

The regression of the coastline, worrying indicator synonymous with coastal degradation: case study the Tunisian Sahel

La régression du trait de côte, indicateur inquiétant synonyme de la dégradation littorale : étude de cas le Sahel tunisien

Y. REGAYA¹, F. HAOUALA²

¹ Territoire et Patrimoine à l'Université de Sousse, Tunisie.

² Université Islamique Al Imam Mohammad Ibn Saoud, Faculté des Sciences, Département de Biologie 11623 Riyad, Arabie Saoudite.

*Corresponding author: yousra_tunisie@yahoo.com

Abstract – This work is part of a multi-date analysis of the landscape dynamics of the coastal areas of the Sahel of Sousse and Monastir in Tunisia using cartography and cartographic information systems to detect and quantify the degree of natural and anthropogenic in each landscape entity present in our study area between 1883 and 2015.

Keywords: Spatial analysis, cartography, natural hazard, landscape, coastline.

Résumé - Ce travail s'intègre dans le cadre d'une analyse spatiale multi-dates des dynamiques paysagères des milieux côtiers du Sahel de Sousse et de Monastir en Tunisie moyennant la cartographie et les Systèmes d'Informations Géographiques pour détecter et quantifier le degré du risque naturel et anthropique dans chaque entité paysagère présente dans notre zone d'étude entre 1883 et 2015.

Mots clés : Analyse spatiale, cartographie, risque naturel, paysage, littoral.

1. Introduction

Notre zone d'étude s'étend sur le Sahel traditionnel de Sousse-Monastir (selon l'appellation apparue dans le P.D.U de la conurbation Sousse-Monastir de 1991) sur une bande parallèle à la côte. Cette position garantie à notre site une large ouverture sur la mer, des caractéristiques spécifiques, un climat doux et un paysage urbain anciennement humanisé malgré ses mutations économiques et sociales rapides. Un relief peu élevé et à altitude modeste caractérise notre site ainsi qu'une mosaïque de plusieurs petites unités de H'madas et vallons plus ou moins larges, des sebkhas, des zones temporairement inondables, des plaines ou cordons littoraux, des dunes vives, des plages sableuses et des côtes à falaise.

2. Carte de synthèse

2.1. SIG : outil indispensable

Le Sahel est la région littorale de la Tunisie centrale qui apparaît au 19^{ème} siècle comme un pays bien individualisé avec une économie oléicole et une population dense regroupée dans des villes à différentes formes urbaines (Belhedi, 1993). L'intérêt d'un tel travail est d'offrir une visualisation concrète des changements intervenus dans l'utilisation du sol et ses conséquences. On essaiera de détecter les bouleversements et tenter de les analyser. Afin d'atteindre nos objectifs, cette recherche permettra une meilleure familiarisation avec les techniques de traitement des photographies aériennes, des données statistiques et cartographiques. L'utilisation des différents logiciels facilitera en particulier le travail de visualisation, des changements de l'utilisation du sol. De plus, toutes les analyses, les traitements, les recherches, les lectures, les entretiens sont orientés dans un cadre structuré et dans un but précis. Collecter les données, tenter de les analyser, de les corrélérer, interpréter les changements, les visualiser, assimiler les travaux antérieurs pour tenter de comprendre les dynamiques de la façade littorale de Sousse, sont les principaux points recherchés. Dégager les causes et les conséquences est également la



