsi que dans différents reliefs de la côte occidentale de la péninsule du Cap Bon et dans les archipels de la Galite et de Zembra.

La dynamique est naturelle mais elle a été aussi, dans certains cas, aggravée ou accélérée par des interventions imprévoyantes de l'homme à travers des aménagements qui se sont retrouvés à risque. Le versant côtier de Jbel Korbous, composé par des alternances argilo-gréseuses d'âge oligocène, offre l'une des illustrations d'une telle dynamique. L'attaque des niveaux argileux à la base de ce versant déstabilise les séries sus-jacentes et a déjà provoqué des ruptures sous forme de glissements à l'image de ceux qui se sont produits entre Aïn Okter et Korbous endommageant la route sur plusieurs tronçons. D'autres exemples sont donnés par les falaises de Gammarth et de Sidi Bou Saïd.

3. Une activité éolienne perçue surtout à travers les phénomènes d'ensablement

Le vent joue un rôle important dans la dynamique des paysages de différentes parties du littoral tunisien. Les conséquences les plus importantes, par leur expression dans le paysage géomorphologique, sont en rapport avec les accumulations dunaires et la mobilité du sable qui les accompagne. Cette dernière a été, dans bien des cas, à l'origine de problèmes d'ensablement et nécessité différentes interventions. Aujourd'hui, les dunes sont largement fixées grâce à l'important travail de reboisement commencé depuis la première moitié du vingtième siècle. Mais ceci ne doit pas laisser comprendre que le risque a été totalement enrayé. Des problèmes persistent surtout dans la frange la plus proche de la mer parce que la végétation ne réussit pas toujours à résister ou parce que les travaux d'entretien des plantations et des ouvrages ont fait défaut.

4. Des inondations par les eaux pluviales

Le problème se pose dans les espaces urbains, notamment les grandes villes, comme en milieu rural. Si bien que, différentes situations se présentent et permettent, selon les cas, d'apprécier les facteurs naturels qui prédisposent ces terrains au risque ainsi que la place de l'homme dans son accentuation. Mais les terrains les plus vulnérables sont, dans l'ensemble, ceux dont le sol est humide par nature, ceux situés au contact de cours d'eau peu encaissés et ceux caractérisés par une topographie déprimée et directement dominée par des versants pentus et découpés par des vallées profondes et étroites. La situation est aggravée par les aménagements au contact ou dans de tels terrains. Ce qui a imposé différentes interventions de protection, parfois très coûteuses. Celles-ci sont parfois l'œuvre d'initiatives privées par une population qui s'est retrouvée, à mesure que les aménagements progressent, exposée au problème. Mais les plus importantes ont été entreprises dans le cadre de travaux publics soit au sein même des espaces à risque (canalisations, déviations de cours d'eau, bassins d'écrêtement, …) ou à distance (barrages, lacs collinaires, …).

Figure 26: Exemple de ravinements dans les formations argileuses des environs de Skhira (photo, A. Oueslati).

Figure 27: Exemple de travaux de lutte contre l'érosion hydrique à Hammamet (photo, A. Oueslati).

Figure 28: Eboulis à Jbel Beni Oulid (Cap Bon)

(photo, A. Oueslati).

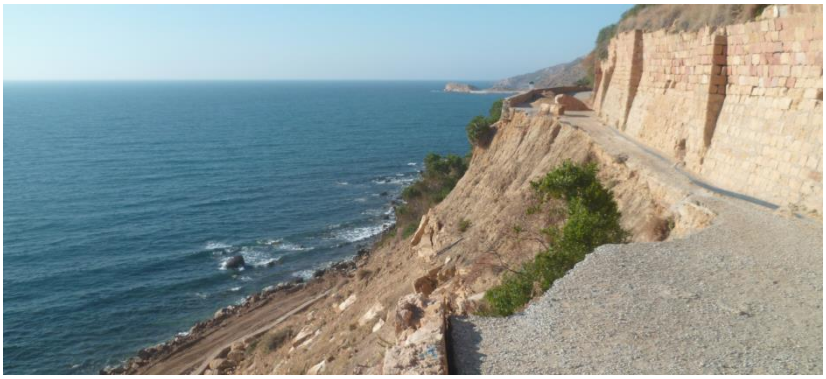


Figure 29: Glissement endommageant la route côtière entre Korbous et Ain Oktor

(photo, A. Oueslati).

Figure 30: Cordon dunaire en cours de démantèlement à Zouara

(photo, Apal)

Figure 31: Oued El Far à Hammamet : portes perchées (1) et murs construits devant certaines entrées (2) sont révélateurs du niveau que peuvent atteindre les eaux au moment des crues (photo, A. Oueslati).

III. L'érosion marine : la question qui a le plus retenu l'attention

La bibliographie, abondante sur le sujet, permet de conclure à une érosion presque généralisée des rivages tunisiens. Un tel constat peut paraître normal dans certaines formes comme les falaises qui sont, par nature, des formes d'érosion. Par contre, il suscite bien des questionnements dans d'autres types de rivages à l'image des plages ou les marais maritimes qui sont normalement des milieux d'accumulation de sédiments (figure 34).

En fait, c'est l'érosion des plages qui a suscité le plus d'intérêt et de débats. Ceci ne doit pas signifier que dans d'autres milieux le problème est moins épineux (figure 35). Mais une telle attitude s'explique largement, outre le rythme assez rapide avec lequel elle agit, par la menace qu'elle présente pour des aménagements importants et par son impact économique direct ou indirect. En effet, à part quelques sites, assez rares et méritant d'ailleurs une attention particulière, un peu partout les indices de régression l'emportent. En différents points, les vagues s'attaquent directement à des aménagements et, certaines plages qui ont constitué la raison d'être de différentes installations comme les hôtels et les quartiers ou villages de résidence secondaire ont même fini par être totalement érodées.

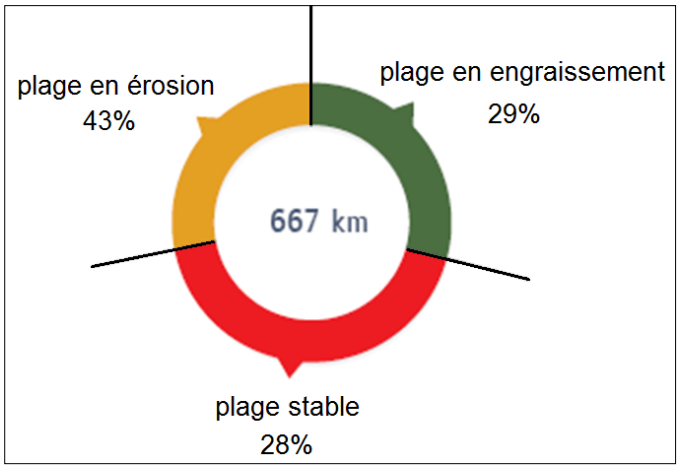


Figure 32: l'état des plages en Tunisie
(source : Apal, 2015)

Les plages qui échappent encore au fléau de l'érosion marine sont favorisées par des conditions particulières dont, notamment le fait: -de se trouver sur le chemin d'une dérive littorale active et bien chargée en sédiments comme il se passe dans le cas de la partie distale de la flèche littorale de Rass Errmal à Jerba , -de se trouver dans une position d'abri permettant de profiter d'une dynamique générée par une importante diffraction des vagues. C'est le cas dans les rivages devancés par des obstacles rocheux ayant parfois conduit jusqu'à l'apparition de tombolos, -que le rivage soit précédé par un avant-côte dont les matériaux ont subi une déstabilisation importante par la destruction de ses herbiers ce qui a permis leur migration en direction du rivage. C'est le cas par exemple, dans le prolongement méridional de la presqu'île d'El Gastil, au Sud de Jerba, où de nouvelles plages du type îles barrières viennent de voir le jour.

Une telle situation dans laquelle l'érosion occupe une place importante est vue, d'abord, comme le témoignage d'une faiblesse naturelle due à une tendance à la hausse du niveau marin et surtout à une pénurie sédimentaire. Des indices géomorphologiques d'érosion ont d'ailleurs été

identifiés dans des secteurs encore en dehors d'une intervention humaine. De plus, l'érosion des plages n'est pas un phénomène nouveau. Elle est évoquée dans la bibliographie depuis le début du vingtième siècle (figure 36). Des travaux de protection, comme par des épis en pieux de bois qu'on reconnaît sur des cartes postales anciennes représentant différentes plages, notamment celles de la côte comprise entre La Goulette et Carthage, en témoignent. Mais la situation s'est aggravée avec le temps pour prendre des dimensions parfois très inquiétantes, voire catastrophiques, au cours des dernières décennies. C'est qu'en réalité, à une conjoncture naturelle défavorable aux plages, se sont ajoutées des interventions humaines imprévoyantes de plus en plus nombreuses.

En effet, les différentes études consacrées à la question s'accordent sur l'importance de la responsabilité de l'homme dans la dégradation récente de la situation. Le fait que les effets de l'érosion marine soient, dans l'ensemble, d'autant plus manifestes que la côte est anciennement et densément aménagée en est l'un des indicateurs les plus parlants. Significatif, est également le fait que les plages les plus affectées par le phénomène se trouvent dans la baie de Tunis et sur la côte orientale du pays. Car, ces parties du littoral tunisien qui renferment des plages parmi les plus dégradées, sont, paradoxalement, les moins exposées aux vents dominants et les moins intéressées par les fortes houles. De plus, on y trouve souvent les cours d'eau les plus importants. Si les plages de la façade nord continuent à résister malgré une mer plus énergique c'est parce qu'elles profitent des débris arrachés aux falaises et aux côtes rocheuses qui les jouxtent ainsi que des apports des nombreux oueds exoréiques, mais aussi parce que 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.

En ignorant les caractéristiques de l'évolution naturelle, précitées, et les contraintes liées à la conjoncture actuelle, ou en les sous-estimant, l'homme assume une grande responsabilité. Celle-ci peut se manifeste à travers plusieurs types d'intervention. Mais, dans l'ensemble, celles

Figure 33: L'érosion des falaises est phénomène normal ;
mais l'attention est retenue par sa vitesse même dans des milieux à mode peu battu comme c'est le cas sur cette photo prise sur la berge sud de la lagune de Bizerte. Le risque ne doit pas être évalué seulement par les aménagements et les implantations humaines ; l'enjeu peut être aussi, comme dans la présente situation, des terres agricoles (photo, A. Oueslati).

qui ont eu les conséquences les plus graves sont en rapport avec la perturbation de l'échange sédimentaire entre les différentes parties du profil transversal de la plage et le dérèglement du transit sédimentaire le long du rivage ainsi que l'affaiblissement du budget sédimentaire et l'utilisation de moyens de protection non, ou peu, adaptés. Ce dernier aspect sera développé surtout dans la partie consacrée à la question de l'élévation du niveau main et les mesures qu'elle appelle.

Figure 34: Des plages devenues étroites, déjà au cours de la première moitié du vingtième siècle, comme le montre cette carte postale représentant la côte de Dermech-Salammbo rapportée aux années 1930.
http://www.delcampe.net/page/item/id,238506929,var,DERMECH-amp;-SALAMMBO-CARTHAGE-La-plage-1936-bon-eacute;tat,language,F.html)

Figure 35: Exemple d'érosion avancée d'une plage et menace sur les constructions de front de mer (côte de Bizerte)

(photo, A. Oueslati)

Figure 36: Exemple de dérèglement du transit littoral par l'un des nombreux épis de la côte touristique de Jerba

(photo, A. Oueslati)

Cinquième partie : Sur la variété géomorphologique des espaces insulaires tunisiens

La Tunisie possède les espaces insulaires les plus nombreux et les plus variés de la berge sud de la Méditerranée. Au nombre d'une soixantaine, ces espaces correspondent à des îles et îlots de tailles variées et s'organisent fréquemment en archipels. Toutefois, les données topographiques et morphostructurales ainsi que les caractéristiques de l'environnement naturel et humain permettent de distinguer entre ceux de la façade nord du pays d'une part et ceux de la façade orientale d'autre part.

I. Les îles de la façade nord du pays

Ces îles ont, à part le petit îlot de Chekli situé dans la lagune de Tunis, une topographie accidentée. Ils se caractérisent aussi par des superficies faibles. D'un autre côté, tout comme les côtes qu'ils devancent, ces îles sont soumises à un climat humide et pluvieux et sont baignés par des eaux souvent profondes et agitées. Il s'agit aussi, d'espaces inhabités ; la présence humaine à un cadre officiel, de contrôle et de garde.

