



# Journal of Materials and Engineering Structures

## Research Paper

### La contribution des GIS dans la quantification de l'évolution du littoral de Skikda entre 1960 et 2002 et impact des aménagements

The contribution of sig in the quantification of the evolution of Skikda's coastline between 1960 and 2002 and the impact of developments

*Nedjoua Cemali*<sup>a,\*</sup>, *Mohamed Tahar Benazzouz*<sup>b</sup>, *Sihem Ramoul*<sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Faculté science de la terre et d'architecture, Université L'arbi Ben Mhidi, Oum El Bouaghi, Algérie*

<sup>b</sup> *Faculté science de la terre et de géographie et aménagement du territoire, Université Constantine1, Algérie*

#### ARTICLE INFO

*Historique de l'article :*

Reçu : 13 juillet 2018

Révisé : 12 janvier 2019

Accépté : 20 mars 2019

Mots clés:

Erosion côtière

SIG

Aménagement

Skikda

Keywords :

Coastal erosion

GIS

Planning

Skikda

#### RESUME

Le littoral est considéré comme un lieu de grande complexité physique et socioéconomique. La densité de population et la concurrence des activités humaines ont engendré des dégradations sur ce milieu. L'érosion côtière est un phénomène naturel de l'évolution morphologique des littoraux. Mais ces dernières décennies, il est devenu un risque flagrant qui menace les différents types de constructions (ports, équipements touristiques, zones urbaines...). Alors l'analyse et le suivi de l'évolution du trait de côte ainsi que les recherches traitant l'impact des aménagements sur le milieu côtier permettent de définir une meilleure gestion et planification littorale. Cet article se focalise sur le suivi de l'évolution dynamique du littoral en utilisant les outils de géomatique. L'analyse diachronique de l'évolution du littoral de Skikda montre une forte variabilité morphologique qui se manifeste par un recul net du trait de côte, menaçant sérieusement la stabilité des infrastructures.

#### ABSTRACT

The coastline is considered as a place of great physical and socioeconomic complexity. The concentration and competition from human activities have caused damage to the environment. Coastal erosion is a natural phenomenon of the morphological evolution of coastlines. However, in recent decades this phenomenon has become a very important coastal risk that threatens different types of constructions (harbor, tourist facilities, urban area...). Therefore, the analysis and monitoring of the evolution of the coastline and research on the impact of developments on the coastal environment allow defining a better management and coastal planning. This article presents the dynamic evolution of the coastline using geomatics tools. The diachronic analysis of the evolution of Skikda's coastline shows a strong morphological variability manifested by a net decline of the coastline, seriously threatening the stability of the infrastructures.

\* *Corresponding author. Tel.: +213 793780059.*

E-mail address: nedjouacemali@yahoo.fr

## 1 Introduction

L'évolution du littoral de Skikda est dépendante d'un échange continu entre deux domaines différents à savoir le domaine marin et le domaine continental. Cette opération d'échange contribue à fournir les sédiments nécessaires des apports fluviaux à la mer. Celle-ci contribue à son tour à les répartir au moyen de différents courants marins. Ainsi, cet échange se combine avec les différents facteurs climatiques et lithologiques afin de donner à la baie une richesse naturelle, mais aussi une vue très attractive.

Les études scientifiques dans ce domaine de recherche sont rares et relativement récentes. En effet, au niveau national les chercheurs géomorphologues portent peu d'attention à l'évolution spatio-temporelle du trait de côte.

C'est pourquoi, dans le présent travail, nous nous intéressons particulièrement à une partie sableuse très importante du littoral de Skikda dans l'objectif de s'inscrire dans une continuité avec les travaux antérieurs effectués par quelques chercheurs algériens sur les côtes sableuses.

Parmi les chercheurs qui ont exploré cette thématique, on peut citer entre autres le travail de M. Boutiba [1], qui se porte sur la partie orientale du littoral algérien. Dans son travail, le chercheur s'est focalisé sur la géomorphologie dynamique et les mouvements sédimentaires de la côte Jijelienne. Ainsi, il a abordé l'évolution du rivage le long de la côte sableuse Jijelienne, en utilisant la photographie aérienne à travers laquelle il a pu confirmer le recul du rivage [2].

D'autres chercheurs ont abordé ce sujet à travers d'autres sites côtiers tels que Bejaia [3] et la région d'Alger [4]. Toutefois, la plupart de ces recherches sur l'évolution morphodynamique côtière sont réalisées à la demande des collectivités locales [5] ou pour répondre à des programmes internationaux [6]. L'ensemble de ces travaux s'est consacré à l'amélioration des connaissances du fonctionnement dynamique général du littoral, au transit sédimentaire dominant et à l'impact des aménagements sur la dynamique sédimentaire.