base de ce travail qui respectera au mieux les travaux de recherche antérieurs sans oublier de démontrer les efforts des chercheurs précédents. Ce travail n'est pas une réponse immédiate à la problématique paysagère mais il se veut banque de données et d'informations, outil de sensibilisation du grand public à l'approche paysagère où ces données paysagères sont traitées et transformées, bien sûr en cartes. Par ailleurs, ce qui importe c'est d'avoir cette possibilité de croiser ces données avec d'autres paramètres et apports dans des banques de données bien conçues et cogitées pour cette affaire afin de détecter les dynamiques et les mutations remarquables ce qui permettra de renforcer et d'enrichir la réflexion paysagère au fur et à mesure au fil du temps et des apports de l'information géographique ainsi que les différents outils de traitement de données. Dans le cadre de l'analyse multi-dates des dynamiques des milieux côtiers du Sahel de Sousse, nous avons cartographié et quantifié les différentes parties des profils des entités paysagères présentes dans l'écosystème côtier. La présentation des techniques de traitement dans notre analyse multi-dates de la mutation du Sahel de Sousse et la précision des marges d'erreurs constituent le volet principal de ce travail. Cette analyse diachronique est appuyée sur des données de natures différentes : les cartes topographiques, les photos aériennes, les images satellitaires, les levés topographiques associées à des travaux de terrain. En s'appuyant sur les outils des systèmes d'information géographique (SIG), ces supports utilisés ont été géoréférencés et orthorectifiés afin de les cartographier et construire une grande base de données (banque de données). En raison de l'étendue de la côte examinée (72km), nous avons utilisé une masse importante de supports présentés dans le tableau suivant. Les photographies aériennes ainsi que les cartes topographiques ont été scannées en format A3 et avec une très haute résolution pour une meilleure lisibilité. Toutes les photos aériennes et les images satellitaires ont été corrigées par rapport à un document de référence. Nous avons choisi les photos aériennes de plusieurs missions qui couvrent complètement notre zone d'étude. La correction géométrique (orthorectification¹ et géoréférencement²) est une étape capitale permettant de bien quantifier les différents aspects de l'évolution du milieu côtier selon Robin (1990); Gobert et al. (1996); Saffache (1998) et Durand (1998 ; 2000). Les images satellitaires dans le domaine du littoral présentent un document d'appui puisqu'elles donnent des visions sur toute la zone d'étude et avec cet outil, nous avons pu examiner les différentes composantes des zones littorales depuis les eaux vers la terre.

Tableau 1. Différents supports utilisés dans l'analyse paysagère.

Types des données et supports	Date	Echelle	Couverture
Cartes topographiques	1922	1/50 000	Couverture complète de la région avec le chevauchement de ces différents types de données
	1982	1/25 000	
	1952 (Hergla)	1/12 500	
	1887	1/12 500	
	1957 - 1963	1/12 500	
Photos aériennes	1974	1/25 500	
	1988	1/25 500	
	1996	1/10 000	
	2000	1/10 000	
Images satellitaires	Landsat (multispectral)	1990	1/10 000
	Spot XS (multispectral)	2000	1/50 000
	Quick Bird	2006	1/10 000