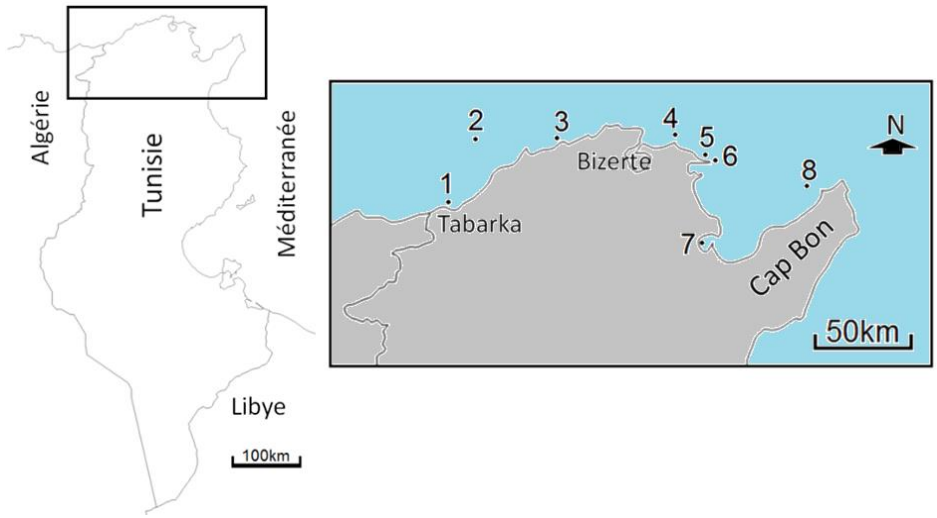


Figure 37: Localisation des espaces insulaires de la façade nord de la Tunisie.
1-archipel de la Galite,
2-îlot de Tabarka ;
3-îlots Fratelli ;
4-îlots des Cani ;
5-îlot Pilau ; 6-îlot Plane ;
7-îlot Chekli ; 8-archipel Zembra.

Les archipels de la Galite et de Zembra renferment les îles les plus importantes par leur superficie et montrent, de ce fait, la géomorphologie la plus variée. Une place importante est accordée aux formes structurales favorisées par une géologie contrastée surtout dans l'archipel de la Galite qui se distingue par l'importance des roches éruptives. Sur le rivage, la prépondérance est aux falaises et côtes rocheuses. Les plages sont essentiellement du type grève.

Les îles de la Galite et de Zembra sont aussi le lieu d'une activité importante des agents de l'érosion et sont les seules à permettre une cartographie géomorphologique significative à l'échelle demandée par l'étude. Leur exigüité n'a pas empêché l'existence d'un important héritage quaternaire, surtout dans l'archipel de la Galite où l'étude des versants et du rivage a

permis d'identifier une succession de formes et de dépôts intéressante. En plus, des traces d'un nieau marin tyrrhénien, la coupe de synthèse montre une alternance de dépôts éoliens consolidés rapportés au Pléistocène supérieur ainsi que des dépôts de pente appartenant à la même période et d'autres plus récents (figure 40).

L'attention est également retenue par l'importance de la dynamique actuelle. Sur le rivage, dominent les processus d'érosion, reconnaissables surtout à travars l'allure des falaises et les nombreux éboulis qui encombrent leur pied. Quant aux versants, ils portent souvent les traces d'une importante activité des eaux pluviales. Mais une place prépondérante est accordée aux éboulements. Les glissements de terrain sont égalements actifs là où la géologie est argileuse. Le phénomène prend de l'importance en présence d'une couverture perméable. C'est le cas en paticulier dans l'archipel de la Galite, notamment dans les versants qui dominent la baie de l'Escueil de Pasque. La fissuration, abondante, qui affecte les murs des constructions, est largement en rapport avec cette dynamique.

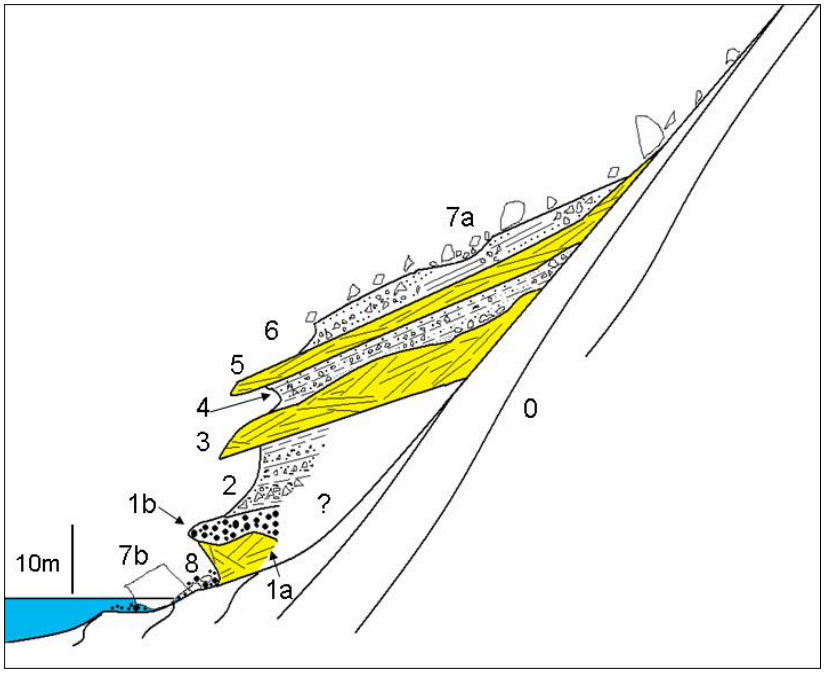


Figure 38: Coupe synthétique des dépôts quaternaires de l'archipel

(source : rapport Apal, 2009)

0-Substratum pré-quaternaire ; 1a- grès calcaire riche en débris de coquilles marines, escargots continentaux: (éolianite du dernier interglaciaire) ; 1b- conglomérat de plage à strombes (dernier interglaciaire); 2- dépôts de pente grossiers à la base, devenant essentiellement sablo-limono-argileux de couleur rougeâtre dans la partie supérieure, (Pléistocène supérieur); 3- éolianite (Pléistocène supérieur) ; 4-colluvions et dépôts de pente avec croûte calcaire zonaire au sommet (Pléistocène supérieur) ; 5- éolianite (Pléistocène supérieur) ; 6-colluvions et dépôts de pente contenant des tessons d'une poterie romaine (époque historique) ; 7a-éboulis de versant ; 7b-éboulis de pied de falaise ; 8-plage actuelle.

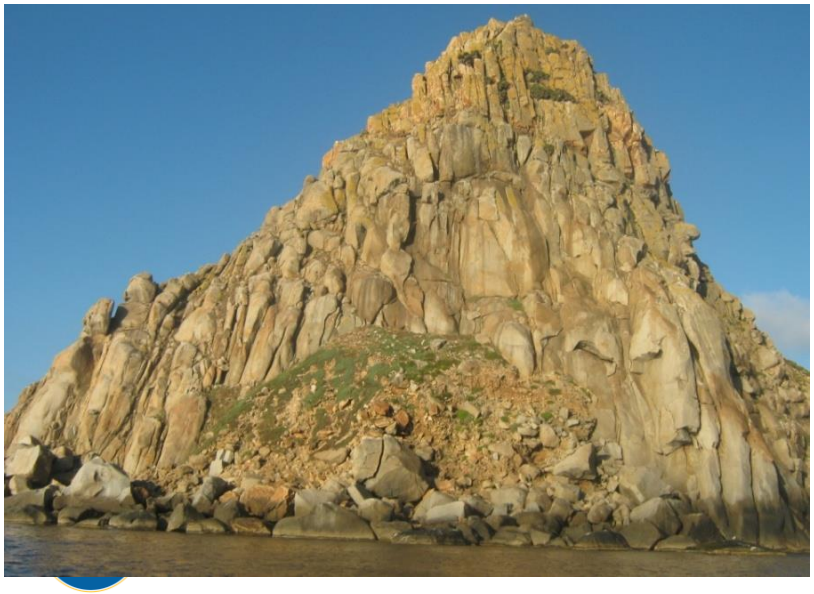


Figure 39: Caractère escarpé des versants et paquet d'éboulis à la Fauchelle

(photo, A. Oueslati)

Figure 40: L'influence des données structurales sur la morphologie et le tracé du rivage et sur la morphologie et la dynamique des versants qui le dominent (côte sud-ouest de Zembra)

(photo, A. Oueslati).

En dehors des archipels de la Galite et de Zembra

La taille limitée des îlots n'a pas favorisé une variété morphologique, à l'intérieur de chacun d'entre eux. Les plus petits ont généralement une géologie relativement homogène et souvent dominée par des formations résistantes ; si bien que, le paysage y est presque toujours celui de corps rocheux dont l'évolution la plus importante est en rapport avec les processus marins. Certes, les conditions topographiques et géologiques ainsi le contexte météomarin font que des différences s'observent d'un îlot à l'autre. Mais dans l'ensemble, et à part l'îlot de Chekli très bas et partiellement fait de matériaux tendres d'origine archéologique, ce sont les rivages rocheux et à falaises qui dominent.

L'évolution de ces rivages se fait en partie par des phénomènes d'éboulement. Mais le matériel rocheux, étant carbonaté dans le cas de certains îlots, une place indéniable est donnée à l'érosion biochimique et aux formes caractéristiques qui en résultent comme les estrans à mares et lapiés ou à trottoir ainsi que les encoches et parfois même des grottes.

II. Les îles de la façade orientale du pays

Cette façade renferme les deux tiers de la soixantaine d'îles du littoral tunisien. A l'image de ceux de la façade septentrionale, ces espaces sont souvent regroupés en archipels. Mais ils se distinguent par leur topographie toujours basse ainsi que par l'absence quasi-totale de tout réseau hydrographique et par le fait qu'ils sont baignés par des eaux peu profondes. A part l'île de Jerba et les îles de Gharbia et Cherguia de l'archipel de Kerkena, il s'agit partout d'unités très petites, voire minuscules. D'un autre côté, la géologie est peu variée et les rivages sont souvent faits de matériaux tendres ou meubles.

Finalement, seuls les Kerkena et Jerba, qui sont aussi les seuls espaces insulaires habitées, de nos jours, présentent une variété morphologique sur des distances relativement importantes et pouvant faire l'objet d'une cartographie significative à l'échelle demandée par l'étude.

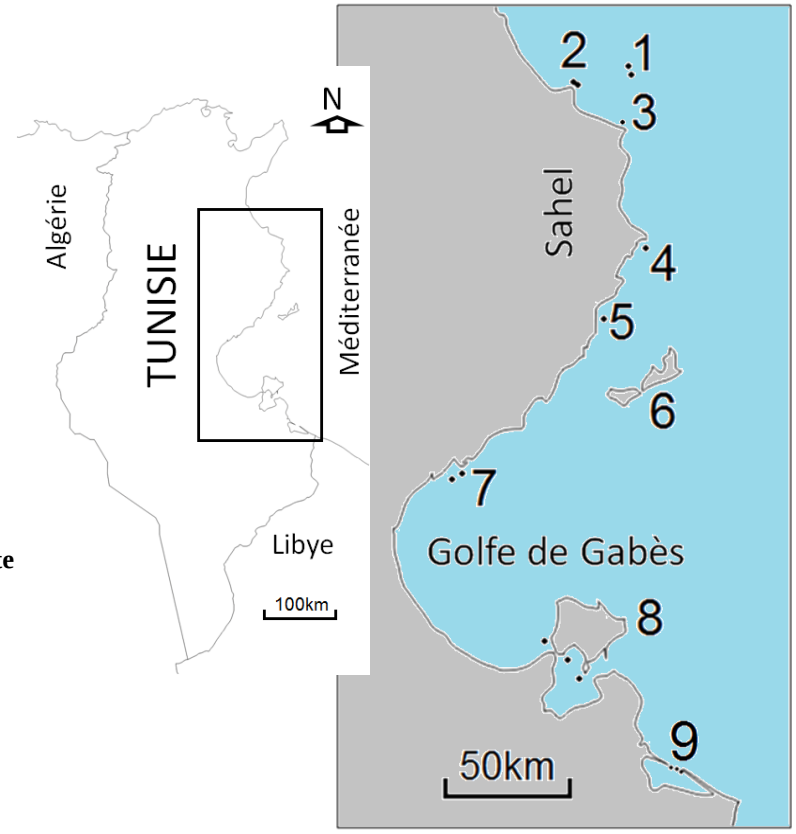


Figure 41: Localisation des îles de la côte orientale de la Tunisie

1-Kuriates ; 2-îlots de Monastir ; 3-Eddzira (Dimasse) ; 4- Kaboudia ; 5- El Far ; 6- Kerkena ; 7- Kneiss ; 8- Jerba ; 9- El Bibène.