Le littoral de Skikda a fait l'objet de nombreuses études multidisciplinaires, en l'occurrence la géologie [7], l'hydrologie [8, 9], l'économie [10], la sociologie [11], l'urbanisme [12], l'écologie [13]. Malgré cet intérêt scientifique, il s'avère que les études d'analyses morphologiques de ce milieu demeurent très rares.

Par ailleurs, le rivage de Skikda a été largement ravagé depuis les années 1960 par des installations portuaires et des ouvrages de défense contre l'érosion côtière (enrochements, épis). Malgré ce fait, on signale une lacune en matière des études basées sur l'impact de ces ouvrages sur les équilibres sédimentaires et écologiques des plages. On signale également l'absence des études liées à l'utilisation des outils de la géomatique pour améliorer les connaissances sur le comportement morphologique récent et ancien du rivage. De ce fait, on estime que ce constat mérite d'être approfondi.

Dans cette optique, ce présent travail vise à explorer les trois points fondamentaux suivants :

- L'utilisation du système d'information géographique pour définir le schéma actuel de la dynamique côtière dans le secteur : plage Larbi Ben Mhidi ;
- La quantification des tendances évolutives du trait de côte;
- L'analyse de l'érosion côtière du littoral de Skikda dans son contexte anthropique.

## 2 Caractéristiques du littoral de Skikda

### 2.1 Contexte géographique et géomorphologique

Entre les deux pointes rocheuses cap de Fer à l'Est et cap Bougaroun à l'Ouest se trouve le golfe de Skikda, situé sur la façade Est de l'Algérie (Fig. 1). Sur une longueur de 146.7 km [14] le littoral de Skikda abrite à la fois des côtes rocheuses, plages sableuses et un important champ dunaire. La plage de Larbi Ben Mhidi est très réputée par son étendue et sa qualité des eaux de baignades. Elle s'étend sur une bande de 10 km avec une largeur variable. Elle est bordée de dunes qui la dominent d'une vingtaine de mètres. La largeur du cordon dunaire est comprise entre 600 et 1300 m, ce sont des dunes anthropisées avec une faible couverture forestière.

L'embouchure de Oued Saf-Saf se situe dans la partie centrale de la baie. Elle est frangée à l'Est par la plage Larbi Ben Mhidi et à l'Ouest par la petite plage Lilou. Cette plage est très étroite puisque sa largeur se trouve entre 30 et 40 mètres. L'alimentation de ces plages est assurée principalement par Oued Saf-Saf qui représente un grand bassin versant du littoral