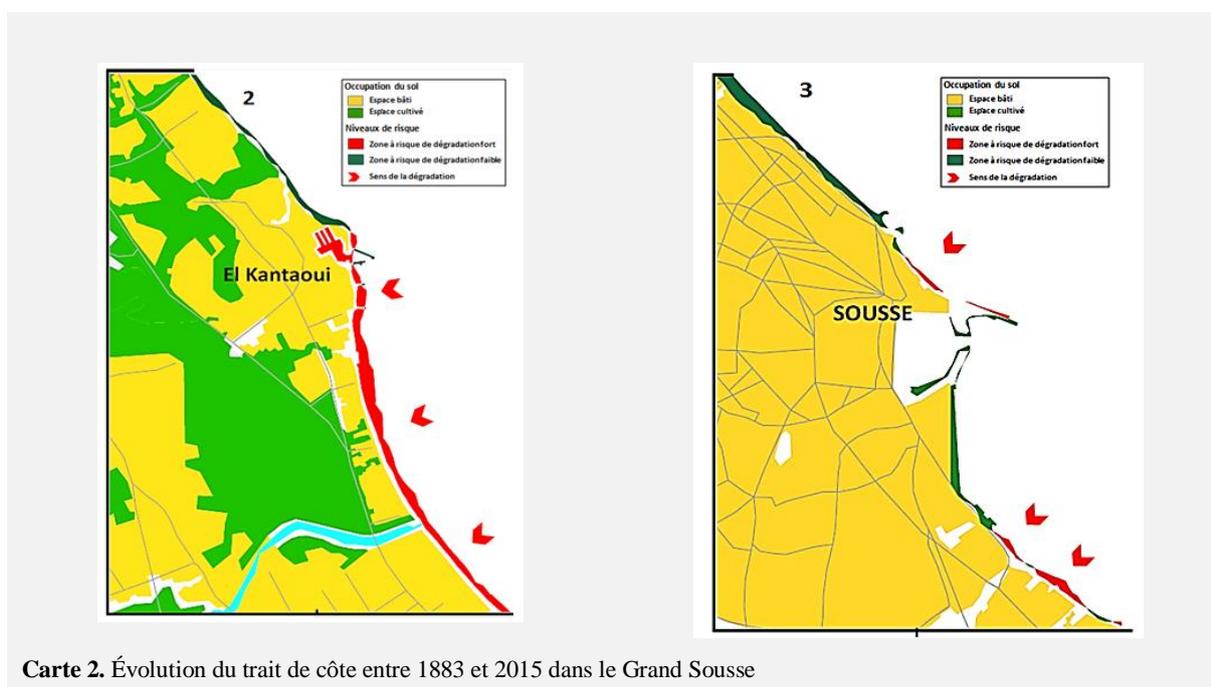
2.2. Discussion des résultats

Michelin, 2005 considère que les représentations cartographiques sont utilisées dans les démarches paysagères pour caractériser l'état initial, localiser des mutations ou bien pour définir une extension spatiale d'un type de paysage et pour matérialiser un risque. On a créé un support familier sous forme de cartes de risque pour tous les acteurs aménageurs (paysagistes, agronomes, naturalistes, etc), outil

¹ L'orthorectification ou orthophotographie est une phase pour corriger les distorsions géométriques et les déformations de la photographie aérienne liées à la projection de l'axe optique (non perpendicularité), aux conditions de la prise de vue (distorsions des objectifs, tangage, au balancement de l'appareil au moment de réalisation du cliché) et surtout aux effets du relief du terrain photographié [Robin, 1990; Durand, 2000].

² Le géoréférencement est le processus qui permet de rattacher une image à un référentiel géographique [David et al, 1996 ; Suanez et al., 1997 ; Gobert, 1998 et 2000 ; Bada, 2003]. Ce processus est appliqué sur les cartes topographiques à différentes échelles (1/50000 et 1/25000) afin de les rendre superposables avec les différentes séries de photographies aériennes.

sablonneuses fragiles affectées par le phénomène de recul du trait de côte. Les actions anthropiques et d'aménagement des bassins versants, rajoutées à plusieurs facteurs naturels, ont entraîné l'érosion des plages et la détérioration des herbiers et des équilibres littoraux. Certaines plages sont en état de démaigrissements tels que celles de Hammam-Sousse et de Sidi Abdelhamid à Sousse. Les plages centrales sont sur fréquentées comme celles de Boujaafar à Sousse et qui dépasse largement sa capacité maximale de $4m^2/estivant$. Les oueds et les canaux déversant dans la mer subissent des rejets des eaux usées et des déchets solides ce qui dégrade l'état général des plages. Les faits de la dégradation se manifestent davantage avec l'urbanisation qui s'étend au dépend des espaces naturels ce qui mène à la destruction des cordons dunaires³ et à l'amaigrissement des plages. Les aménagements portuaires aussi ont amplifié cette dégradation au profit du tourisme qui a intensifié l'utilisation du front de mer. Les aménagements hydrauliques sur les principaux oueds ont réduit la charge alluviale qui atteint la mer ce qui a entraîné un déficit sédimentaire et une grande érosion des plages. L'écosystème Sebkhath Halk El Menzel et la Fôret d'El Medfoun au Nord de la zone d'étude semble une zone sensible parmi les plus importants de la Tunisie. La carte suivante montre la profonde dégradation subie par les plages du Grand Sousse à travers une comparaison et une superposition des traits de côte de 4 dates sur une période de 128 ans : depuis 1887 jusqu'à nos jours.