L'archipel des Kerkena est constitué de deux îles principales (Gharbia et Cherguia) et d'une série d'îlots formant un ensemble allongé SW-NE sur près de 35 Km et une superficie de l'ordre de 150 km². Il se caractérise aussi par la grande faiblesse de sa topographie (le point culminant n'est que de 13m) et de la bathymétrie des eaux qui l'entourent.

Sur le plan topographique les îles principales montrent une succession de dos de terrains plus ou moins bien marqués dans le paysage que séparent des bas-fonds souvent occupés par des terres humides du type sebkhas et chotts. Les parties situées à une altitude supérieur à 10m sont rares ; au contraire, la plus grande partie des terres se trouve à une cote inférieure à 5m et souvent inférieure à 2m. Ce qui n'a pas favorisé l'existence de surfaces pentues sur de grandes étendues, ni la formation d'un vrai réseau hydrographique. Cette faiblesse topographique se prolonge sous l'eau. L'archipel est entouré 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.

Du point de vue géologique, l'archipel a une ossature faite principalement par des argiles sableuses et gypseuses, attribuées au Mio-Pilocène. La couverture quaternaire se réduit très souvent à une croûte calcaire et à des épandages colluvio-éoliens peu épais. Dans la partie occidentale de Gharbia, sur la face sud-est de Cherguia et dans l'îlot de Gremdi, une place importante est donnée à des formations gréseuses héritées de la transgression marine du dernier interglaciaire (Tyrrhénien) et qui se caractérisent par leur faciès oolithiques et l'existence d'une faune chaude dont notamment des strombes (*Strombus bubonius*). C'est la formation

Rejiche bien représentée sur une grande partie du littoral oriental de la Tunisie et dont la mise en place remonte à il y a environ 125 000 ans.

Sur le rivage, la morphologie montre avec une alternance de falaises, côtes rocheuses, plages et marais maritimes. Les premières évoluent la plupart du temps dans des formations tendres, surtout les argiles mio-pliocènes. Mais les commandements sont toujours modestes à faibles. Les plus importants sont compris entre 5 et 10m et ne dépassent cette dernière valeur que très localement. Ailleurs, les valeurs sont fréquemment inférieures à 3m et le matériel battu par les vagues est hétérogène et souvent fait d'une superposition de différentes formations quaternaires recouvrant les argiles. Ce qui favorise l'érosion différentielle et constitue un facteur de faiblesse de ces formes.

Les côtes rocheuses caractérisent une part importante des rivages bas. Elles sont le mieux représentées dans les caps et sur la façade nord-ouest qui est la plus exposée aux vents dominants dans la région. Leur matériel correspond à des affleurements des croûtes calcaires ou à des grès tyrrhéniens.

Les plages sont toujours peu développées tant par leur largeur que par leur épaisseur. Très souvent, elles se limitent à des liserés sableux discontinus et qui couvrent à peine la roche sous-jacente. De plus, elles sont dépourvues de dunes ou accompagnées par une dune bordière très peu développée. Celles qui montrent une certaine présence et méritent d'apparaitre dans une cartographie géomorphologique se trouvent au voisinage du port de Sidi Youssef, dans la côte comprise entre Sidi Fraj et en différents points du 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.

Les marais maritimes sont bien présents dans le paysage morphologique de l'archipel et montrent le maximum de leur extension notamment dans la partie nord-est de l'île Cherguia et dans les îlots de Gremdi et de Lazdad. Ils doivent leur genèse et extension à la marée, à la topographie faible et au tracé du rivage favorable, par ses nombreuses échancrures, aux positions d'abri. Leurs schorres sont généralement parcourus par de nombreux chenaux dont les plus grands s'inscrivent parfois dans le prolongement de ceux qui sillonnent les hauts-fonds qui ceinturent l'archipel.

Enfin, la faiblesse des estrans sableux n'a pas empêché l'archipel de posséder quelques constructions. Elles occupent les berges de certaines sebkhas et sont dues à la déflation exercée à la surface de ces dernières lorsqu'elles s'assèchent en été. C'est le cas notamment sur les berges des sebkhas qui s'étendent entre la presqu'île de Founkhall et la ville d'Erramla dont le nom est déjà évocateur (Erramla signifie le sable en arabe).

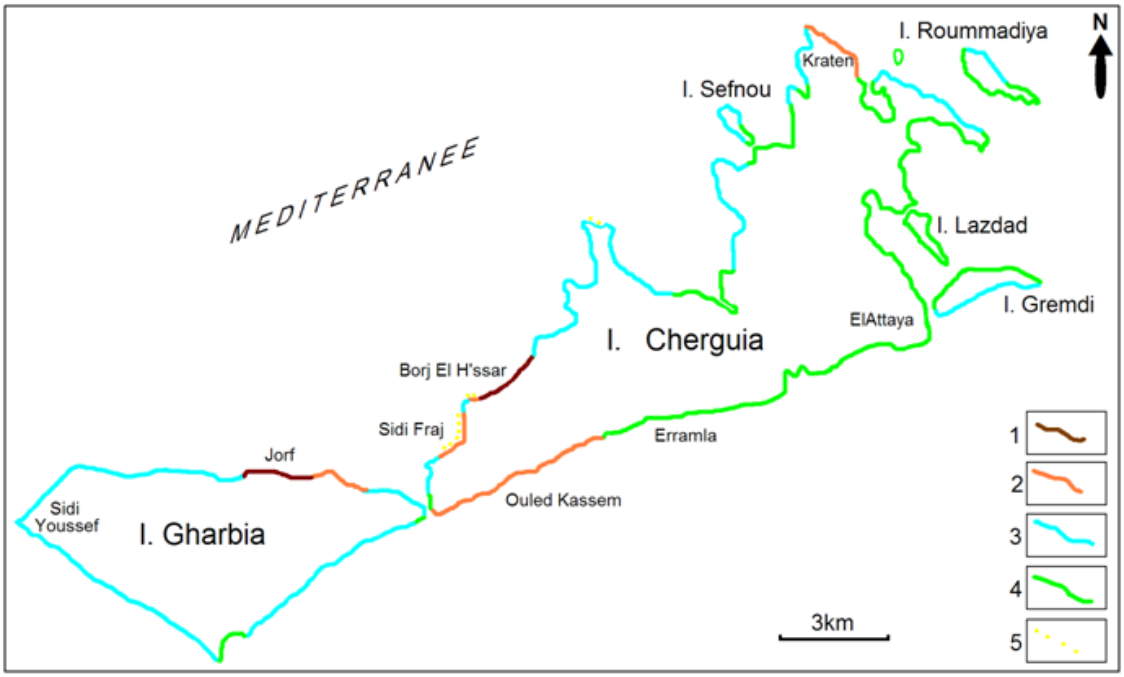


Figure 42: Caractéristiques géomorphologiques des rivages de l'archipel kerkenien (source : DGQV, 2007) 1-Falaise importante par sa place dans le paysage ; 2-petites falaises ; 3-côtes rocheuses basses ; 4-côtes basses meubles ; 5-plages sableuses (source : l'étude de la carte de la vulnérabilité aux CC, 2012).

Figure 43: Exemple de l'importance du paysage de terres humides dans l'archipel des Kerkena (photo dans la partie nord-occidentale de l'île de Chergui)

(photo, A. Oueslati)

Figure 44: Malgré leur rareté dans les Kerkena, les falaises sont importantes par leur place dans le paysage et par leur dynamique ; ici, la falaise de Jorf au Nord de Ouled Ezzeddine et une fissuration de sa partie sommitale annonçant un éboulement

(photo, A. Oueslati)

Jerba a un paysage d'ensemble qui rappelle celui des Kerkena mais avec des altitudes moins basses. Dans les parties internes de l'île principale, le paysage topographique est largement celui de bas plateaux souvent étagés et situés à des altitudes le plus souvent inférieures à 40m ; le point culminant, situé près du château d'eau de Guellala, n'est que de 53m. Dans la frange côtière de cette île et dans les îlots voisins, les altitudes descendent sous la cote de 5m et sont fréquemment inférieures à 2m.

Tout comme dans l'archipel kerkenien, les argiles mio-pliocènes, la croûte calcaire dite villafranchienne ou croûte saumon à Hélicidés et les grès tyrrhéniens (souvent sous la forme d'un cordon littoral fossile bien marqué dans le paysage) constituent l'essentiel de l'ossature géologique. Mais Jerba se distingue par le fait qu'elle accorde une place plus importante aux dépôts liés aux eaux courantes ou colluvio-éoliens. On y trouve, en plus, des dépôts marins holocènes et différentes générations de dunes inexistantes dans les Kerkena.

Les traces d'un niveau marin plus récent que le Tyrrhénien, et qu'on ne retrouve pas dans les Kerkena, sont d'âge holocène. Elles correspondent, selon les cas, à un platier rocheux dominant le niveau marin actuel de quelques décimètres ou à des dépôts marins. On les rencontre dans différentes parties de la côte de l'île principale notamment au Sud et à l'Ouest. Des datations radiométriques au C14 qui leur ont donné un âge voisin de 2075 ans B.P. (Dalongeville*et.al*., 1980).

Quant aux constructions éoliennes qui sont également mieux représentées que dans l'archipel kerkenien, elles appartiennent à différentes générations allant du Pléistocène supérieur à l'Actuel. Les plus anciennes, décrites surtout dans la partie méridionale de l'île principale, sont connues sous l'appellation de Formation Tlett du nom du village situé sur la route entre Guellala et Erriadh. Il s'agit d'un grès moyennement induré, riche en fragments de coquilles et pour lequel des datations, par la méthode du C14, ont donné des âges permettant de le rapporter au Pléistocène supérieur (Paskoff et Sanlaville, 1983).La génération suivante est d'âge holocène et correspond à des dunes consolidées corrélées avec la Formation Sidi Salem (Paskoff et Sanlaville, 1983). Elle est la mieux représentée dans les parties occidentales et septentrionales de l'île principale. Enfin, les dunes actuelles et subactuelles sont faites de sables meubles et caractérisent surtout le tiers nord-oriental de cette île où elles sont en bonne partie passées sous le bâti des aménagements touristiques.

Pour ce qui est de la morphologie des rivages l'île renferme quatre principaux types de formes d'inégale importance tant par le linéaire côtier qu'ils intéressent que par leur place dans le paysage d'ensemble. Ces formes sont, selon leur importance: des côtes sableuses (plages et dunes), des marais maritimes, des côtes rocheuses basses et des falaises. Jerba se distingue toutefois de la plupart des îles tunisiennes par ses plages sableuses dont les plus étendues sont accompagnées de dunes relativement importantes et se trouvent sur la façade orientale et

nord-orientale et s'étendent depuis la pointe de la presqu'île d'El Gastil jusqu'à la pointe de la flèche de Rass Errmal.