3.2. Monastir

La région de Monastir a un paysage qui se caractérise par une succession de : montagne, plaine, ville, plage et mer. Le grand développement du tissu urbain est marqué par certains noyaux d'habitat spontané. L'agriculture est variée à Monastir et les paysages d'oliviers sont de très grandes superficies. La sebkhah est séparée par de la mer par un cordon dunaire avec une épaisseur assez importante le long de la côte. Le plan d'occupation de la plage de Monastir (POP) est limité au Nord par l'Oued Hamdoun et au Sud par la digue de la passe Nord de la lagune de Khnis. Trois types de paysages côtiers sont générés dans la région de Monastir.

- La Baie de Dkhila : au Nord et à l'Ouest ;
- La falaise de la presqu'île : au centre ;
- La flèche d'El Enf : à l'Est (ANPE).

Pour la Baie, il s'agit d'une côte basse et sableuse à « lagune fermée ». Longue de 10 Km, elle s'oriente de l'Ouest à l'Est et montre la succession des unités paysagères suivantes :

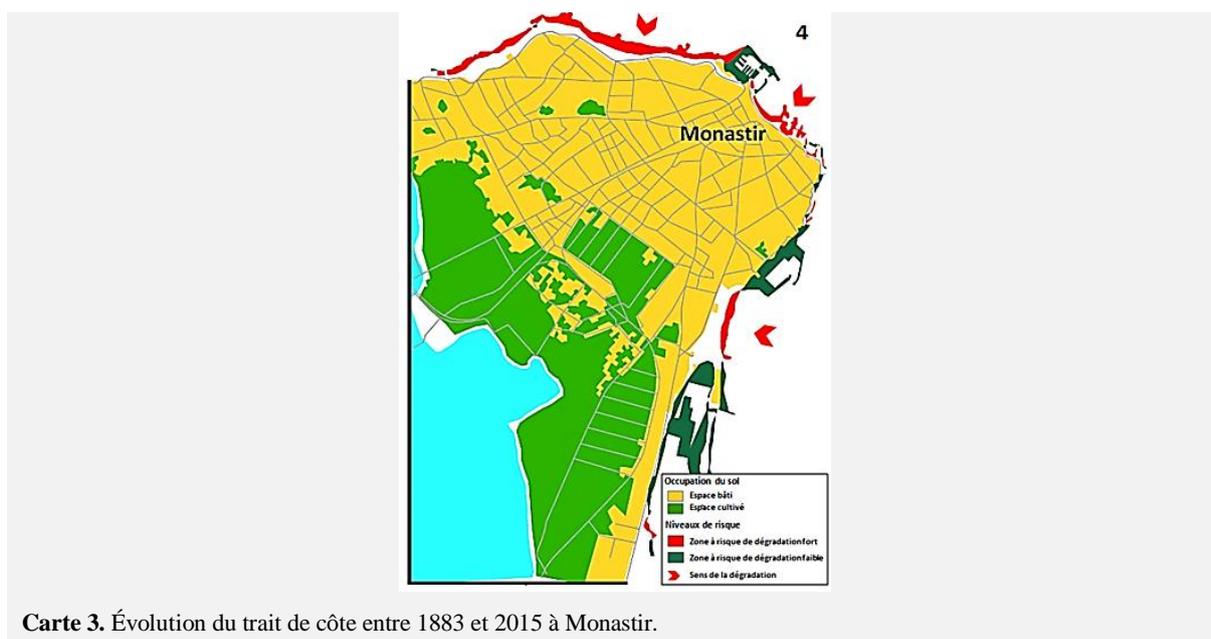
³ Cordon dunaire : Accumulation sableuse littorale dont les points toujours émergés sont occupés par une dune qui domine plus ou moins nettement l'arrière-pays terrestre. Le terme de cordon dunaire englobe aussi la plage, au moins la partie haute de la plage, celle qui n'est pas couverte à toutes les marées.

- Un bas de plage : constituée de sables fins d'une largeur variable, de quelques mètres seulement sur les marges de la Baie ;
- Une dune bordière : haute de 1 à 2 m et peu large (10 – 20 m) à l'Ouest de la Baie ;
- Un champ de sebkhas peu étendu : il assure la transition entre la dune bordière et la lagune « fermée » de sebkhat Sahline.

Un important recul des plages situées à l'Ouest de la Baie a eu lieu suite à un démaigrissement important (de l'ordre de 20 à 40 m). Les plages du fond de la Baie ont connu un démaigrissement de l'ordre de 10 à 20 m environ. Les variations du trait de côte à l'Est de la Baie sont faibles, sauf dans les environs de la nouvelle station touristique intégrée Skanes Monastir. Ceci est aggravé depuis la mise en place du bassin de refroidissement de la centrale électrique (réalisation de deux digues longues respectivement de 450 et 250 m) et le développement des installations touristiques par les constructions implantées sur la dune bordière et le haut de plage (POP de Monastir, 2010). La flèche d'El Enf est une île barrière formée de matériel sableux, elle constitue « le plongement d'une flèche littorale à pointe libre dont la racine s'appuie à une côte rocheuse » Oueslati, 1993. Les plages de la marge Nord de la flèche d'El Enf résultent d'une évolution actuelle due à l'action anthropique. En effet, le déficit sédimentaire occasionné par les épis et les digues des ports implantés au Nord a engendré une érosion marine très active au niveau des salines. Le recul est évalué à 38 mètres entre 1962 et 1984 et il a atteint 54 mètres en 1986. Pour la côte à falaises de la presqu'île de Monastir, elle présente des dénivellations assez importantes (10 à 20 m). Elles sont les plus imposantes côtes du Centre-Est Tunisien et elles forment une série sédimentaire discordante constituée de colluvions et de sables grésifiés (0,5 à 2 m) du pliocène groupant des grès et des argiles ou des grès jaunes et fortement fracturés d'âge miocène. Faisant face aux vents les plus actifs du Nord, les falaises sur le plan morphogénique sont exposées à une mer agitée. Les vagues peu hautes, mais rapprochées et cambrées, en se brisant contre les falaises aux parois bien abruptes, assurent un sapement bien actif (Oueslati, 1993). Ces falaises se divisent en 3 sections selon les conditions structurales (succession et épaisseur des affleurements constitutifs et leur disposition tectonique : sens et valeur de leur pendage) : une section occidentale marquée par l'extension des argiles et marnes du miocène ; une section centrale caractérisée par une succession rapide des grès et des argiles du miocène fortement inclinés en direction de la mer ; une section orientale développée essentiellement dans des grès fortement fracturés présentant une inclinaison faible dirigée à l'intérieur des terres. L'intervention humaine a eu ici un effet stabilisant, plusieurs aménagements sont réalisés :

- Les ouvrages mécaniques consolidés de plantations d'Acacia dans la zone occidentale soumise à un recul de têtes des ravins.
- L'opération de talutage effectuée dans la partie orientale exposée aux glissements de terrains.

L'arrêt du rejet des eaux usées dans le milieu naturel faisant suite à la connexion de la zone urbanisée limitrophe de la falaise au réseau d'assainissement de l'ONAS (ANPE).