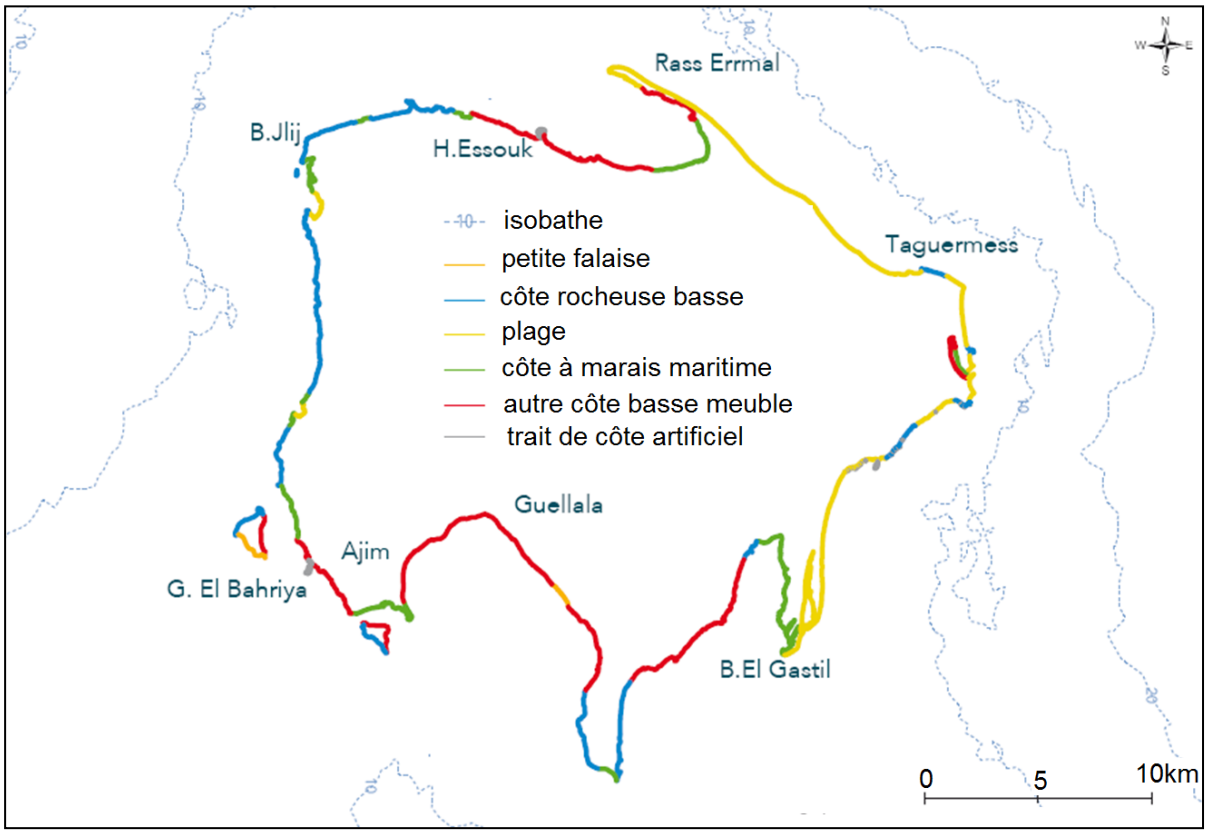


Figure 45: Les types de rivages à Jerba et les îlots voisins

En dehors des archipels de Kerkena et de Jerba : les différents îlots de la côte orientale se caractérisent, à l'image de ceux qui entourent les îles principales de Jerba et de Kerkena, en plus de leur taille parfois très petite, par leur topographie très basse. Toutefois, le cadre hydrologique et la géologie diffèrent assez sensiblement d'un secteur à l'autre, ce qui se répercute sur la morphologie d'ensemble et surtout sur la morphologie du rivage. On peut néanmoins distinguer quatre types de situations : -des îlots rocheux dont le contact avec la mer se fait par une morphologie de côtes rocheuses basses ou de falaises peu hautes mais bien marquées dans le paysage. L'estran est le lieu d'un modelé de formes de corrosion. C'est le cas des îlots qui devancent la côte de la ville de Monastir ; -des îlots très bas et caractérisés par un rivage fait d'une alternance de côtes rocheuses basses, de plages et de terres humides, c'est le cas de l'île principale des Kuriates ; -des îlots très bas et caractérisés par un rivage rocheux, c'est le cas des îles méridionales de l'archipel des Kneiss et des îlots du petit archipel d'El Bibène et enfin –des îlots très bas et à rivages faits de petites plages sableuses et surtout de côtes basses meubles, souvent à marais, c'est le cas dans la petite Kuriate et dans l'îlot d'El Bessila dans les Kneiss.

Sixième partie : Face au changement climatique (CC): protection, adaptation ou résilience ?

I. L'élévation du niveau marin, l'une de ses conséquences du CC

Il est admis aujourd'hui, du moins sur la base des rapports du GIEC, que la tendance récente a été pour une augmentation des températures de la planète. Il est également admis que le phénomène va continuer en s'accentuant et que l'une des conséquences est une élévation du niveau marin. D'après le rapport de 2007 du GIEC, le niveau marin s'est élevé de 17cm au cours du vingtième siècle. Entre 1993 et 2003 l'élévation s'est faite avec une moyenne comprise entre 2,4 et 3,8mm/an, soit le double de la moyenne enregistrée durant tout le vingtième siècle.

Pour les scénarios en rapport avec l'évolution future, les études réalisées en Tunisie, impliquant l'Apal, ont retenu le scénario qui prévoit une augmentation du niveau de la mer de 50cm d'ici la fin du siècle courant. Ce qui ne sera pas sans impact sur la dynamique des paysages, sur et au contact des rivages, ainsi que sur les milieux influencés par la présence de la mer comme les lagunes, les sebkhas littorales et les embouchures de certains oueds.

Les études consacrées à la question ont évoqué des phénomènes de salinisation des terres, de marinisation des embouchures des cours d'eau ou de lagunes, d'accélération de l'érosion marine et de submersion. Dans le présent travail, consacré à la cartographie géomorphologique, nous nous limiterons aux aspects pouvant influencer le paysage ou la dynamique géomorphologique. Ceci apparaitra fondamentalement à travers l'érosion marine et les phénomènes de submersion. C'est ce qu'on peut, du moins, tirer des enseignements de l'évolution déroulée au cours des temps historiques puisque les recherches menées récemment sur les côtes de la Tunisie ont démontré que le niveau de la mer était inférieur à l'Actuel, de quelques décimètres, au cours de l'Antiquité classique.

II. Erosion marine et submersion : les deux conséquences majeures attendues et pouvant avoir un impact géomorphologique

Les différentes études consacrées au sujet ont permis de donner une idée significative de la vulnérabilité du littoral tunisien à ces deux phénomènes qui sont en réalité, on l'a vu, déjà opérationnels. Elles ont permis aussi de révéler des différences importantes d'un segment à un autre surtout en fonction des conditions topographiques, morphologiques, structurales, lithologiques, pédologiques, hydrogéologiques et hydrologiques. La configuration du rivage et son exposition ainsi que les caractéristiques de la dynamique sédimentaire peuvent également avoir des effets importants. De plus, le comportement de la côte variera en fonction des

aménagements et de leurs rapports avec les exigences de la dynamique du milieu naturel dans une conjoncture d'élévation du niveau marin.

Figure 46: Vestiges archéologiques en cours d'érosion dans la côte de Hergla ; l'un des nombreux exemples sur les côtes de la Tunisie

(photo, Apal)

Figure 47: L'une des nombreuses carrières antiques submergées ; côte de Degla (Cap Bon)

(photo, A. Oueslati).

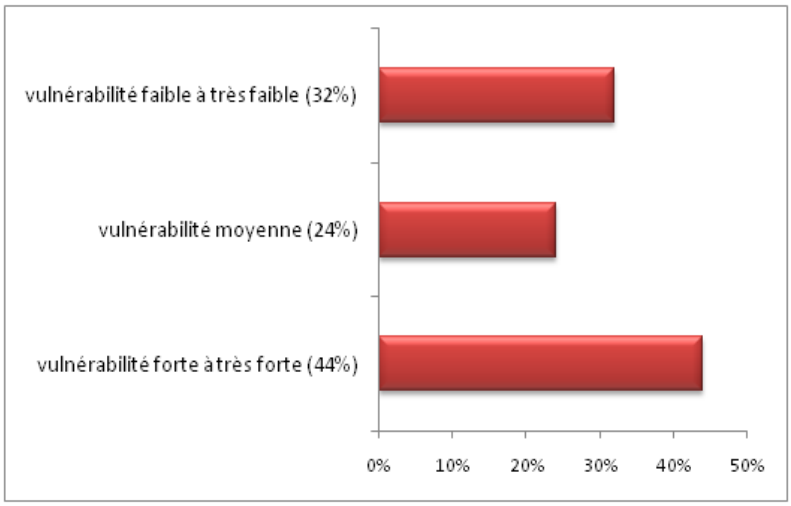


Figure 48: Classification des côtes tunisiennes en fonction de leur niveau de vulnérabilité à une élévation du niveau marin (d'après les données de l'étude de 2012).

Pour la question de l'érosion, les résultats ont été obtenus par la méthode des indices qui a permis de distinguer cinq classes allant de la vulnérabilité faible à la vulnérabilité très élevée. Pour la submersion, 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 (en fait, 1m et non 50cm surtout à cause de l'absence de documents cartographiques à très grande échelle).

D'après le travail réalisé dans le cadre de l'étude de 2012, c'est dans le golfe de Gabès et ses abords méridionaux qu'on trouve le plus long linéaire côtier très vulnérable. Vient ensuite le golfe de Tunis et le Sahel. Les côtes les moins vulnérables appartiennent, par contre, à la façade nord du pays. On découvre aussi que les segments côtiers les plus concernés par les forts niveaux de vulnérabilité sont souvent ceux déjà confrontés à des problèmes d'érosion ou fortement peuplés et aménagés. Ces résultats reflètent en fait, la vulnérabilité globale qui considère différents paramètres. Ceux en rapport avec la vulnérabilité géomorphologique, qui nous intéressent le plus directement dans ce travail, n'en différent pas de façon significative (figure 52).

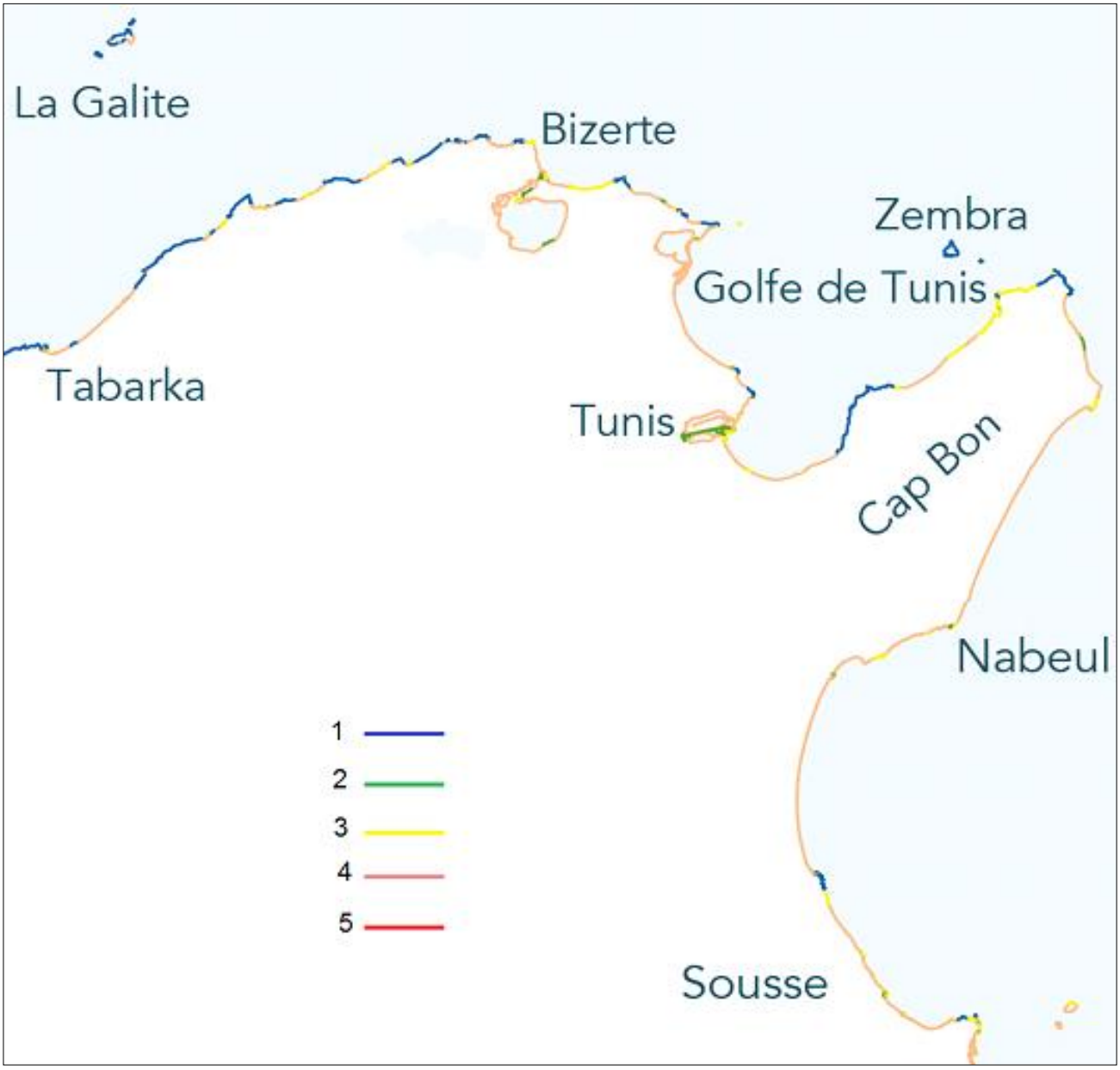


Figure 49: Carte de la vulnérabilité du rivage selon l'indice géomorphologique (au Nord du Sahel) (source : Apal-Pnud ; atlas, littoral de la Tunisie, vulnérabilité à l'élévation du niveau marin)

1- très faible ; 2 faible ; 3-moyenne ; 4- élevée ; 5- très élevée -

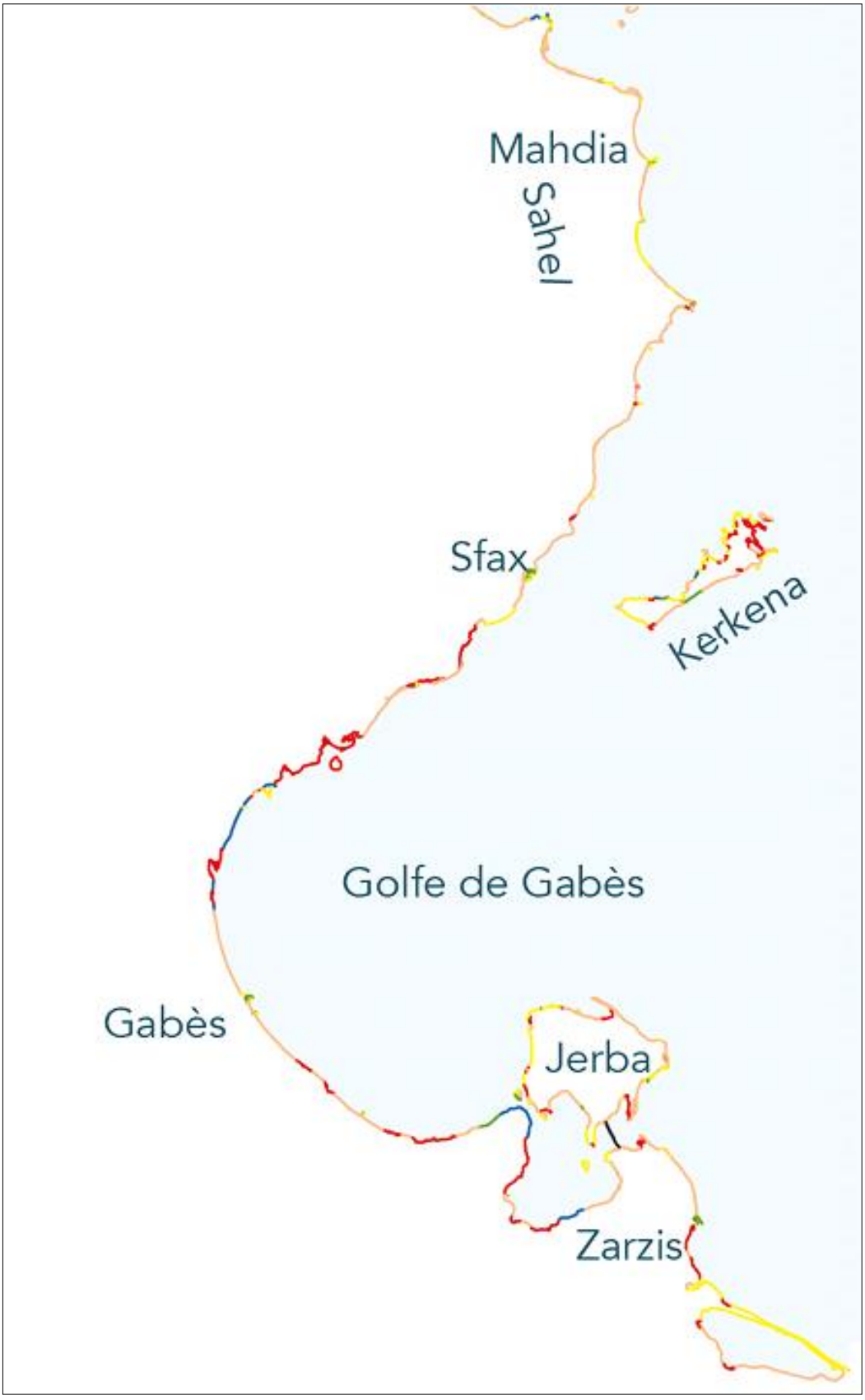


Figure 50: Carte de la vulnérabilité du rivage selon l'indice géomorphologique au Sud du Sahel (même source et même légende que figure 51)

Aussi, apparait-il que ce sont les côtes basses, notamment celles à plages et à marais maritimes qui montrent le niveau de vulnérabilité le plus élevé. Or, ces deux types de rivages intéressent, si on excepte les lagunes, 67% de la côte continentale de la façade orientale du pays. 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.

Cette vulnérabilité élevée à l'érosion est en bonne partie liée au cadre lithologique. Mais pour les rivages sableux, intervient de façon significative le facteur sédimentologique. Les plages considérées comme pouvant échapper à une vulnérabilité élevée sont celles qui disposent d'importantes réserves en sable, notamment par la présence des dunes importantes. Non moins important est le type d'occupation et d'aménagement de l'arrière pays immédiat et du front de mer. C'est pourquoi, dans la liste des segments très vulnérables, le Sahel vient en tête avec 166 km occupés (sur 196 km), soit environ 85 % de tout le littoral sahélien. De même pour les lagunes, si les rivages du Lac de Tunis sont considérés comme les plus vulnérables c'est parce qu'ils sont occupées ou aménagées presque à 100 %. On a vu, dans la deuxième partie de ce travail, que l'érosion pose le plus de problèmes dans les rivages bordés par des constructions en dur. Car ceci ne permettra pas aux plages de s'adapter à la dynamique que créera une élévation du niveau marin. On verra plus loin que des formes d'adaptation peuvent en effet exister ; mais elles exigent des conditions dont l'absence d'obstacle rigide en arrière de la plage.

Pour la submersion, les mesures ont été faites, comme signalé plus haut, par rapport au scénario considérant comme potentiellement submersibles les terres situées à une altitude comprise entre 0 et +1m. Il s'agit de diverses terres basses côtières et plus particulièrement des zones humides côtières (lagunes, sebkhas, embouchures d'oueds, marais, …). Au total, les superficies des terres submersibles sont estimées à quelque 116 130ha (tableau). Une telle valeur, relativement importante, s'explique largement par la grande extension des sebkhas littorales qui accaparent 64% des superficies submersibles. Elle s'explique aussi par l'importance des marais maritimes dans certains segments côtiers. La partie interne (schorre) de ces marais est fréquemment inondée, déjà avec le niveau marin actuel. 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 bordant la mer(qui correspondent essentiellement à des plaines alluviales) et les 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%).

Considérant la répartition de tels milieux, des inégalités significatives se dégagent entre les régions. Aussi, note-t-on une nette opposition entre les deux façades du pays. Les rivages de la la façade orientale, en particulier dans les golfes de Hammamet et de Gabès et plus particulièrement dans ce dernier, sont les plus concernés.

Zones humides	Situation actuelle	Extension avec élévation du niv. marin	Bilan total des zones submersibles	Pourcentage
Lagunes littorales	99 457	10 861	10 861	9%
Schorres littoraux	7 265	3 605	10 871	9%
oued et estuaires	208	433	627	1%
Sebkhas littoraux	54 879	24 004	74 288	64%
Oasis littoraux	5 132	0	0	0%
Autres zones basses littorales		19 484	19 484	17%
Total	**202 959**	**58 387**	**116 130**	**100%**

Bilan des terres potentiellement submersibles (source : l'étude de la carte de la vulnérabilité, 2012)

III. Parmi les terrains particulièrement sensibles et pouvant connaître des modifications importantes au niveau de leur morphologie

Dans diversité évoquée plus haut, des milieux ou des espaces retiennent l'attention plus que d'autres à cause de leur remarquable vulnérabilité ou de l'importance des superficies qui peuvent leur être prélevées au profit de la mer entrainant, par conséquent, un impact important sur leur paysage géomorphologique. C'est le cas, en particulier, des milieux qui sont déjà, avec le niveau marin actuel, influencés par les eaux marines comme différentes sebkhas littorales et plus particulièrement les marais maritimes et les estuaires. Mais c'est le cas aussi des zones humides séparées de la mer par des plages faibles. Parmi les situations les plus significatives figurent des îlots qui pourraient disparaitre. C'est le cas de l'îlot de Chekli ou de celui de la petite Kuriate dont les altitudes sont le plus souvent inférieures à 1m. La côte comprise entre Ghar El Melh et la nouvelle embouchure de Oued Majerda d'une part et l'archipel des Kerkena d'autre part, donnés ci-dessous juste à titre d'exemples, sont parmi aussi parmi les exemples les plus expressifs quant à l'ampleur des modifications que risque d'y entrainer l'élévation du niveau marin annoncée.

Figure 51: Dans les environs de Limaya, au Sud de Gabès :

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. Ces derniers, même ceux relativement modestes, sont parfois intéressés par des courants importants capables de mobiliser des corps importants (comme cette barque). Avec l'élévation du niveau marin, et si rien ne change par ailleurs, ils seront facilement submergés

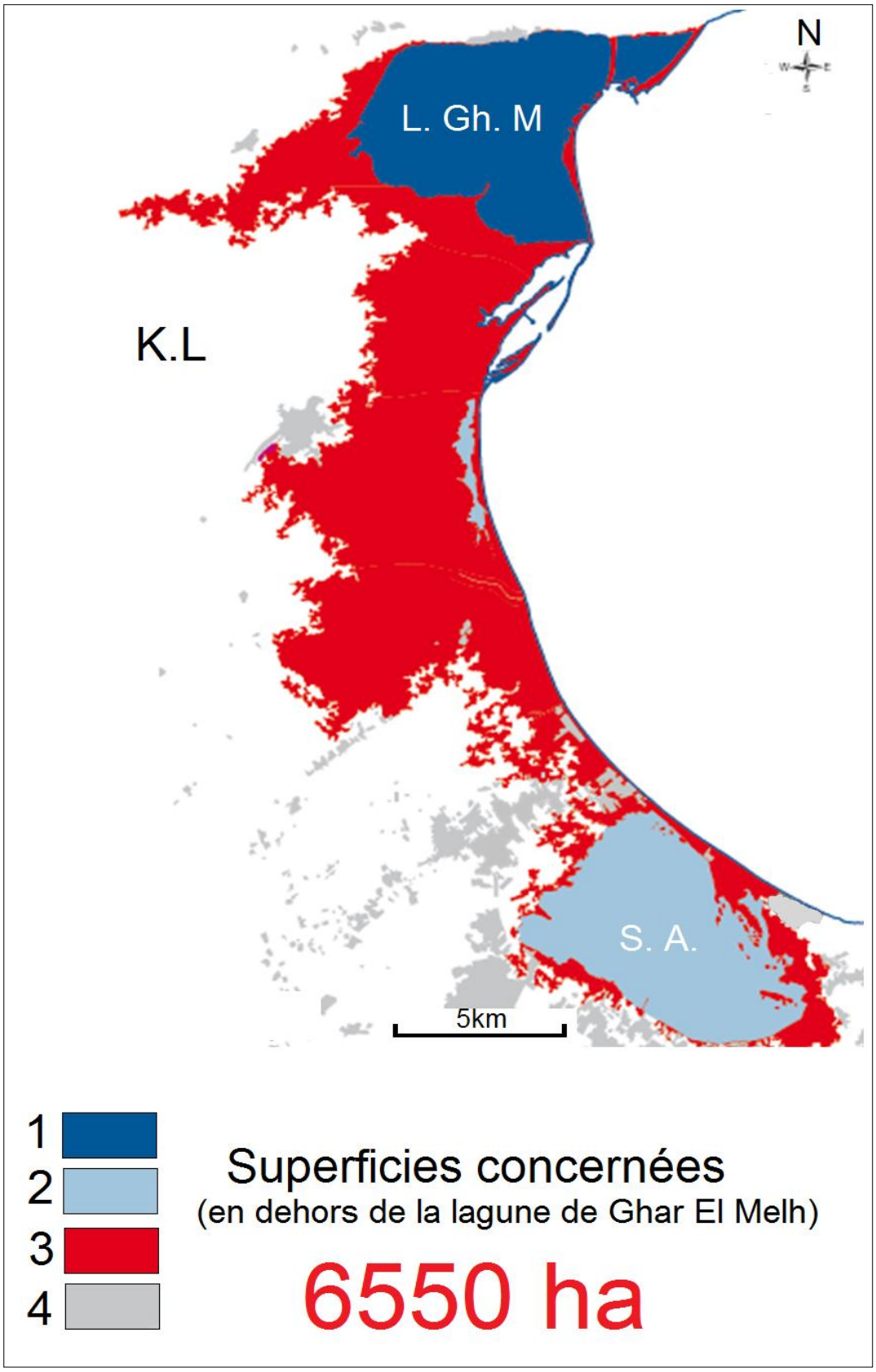


Figure 52: L'importance des terres potentiellement submersibles avec l'élévation du niveau de la mer annoncée: un changement de paysage remarquable si rien n'est fait.