3.3. Hergla Enfidha

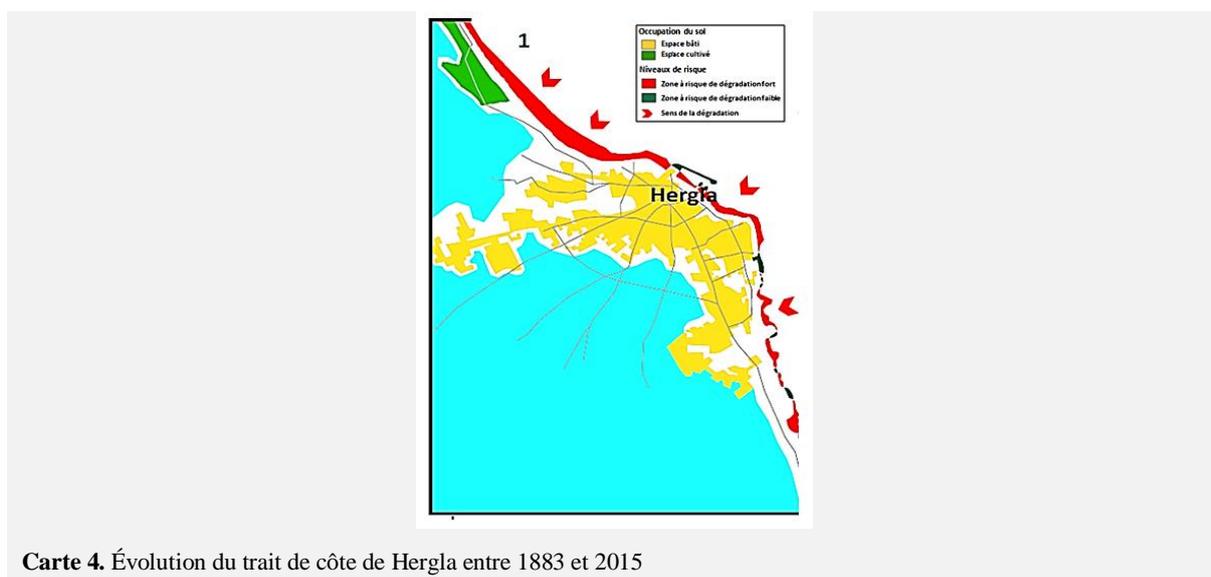
« Hergla est aujourd'hui une bourgade située sur une légère éminence rocheuse qui domine la côte à lagune du golfe d'Hammamet, à peu de distance au nord de l'agglomération de Sousse, au sud de la région de l'Enfidha qui correspond à la partie septentrionale du Byzacium antique » (Bonifay et Troussel, 2000). Elle est caractérisée par une colline de 26 m d'altitude et par un milieu lagunaire qui est séparé du milieu marin par un cordon dunaire grésifié ayant une altitude variable entre 4 et 11 m. Son plan d'eau occupe 1550 ha et ses berges de 3500 ha sont colonisées par des halophiles. La zone de Hergla se trouve au centre du Golfe de Hammamet. Selon la carte géologique, elle se caractérise par la présence de falaises rocheuses en continuité avec les fonds marins rocheux. Cette côte rocheuse peu développée est de 6 km de long et de 250 à 500 mètres seulement de large. Elle présente des dénivellations de 10 à 15 m et encadrée au nord et au sud par des plages sableuses. Ces plages sont caractérisées par une granulométrie grossière à moyenne très riche en quartz et ceci est remarqué dans les formations géologiques apparentes des falaises. Ayant une localisation sur le Golfe de Hammamet qui présente un atout stratégique, les plages de Hergla ont un paysage littoral spécifique et exceptionnel. Cet emplacement stratégique, a induit deux formes d'urbanisation différentes :

- Celle d'Enfidha : est concentrée au centre d'une trame routière à l'intérieur où la sebkhia est un obstacle entre elle et la mer, cause principale de l'absence de toute forme d'urbanisation au niveau de la zone côtière parallèle à la ville d'aujourd'hui ;

- Celle de Hergla : est étalée sur le littoral et ayant un contact direct avec la mer, cause directe de l'atténuation des activités de la pêche suite à la présence du port.