1-lagune actuelle pouvant céder la place à une morphologie de baie ; 2-sebkha ; 3-plaine alluviale basse dont le front est en partie occupé par des terres humides du type chott ; 4-urbanisation.

L.Gh.M : lagune de Ghar El Melh ; K.L. : Kalaat Landlouss ; S. A. : Sabkhet Ariana.

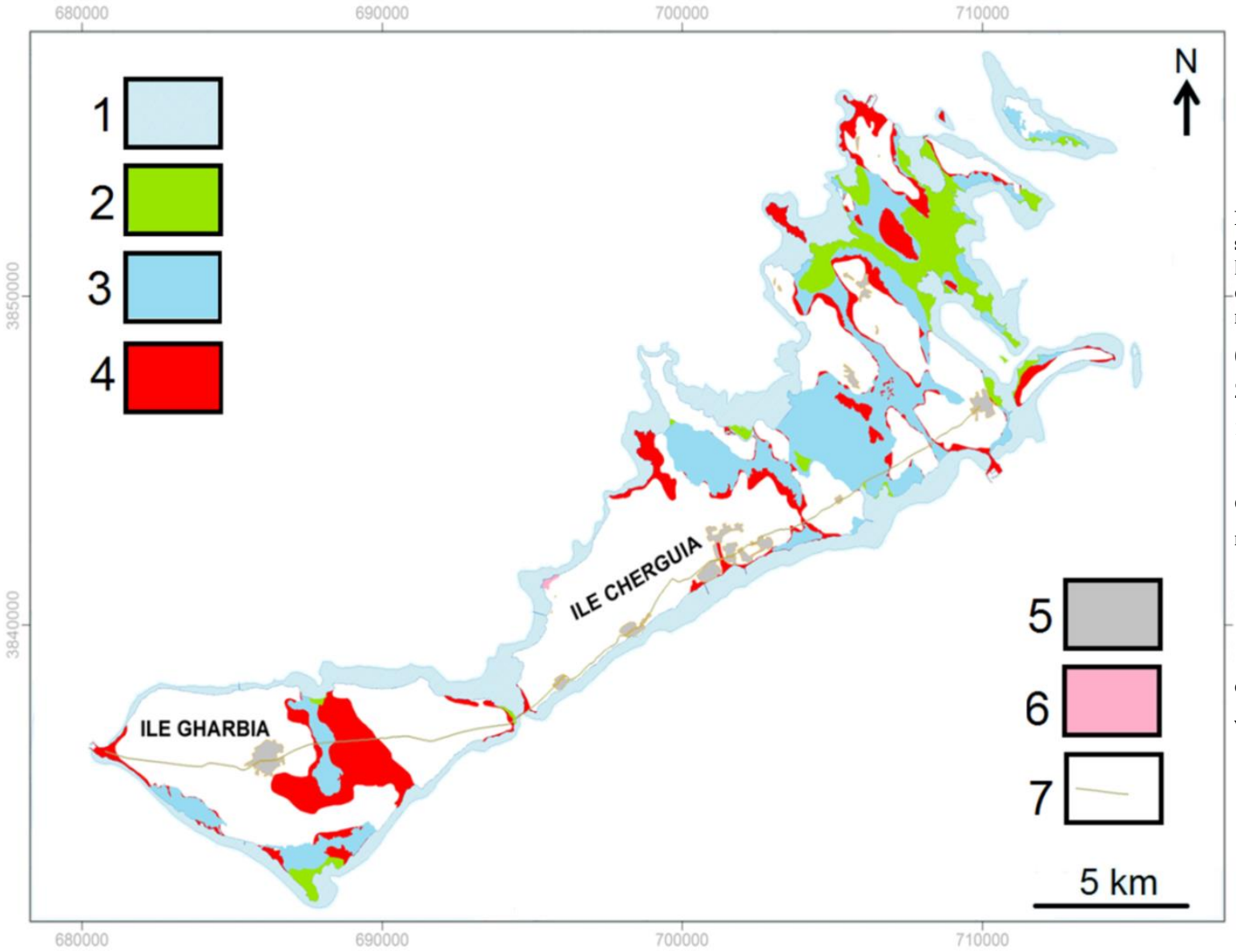


Figure 53: L'importance des espaces à risque de submersion avec une élévation du niveau main dans l'archipel des Kerkena. Carte élaborée dans le cadre de l'atlas sur la vulnérabilité à l'élévation du niveau marin

(APAL-PNUD, 2015).

2, 3, 4 et 5 sont considérés comme submersibles

1-estrans actuellement exploités par la pêche à pied et par des pêcheries fixes ; 2-schorres déjà atteints par la mer actuellement, par marée haute ; 3-terres humides du type sebkhas et chotts inondées au cours de la saison des pluies et des tempêtes marines ; 4-autres terres situées à une altitude inférieure à 1m et considérées comme potentiellement submersibles ; 5-villes et villages ; 6-zone touristique ; 7-route.

VI. De la protection à l'adaptation et la résilience

Le terme de « résilience » a connu une évolution dans son utilisation. Certains spécialistes y voient même un concept qui envahit différents domaines et se substitue à d'autres termes comme la durabilité (la « ville durable » devient « résilience urbaine »), l'adaptation (au changement climatique), etc. Quoiqu'il en soit, dans le domaine du littoral, elle s'est en réalité imposée à la suite des résultats, non toujours heureux, de l'ingénierie en matière de protection et de lutte contre différents risques naturel. La résilience est désormais un outil d'aide stratégique et s'inscrit dans une approche qui vise, plutôt que de s'opposer à l'aléa ou le risque, d'en réduire au maximum les impacts.

- La Tunisie, normalement assez préparée

Le littoral tunisien a déjà fait l'objet de différentes interventions visant la protection. C'est surtout face à la question de l'érosion marine qu'ont été entreprises les interventions les plus nombreuses mais aussi les plus importantes par leurs coûts et leur impact sur le paysage côtier. Ce travail a commencé assez tôt et a pris de l'importance surtout depuis les années 1980. Le résultat n'a pas été toujours convaincant et, comme un peu partout, ailleurs, l'expérience a montré les limites, et parfois les nombreux inconvénients, des ouvrages utilisés.

De plus, bien des indicateurs d'une conviction d'aller sur d'autres voies, existent. En témoignent notamment des mesures et interventions s'inscrivant dans un effort d'adaptation et de protection par de nouveaux moyens de la famille de la défense douce. Si bien que la Tunisie apparait comme assez préparée pour des réflexions sur de nouvelles méthodes en matière de gestion et de protection de l'espace côtier du type de celles que l'approche par la résilience veut favoriser.

- Une approche favorisée aussi par la dynamique naturelle

Une implication dans une stratégie fondée sur le concept de résilience et l'adaptation suppose un travail important aussi bien sur la nature du terrain que sur l'environnement social. Ceci appelle des travaux approfondis dans les différents types de milieux et contextes ; la connaissance des spécificités de chacun de ces milieux est essentielle. Maison peut déjà signaler que, par rapport aux conséquences attendues d'une élévation du niveau marin, des formes d'adaptation existent déjà à l'état naturel qu'il faudrait considérer dans toute intervention que ce soit pour l'aménagement que pour la protection. Car, l'handicap face vient souvent d'interventions humaines non adaptées ou ignorantes des exigences de telles formes.

Dans le cas des plages par exemple, on sait que dans une conjoncture d'avance de la mer une adaptation peut de faire selon le principe du tapis roulant (figure 56). Les observations effectuées dans différents segments côtiers appuient cette idée. Le constat est parfois frappant là où on a l'occasion de voir dans un même environnement une plage dont l'arrière pays immédiat est encore non aménagé et une autre bordée par des constructions en dur (figure 57).

Des illustrations très expressives existent à Bizerte, dans la banlieue sud de Tunis, à Kelibia, à Sousse, … D'un autre côté, les options avancées par les spécialistes, dans un cadre marqué par l'avance de la mer, ne font que se confirmer (figure 58).

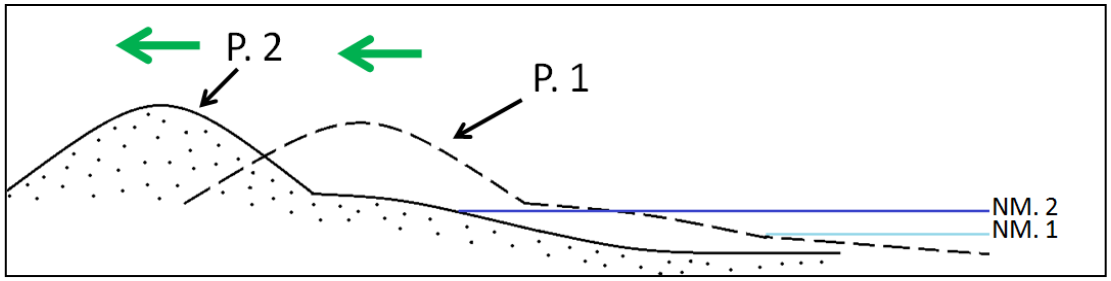


Figure 54: La migration vers l'intérieur des terres est l'une des formes d'adaptation naturelle d'une plage à une élévation du niveau marin

(p.1 et p.2 : profil initial et nouveau profil de la plage)

Figure 55: Adaptation et disparition de la plage :

dans le même secteur (côte de Sidi Ejjehmi dans le golfe de Tunis), la tendance est partout pour l'avancée de la mer. La plage a réussi à continuer à exister là où une migration est possible (premier plan de la photo, palmier abattu par les vagues). Elle a par contre, disparu là où la mer a rencontré un obstacle rigide (deuxième plan de la photo) (photo, A. Oueslati).

Dans le cas des terres humides aussi, une adaptation peut avoir lieu par le principe de la migration à condition que les données, surtout topographiques le permettent. Car c'est l'existence d'un obstacle qui freine le processus. Cet obstacle peut être naturel mais une multiplication des aménagements non avertis peut entrainer la multiplication de ceux d'origine anthropique qui sont en réalité, déjà assez nombreux dans certains terrains.

En fait, différentes situations existent. En considérant le côté purement naturel, on peut identifier au moins les types suivants et leurs aptitudes d'adaptation face à une mer qui avance ; aptitudes qu'il serait très utile à considérer dans toute intervention qui prétend s'inscrire dans une démarche de résilience :

- lagune barrée par un cordon littoral du côté de la mer et bordées par des terrains bas du côté du continent : c'est le cas par exemple des lagunes de Ghar El Melh, de Tunis et de Ben Ghayada (avant son aménagement). A l'état naturel et sans les aménagements dont certains ont déjà affaibli le cordon littoral, une adaptation naturelle aurait pu se faire ;
- lagune intermittente barrée par un cordon littoral du côté de la mer et bordée par des terrains bas du côté du continent : ces milieux intermédiaires entre les sebkhas et les lagunes communiquent avec la mer de façon provisoire par de brèches à travers un cordon littoral sableux. Le dispositif montre généralement derrière un cordon littoral sableux et sur les berges de la sebkha-lagune, un espace occupé par des plantes halophiles. Puis vient un espace d'extension variable mais toujours caractérisé par des altitudes basses et constitué par des alluvions récentes. L'évolution se fera vers une confirmation du régime lagunaire et, tout comme dans le type précédent, des possibilités de migration peuvent exister tant que le terrain du côté interne est encore à l'abri des aménagements pouvant faire obstacle.
- lagune intermittente barrée par un cordon littoral du côté de la mer et bordée par un versant pentu du côté du continent : à l'image du type précédent, l'évolution se fera vers une confirmation du régime lagunaire mais avec moins de possibilités de migration à cause de l'obstacle que peut constituer à terme le codon littoral fossile.
- Zones humide du type sebkha et chott limitée par un cordon littoral du côté de la mer et par des terrains bas du côté du continent : dans ce type, assez fréquent, les terres, du côté interne, correspondent le plus souvent à des plaines alluviales récentes et peuvent renfermer quelques constructions dunaires. Des différences existent aussi du côté de la mer. Dans certains cas, la plage et sa dune bordière sont peu développées. Dans d'autres situations, au contraire, elles montrent une certaine importance tant par leur largeur que par leur épaisseur.
- Zone humide ouverte sur la mer ou sur des lagunes et bordée par des terrains bas du côté du continent : dans ce cas, le passage terre-mer se fait alors de façon très progressive comme il peut être souligné par une microfalaise de commandement ne dépassant pas généralement quelques décimètres
- Zone humide sans obstacle du côté de la mer mais bordée par un versant pentu du côté du continent : ce type présente les mêmes caractéristiques que le type précédent sauf que les terres humides ne sont pas relayées par des terrains bas du côté interne. Le relief abrupt correspond généralement à une falaise morte. Dans ce cas, la migration n'est pas possible ; c'est la mer qui, en

progressant, détermine les chances d'existence des terres humides. Si rien ne change et que la topographie est plus basse que la valeur de l'élévation du niveau marin on peut évoluer vers une côte à falaise.