Archéologiquement, ce littoral se caractérise par la présence des vestiges archéologiques de « fermes romaines » sur la plage d'Enfidha et de Borj El Madfoun plus précisément. Ces richesses patrimoniales ne sont pas protégées jusqu'à nos jours (*Roland Paskoff* a plusieurs publications dans ce sens) et ils sont exposés aux différents facteurs d'érosion accélérant la régression du trait de côte et la dégradation de ce patrimoine également. C'est une forêt qui longe le littoral sur 18 Km et couvre 1400 ha. Cette forêt couvre une succession de bourrelets dunaires allongés parallèlement au rivage et séparés par des dépressions à fonds occupés par des plantes (APAL de Sousse, 2012). Elle a été plantée en 1969 par le service des forêts du Commissariat Régional au Développement Agricole de Sousse (C.R.D.A de Sousse) dans l'objectif de stabiliser les dunes littorales par des plantations d'Acacia, d'Eucalyptus et de Pin, etc. Après un travail cartographique sur cette portion de littoral, on a constaté une stabilité sur la plage entre le pont romain et Selloum. Des signes d'engraissement progressif entre Asset Selloum et Borj El Medfoun. Une stabilité liée à quelques signes de régression entre Borj El Medfoun et Oued Ammouch (en vert sur la carte suivante). Une forte action d'érosion et de régression entre la forêt d'El Medfoun et la ville de Hergla. On remarque même des phénomènes de sapement des berges comme l'exemple d'Oued Chogaf et d'Oued Es Sed.

- La carte suivante montre l'évolution du trait de côte de la région de Hergla.
- Les zones en rouge montrent les endroits les plus dégradés.



4. Conclusion

Le recours aux nouvelles technologies et techniques de cartographie nous a permis de montrer clairement à quel point la dégradation du littoral du Sahel tunisien est dramatique et de montrer également un résultat très riche de détails qui sera très utile pour les autorités et les différents acteurs publics (paysagistes, architectes, urbanistes, etc) dans leur prise de décision. Ce travail vient pour affirmer la gravité de la situation de nos littoraux et notamment de cerner les zones les plus endommagées dans plusieurs zones sensibles à Sousse, Monastir et Hergla.

5. Références

- BELHEDI A., (2005)** «Différentiation et recomposition de l'espace urbaine en Tunisie», in Cahiers du GREMAMO, n° 18, "Villes arabes en mouvement", pp : 21-46, Laboratoire SEDETCNRS, Université Denis Diderot, Paris VII (France), 266p, Le Harmattan, Paris.
- BELHEDI A., (1992)**, « Les facteurs d'organisation de l'espace national tunisien », L'Espace Géographique, pp: 113 – 124
- BELHEDI A., (1996)**, « Littoralisation et mondialisation, L'état des lieux et les enjeux », Revue Tunisienne de Géographie n° 30, pp. 9-52.
- OUESLATI A., (1993)**, cité par URAM 2003, in POP de Monastir, Plan d'Occupation de la Plage de Monastir, page 11, APAL, 2010.
- ROGER A., (1997)**, Paysage et environnement : pour une théorie de la dissociation.
- SETHOM H et KASSAB A., (1981)**, Les régions géographiques de la Tunisie, Publications de l'Université de Tunis, Tunis, 460 p.
- SETHOM H., (1992)**, Pouvoir urbain et paysannerie en Tunisie, Cérès Productions.
- SETHOM. H., (2005)**, « Les fellahs de la presqu'île du Cap Bon », 1977, p.371. siècle : des résidences hôtelières dédiées à la villégiature hivernale aux grands hôtels de bord de mer des siècles », Paris, Gallimard, 404p.
- TOUSSAINT A., (2009)**, « lectures de paysage », p.1, 2.
- TOUSSAINT A., (2009)**, « lectures de paysage », Universitaires romandes, 192 p.
- VIDAL R., (2003)**, « La construction paysagère d'une identité territoriale, imaginaire et réalité dans une station balnéaire des Côtes-d'Armor : Sables d'Or - Les Pins », in thèse de doctorat, p 245.