- Embouchure de cours d'eau du type estuaire : ce type est représenté surtout dans le golfe de Gabès. Une élévation du niveau marin entraine, si rien ne change dans la nature du terrain et son occupation, une extension de l'estuaire et de l'écosystème associé.

Figure 56: Le cours aval d'un oued dans les environs de Skhira ;
l'un des estuaires qui caractérisent le golfe de Gabès ; une élévation du niveau marin entraînera logiquement, dans un tel contexte et en l'absence d'obstacle, une progression de l'influence des eaux marines à l'intérieur des terres et une extension du paysage de marais latéral (photo, A. Oueslati.)

- Quelles recommandations pour le littoral tunisien dans l'état actuel des choses ?

De ce qui précède, il apparait que les terrains bas qui bordent le rivage, surtout ceux faits de matériaux tendres et perméables appellent beaucoup de vigilance. Les travaux de protection continueront à s'imposer dans certains milieux et rivages, surtout ceux fortement aménagés et dans lesquels il n'est pas toujours possible d'intervenir autrement. Mais on doit savoir que dans une conjoncture marquée par une élévation du niveau marin même des ouvrages sophistiqués, surtout ceux relevant de la défense lourde, peuvent ne donner que des résultats limités ; dans certains contextes ils ne feront que compliquer la situation, du moins à travers la dégradation paysagère. Les grands cordons d'enrochement par exemple, aideront à réussir une fixation du rivage, pour un temps. Mais ils n'empêcheront pas l'intrusion des eaux marines et la progression de la salinisation. Ils risquent, en plus, dans les côtes basses, de créer des conditions favorables aux inondations en s'opposant à la circulation normale des eaux. Si bien que, en attendant le développement de l'approche par la résilience ou parallèlement à son

développement et compte tenu de la demande en termes d'aménagement mais aussi de l'expérience acquise et évoquée plus haut en matière de protection du littoral, la Tunisie nous parait devoir faire le bon choix en optant pour les solutions les plus avantageuses, en matière d'environnement et en termes d'adaptation (figure 61).

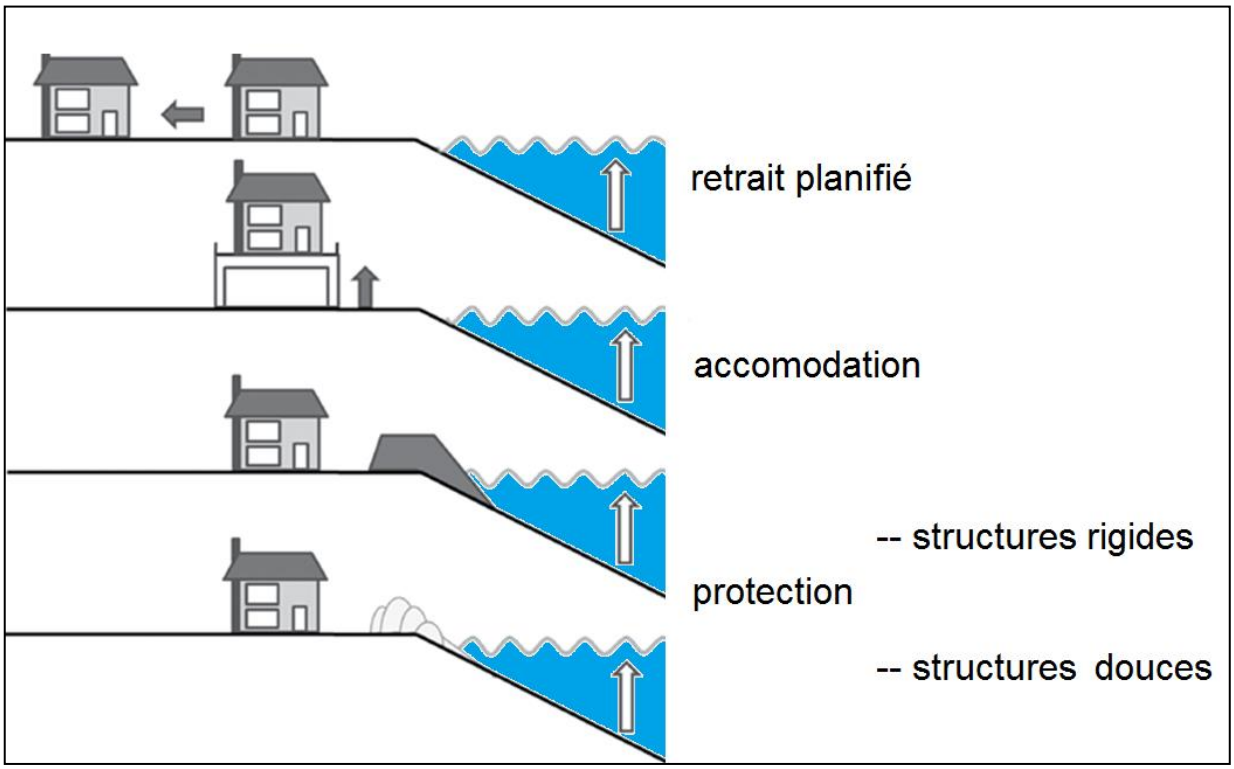


Figure 57: Les options envisageables dans le cas d'une conjoncture d'élévation du niveau marin ; le conseil des spécialistes préférant l'adaptation et la résilience est pour le retrait planifié et l'accommodation

(source de la figure : Nicolls et al, 2014)

En effet, l'adaptation et le retrait planifié (ou recul stratégique) nous paraissent, en plus du recours à la défense douce, constituer les options les plus profitables surtout que de longs segments de côte sont encore à l'abri des aménagements ou ne renferment que des aménagements de front de mer peu nombreux et/ou de faible densité. Garder une distance par rapport au rivage constitue la première condition pour la réussite d'une stratégie de prévention. Rappelons que différentes formes littorales, ne sont pas obligatoirement condamnées à disparaître ; elles ont d'importantes facultés d'adaptation. Celle-ci se fait souvent par migration de l'ensemble du système côtier au fur et à mesure que les phénomènes naturels, favorisant l'avance de la mer, interviennent. Encore faut-il que la distance à garder soit significative ; car elle peut varier beaucoup d'un segment côtier à l'autre et sa définition implique donc une très bonne connaissance du terrain et des tendances quant à la position du rivage. Ceci renvoie nécessairement à la question de du Domaine Public Maritime (D.P.M.). Telle qu'elle se présente sur le terrain, la délimitation de ce domaine, risque, dans certains cas au moins, d'être mise en cause suite à la mobilité qui caractérise plusieurs rivages. Avec une élévation du

niveau marin, un tel phénomène pourrait devenir de plus en plus fréquent. Une révision de la délimitation avec une approche prospective nous parait s'imposer avant que la multiplication des aménagements de front de mer ne conduise à des situations où il deviendra difficile, voire impossible, d'intervenir efficacement. La question est d'autant pressante que des études ont attiré l'attention sur des cas où les bornes se trouvent dans des terrains jugés parmi les plus concernés par les conséquences de l'élévation marine. L'évolution a parfois même obligé à un déplacement de bornes alors que des constructions en dur n'ont cessé de s'étendre sur l'espace qui les sépare de la mer, empiétant sur la plage (figure 60-61).

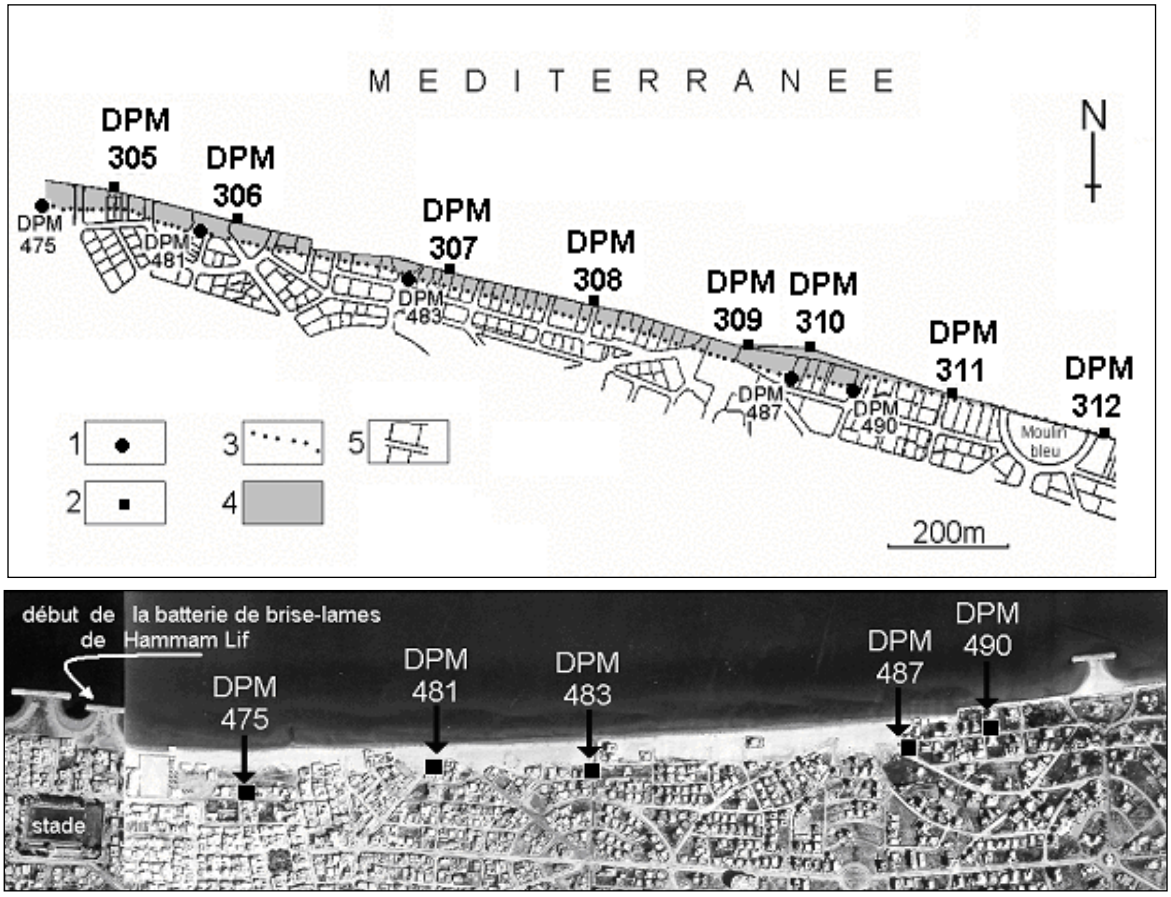


Figure 58 et 61: Empiètement sur le D.P.M. et déplacement des bornes ; le cas de la côte de Hammam Echchatt pourtant très récemment aménagée

(source : Oueslati, 2004).

En haut : extrait du plan de délimitation du D.P.M. de 1916. Y sont représentées aussi des bornes de la délimitation actuelle.

En bas : le même secteur sur des photos aériennes de la mission de 1996 avec des bornes de la délimitation actuelle. On voit que ces bornes sont déjà devancées par une partie de l'espace bâti. En février 2004, des villas étaient encore en construction sur le haut de plage!

1- bornes de la délimitation des années 1990 ; 2- bornes de la délimitation de 1916 ; 3-ligne joignant les points de la délimitation actuelle ; 4-espace appartenant au D.P.M. mais partiellement envahi par des constructions ; 5-espace bâti.

POUR EN SAVOIR PLUS

- APAL-PNUD (2012)- Etude de la carte de la vulnérabilité du littoral Tunisien due aux Changements Climatiques ; Rapport final Phase I ; 402p.
- APAL-PNUD (2012)- Etude de la carte de la vulnérabilité du littoral Tunisien due aux Changements Climatiques ; Rapport final Phase II ; 189p.
- AGENCE DE PROTECTION ET D'AMENAGEMENT DU LITTORAL (2002)- Actes de la journée d'information sur les techniques de protection du littoral contre l'érosion marine. Journée du 10 juin 2002, 70 p. ronéo.
- AGENCE DE PROTECTION ET D'AMENAGEMENT DU LITTORAL (2002)- Etude de traitement de l'érosion marine du site Aghir- Djerba. Projet pilote pour la Tunisie. Société Espace Pur. 16p.
- AGENCE DE PROTECTION ET D'AMENAGEMENT DU LITTORAL (2001)- Etude générale pour la protection du littoral tunisien contre l'érosion marine, site n°4, littoral nord de Sousse, 4 3p.
- BARDI I., SOUAYED M. et ABDELJAOUED S. (2002)- Dynamique sédimentaire et évolution morphologique de l'estuaire de Oued el Ferd (golfe de Gabès, Tunisie). Rev. tun. géor., n° 34, p. 7- 32.
- BEN AYED N. (1986)- Evolution tectonique de l'avant pays de la chaîne alpine de Tunisie du début du Mésozoïque à l'actuel. Univ. Paris-sud, centre d'Orsay, th. D'Etat, 327 p.
- BEN OUEZDOU H. (1988)- Etude morphologique et stratigraphique des formations quaternaires des alentours du golfe de Gabès ; Rev. Sc. Terre ; N° 5 ; 165p.
- BOUJARRA A., AYACHE F. et RJIBA F. (2002)- La forêt littorale d'el Ghebabna- Chebba : de la menace de l'erg au développement touristique. Rev. Tun. Géogr., n° 34, p. 33- 58.
- BRAHIM F. (2001)- Le Sahel central et méridional : géomorphologie et dynamique récente du milieu naturel. Thèse doct. ; Fac. Sc. Hum. et Soc. Univ. Tunis ; 432p.
- CHELBI F. (2008)- Expertise du patrimoine archéologique de l'archipel de la Galite et définitions d'options pour sa valorisation (rapport, APAL).
- COQUE R. (1962)- La Tunisie présaharienne, étude géomorphologique. Th. ; Paris, 476p.
- CRAMPON N. (1971)- Etude géologique de la bordure des Mogods, du pays de Bizerte et du nord des Hédil (Tunisie septentrionale), Thèse Sciences, Univ. Nancy, 2t, 522p.
- DALONGEVILLE R. (1979)- Morphologie littorale des roches carbonatées à Jerba (Tunisie). Rev. Tun. Géogr., n° 3, p. 9- 30.
- DAOUD A. (2013)- Retour d'expérience sur les inondations dans l'agglomération de Sfax (Tunisie méridionale) de 1982 à 2009 : de la prévention à la territorialisation du risque, *Revue Géographique de l'Est* [En ligne], vol. 53 ; 1-2.
- DALONGEVILLE R., PASKOFF R., SANLAVILLE P., THOMMERET J. et THOMMERET Y. (1980)- Témoins d'un niveau marin holocène supérieur à l'actuel en Tunisie méridionale, C.R.Acad. Sc., Paris, T. 290, Sér. D, p. 303-316.
- DIRECTIONGENERALE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA QUALITE DE LA VIE (2006)- Evaluation des impacts environnementaux de l'élévation accélérée du niveau de la mer. 416p.
- DURAND-DELGA M. (1956): L'évolution de l'Archipel de La Galite au Néogène et au Quaternaire. Comptes Rendus de l'Académie de Sciences Paris, 243: 507-509.
- El ARRIM A., (1996)- Etude d'impact de la dynamique sédimentaire et des aménagements sur la stabilité du littoral du golfe de Tunis. Th. doct., Fac. Sciences Tunis, 223p.
- FEHRI N. (2014)- L'aggravation du risque d'inondation en Tunisie : éléments de réflexion », *Physio-Géo*, Volume 8 ; 1 ; 149-175.
- GHALI A., BEN AYED N. et REKHIS F. (2001)-Carte géologique de Cap Negro ; 1 : 50 000 ; Publ. O.N.M. Dir. du Serv. Géol.
- GREVACHOT (2008)- Atlas de l'eau en Tunisie, U.R. Univ. Tunis, 186p.
- GROSSE M. (1969)- Recherches géomorphologiques dans la péninsule du Cap Bon (Tunisie). Publ. Univ. Tunis, 3ème série, 10, 358 p.
- GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'EVOLUTION DU CLIMAT (GIEC) (2008)- Bilan 2007 des changements ; Rapport de synthèse.

- HIDROTECINICA PORTUGUESA (1997)- Etude générale pour la protection du littoral tunisien, 12 volumes, étude réalisée pour le compte du Ministère de l'équipement et de l'habitat. Direction générale des services aériens et maritimes.
- ITALCONSULT (1973)- Projet d'infrastructure touristique, contrôle de l'érosion marine ; ON.T.T. ; Tunis ; 187p.
- JAUZEIN A. (1967)- Contribution à l'étude géologique des confins de la dorsale tunisienne (Tunisie septentrionale), Annales Mines Géologie, Tunis, n°22, 475p.
- JOLY F., (1997)- Glossaire de géomorphologie ; base de données sémiologiques pour la cartographie ; Coll. A. Colin ; 325p.
- JOLY F., (1974)- Contribution française à la cartographie géomorphologique et à la connaissance cartographique du Quaternaire ; Annales de Géographie Année Volume 83 Numéro 458 pp. 369-380
- JOLY F. (1962)- Principes pour une méthode de cartographie géomorphologique ; Bulletin de l'Association de géographes français Année Volume 39 Numéro 309 pp. 270-278.
- JOLY F. et TRICART J. (1972)- Carte géomorphologique détaillée de la France au 1/50 000. Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire ; Volume 9 ; Num. 3 ; pp. 221-225
- KARRAY R. (1977)- L'extrémité nord-est de la dorsale tunisienne. Recherches géomorphologiques. Thèse 3ème cycle, Géogr., Univ. Tunis, 180 p.
- KARRAY R. et PASKOFF R. (1977)- Carte géomorphologique au 1/50 000, feuille La Goulette, Publi. Univ. Tunis, 2ème série, 9, 15 p.
- KHALI A. (2002)- Les plages du golfe de Tunis de la Goulette à Hammam- Lif : dynamique morphologique récente et apports des archives à la connaissance de leur évolution. D.E.A., Fac. Sc. Hum. Et Sociales, Tunis, 124 p.
- LABORATOIRE CENTRAL D'HYDRAULIQUE DE FRANCE (1981)- Protection des plages sud de Tunis. Minist. Equip. ; Dir. Serv. Aériens et maritimes.
- LAMINE R. (2008)-Croissance démographique et dynamiques migratoires récentes des grandes villes tunisiennes », *Les Cahiers d'EMAM*, 16, 51-75.
-MARRE A. (2007)- Cartographie géomorphologique et cartographie des risques ; Bulletin de l'Association de géographes français ; Volume 84 ; Numéro 1 ; pp. 3-21
- MATHLOUTHI S. (1992)- Etude géomorphologique des environs du système lacustre de Bizerte ; Pub. Fac. Lettres Manouba ; 287p.
- MIOSSEC J.-M. et PASKOFF R. (1979a) : "Evolution des plages et aménagements touristiques à Jerba (Tunisie) : le cas du littoral nord-est de l'île", Revue Méditerranée, n° 1-2.
- MIOSSEC J.M. et PASKOFF R. (1979b) : L'érosion des plages dans le sud tunisien. Exemples à Jerba (côte est et sud-est) et à Zarzis. Rev. Tun. de Géogr. n° 2, p. 137-155.
- NICOLLS R.J., STIVE J.F and TOL S.J. (2014)- Coping with coastal change ; in Coastal Environments and global change, Ed., Masselink G. ; p 410 431.
-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.
- OUESLATI A. (2010)-Plages et urbanisation en Tunisie: des avatarsde l'expérience du xxème siècle aux incertitudes de l'avenir ; *Méditerranée* ; 115.
- OUESLATI A. (2009)- Géomorphologie de l'archipel de la Galite ; rapport Apal, 62p.
- OUESLATI A. (2008)- Présentation géomorphologique de la Lagune de Tunis et de l'île de Chekli ; *in* le Lac de Tunis et le fort de Chîkly ; publ. Soc. Promotion du Lac de Tunis ; p. 12 29.
- OUESLATI A. (2005): Sur la genèse de l'île de Dhar Ghannouche et la progradation des plages des segments côtiers voisins (littoral de Jerba-Zerzis ; Sud-est de la Tunisie), Actes des JERN. *Publications* CGMED. Tunis, 9 p.
- OUESLATI A., (2002)- Erosion destructrice et érosion réparatrice : le cas des Kneiss en Tunisie ; C.I.E.S.M. workshp series N° 18 ; p. 59-65.
- OUESLATI A. (2004)- Littoral et aménagement en Tunisie. Orbis presses, 534p.
- OUESLATI A. (1995)- Les îles de la Tunisie. CERES, Série géographique n°10. 358p.
-OUESLATI A. (1994)- Les côtes de la Tunisie. Leur évolution au cours du Quaternaire. Pub. Fac. Sc. Humaines et Sociales de Tunis, série 2, vol.35, 402 p.

- OUESLATI A. (1993)- Les côtes de la Tunisie. Géomorphologie et environnement et aptitudes à l'aménagement. Pub. Fac. Sc. Humaines et Sociales de Tunis, série 2, vol.34, 385 p.
-OUESLATI A. (1980) - Jerba et Kerkena (îles du sud-est tunisien) étude géomorphologique. Thèse de 3ème cycle. Fac. Lettres Univ. de Tunis 224 p.
- PASKOFF R. (2003)- Les littoraux, impacts des aménagements sur leur évolution. 3ème édi. A. Colin, 257 p
-PASKOFF R. (2001)- L'élévation du niveau de la mer. Le mythe et la réalité. Institut océanographique, 191p.
- PASKOFF R. (1993)- Côtes en danger. Masson, 250p.
- PASKOFF R. (1985)- Les plages de la Tunisie ; Editec ; Caen ; 198 p.
- PASKOFF R. (1981)- L'érosion des côtes. Coll. Que sais- je n°1902, 127 p.
- PASKOFF R. et SANLAVILLE P. (1983)- Les côtes de la Tunisie, variations du niveau marin depuis le Tyrrhénien, Coll. Maison de l'Orient Méditerranéen, n°14, série Géographie et Préhistoire, 2, 192p.
- Reynard E. (2005)- Géomorphosites et paysages ; *Géomorphologie :* relief, processus, environnement, vol. 11 - n° 3 ; p. 181-188.
- SAHTOUT N. (2002)- Les plages de la côte de Nabeul- Hammamet : géomorphologie et apport des archives locales à la connaissance de leur évolution récente. D.E.A., Fac. Sc. Hum. Et Sociales, Tunis, 124 p.
- SLIM H., TROUSSET P., PASKOFF R. et OUESLATI A. (2004)- Le littoral de la Tunisie ; étude géoarchéologique et historique ; éd. CNRS; France ; 308p.
- SOGREAH (1974)- Etude de l'aménagement des plages nord de Tunis, 3 vol.
- SOGREAH (1981)- Plages de Tunis : mesures conservatoires pour la protection des plages après la tempête de janvier 1981.
-SOLIGNAC M. (1927)- Etude géologique de la Tunisie septentrionale ; Th. Doc. Es. Sc. ; Paris ; 756 p.
- TORKI M.A. MOULIS D. et BEN HAJ M. (2007)- Diagnostic et restauration des dunes bordières tunisiennes, l'exemple de la plage de Mahdia. In Actes coll. En hommage à R. Paskoff ; trav CGMED ; éd. E.N.S et Editions Sahar ; p.274-291.
-ZARGOUNI F. et TRUILLET R. (1987)- Contribution à l'étude géologique de l'île de Zembra (golfe de Tunis, Tunisie); Rev.Sc.Terre; vol. 6; p. 19-23.
- ZEGGAF TAHRI M. (1999)- Etude de l'impact des ouvrages de protection sur la dynamique sédimentaire du littoral du golfe de Tunis et des côtes nord de Mahdia. Th. Fac. Sc., Tunis ; 140p.