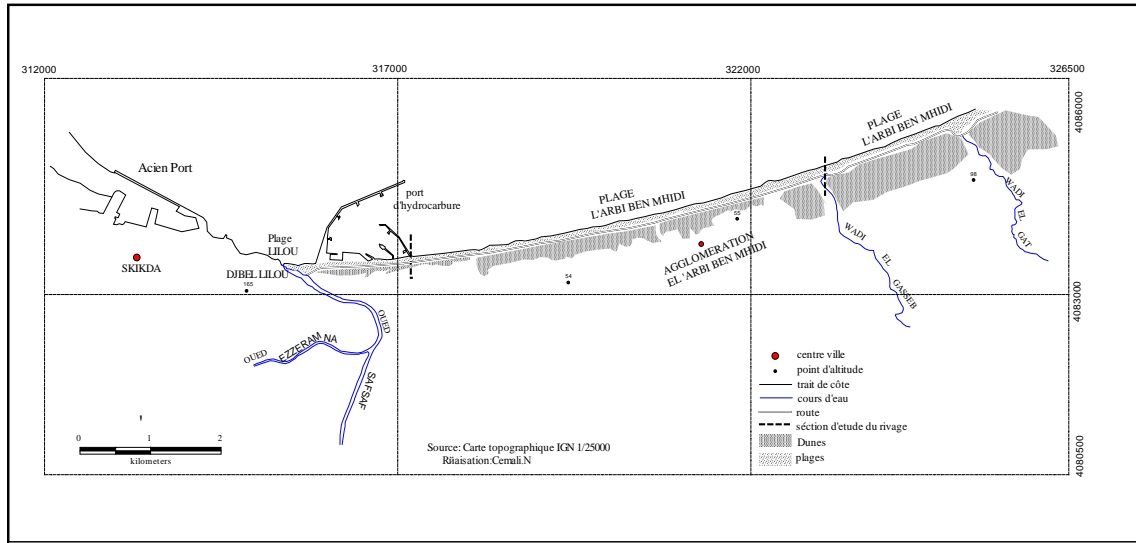


Fig. 2 - localisation de la plage Ben M'hidi

La plaine alluviale à l’aval du Oued Saf-Saf est fréquemment inondée par les eaux de crues surtout en période de fortes précipitations, où plusieurs facteurs se combinent pour créer des inondations et provoquent de graves dégâts. Ces facteurs sont généralement due à la faible pente de la plaine, la confluence entre Oued Zerramana et Oued Saf-saf et l’urbanisation dense qui provoque l’imperméabilisation et favorise l’écoulement superficiel (photos 1, 2).



Photo.1- Glissement de terrain sur le versant de Stora (2005)



Photo. 2 - Inondation à Skikda en 2011

2.3 Contexte hydrodynamique

La côte de Skikda est soumise à des houles dominantes proviennent du secteur Nord- Ouest avec une fréquence de 37.60%. L’action de ces houles est importante, car à l’approche de la grande jetée du port méthanier, elle engendre un courant de dérive littorale d’une vitesse de plus 1.5 m/s dans la résultante un transit sédimentaire Est-Ouest [15].

La baie de Skikda est caractérisée par une faible amplitude de la marée, elle est comprise entre 25 cm à 30cm [15]. D’une façon générale, la baie se classe en côte où la houle joue un rôle majeur sur la marphodynamique du rivage. Elle est également parmi les côtes Algériennes qui subit de fortes tempêtes. Cette dernière provoque des dégâts humains et matériels très importants et produit rapidement un recul très important du rivage. Ces fortes tempêtes se manifestent pendant la période froide entre le mois de décembre et mars, elles se caractérisent par les vents violents qui génèrent d’énormes vagues. La hausse du niveau de la mer peut atteindre 7 à 11 mètres ce qui cause des dégâts importants sur les équipements et les infrastructures portuaires [17]. (Photos 3,4).



*Photo. 3- Effet de la tempête 2003 sur le port de commerce*

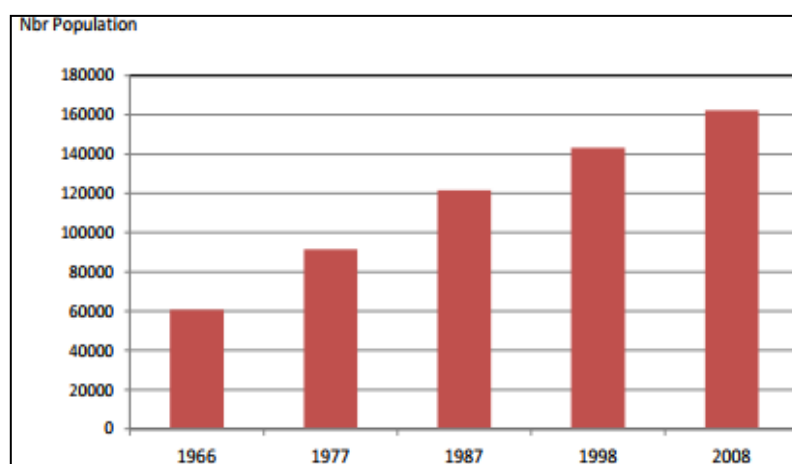


*Photo. 4 - Des navires qui échouent sur la plage Ben Mhidi en 2003*

#### 2.4 Contexte anthropique

Le point commun qui relie les espaces littoraux méditerranéens, c'est l'urbanisation incessante. Ce caractère est ressenti sur le rivage de Skikda ; qui est cerné par une urbanisation anarchique et mal traitée depuis la période coloniale. Elle était durant cette époque un débouché maritime naturel de Constantine.

Depuis l'indépendance, le littoral de Skikda a connu une croissance démographique importante suivie de nouvelles agglomérations développées au détriment des unités côtières (exemple la dune et la plage), qui jouent un rôle primordial dans la stabilité morphologique de l'espace littoral. La croissance des activités industrialo-portuaires et les activités touristiques, sont les premiers facteurs qui ont accéléré l'urbanisation sur le rivage de Skikda. (figure 3)



*Fig .3- : Evolution urbaine de la commune de Skikda [18].*

### 3 Utilisation des SIG au suivi de l'évolution du trait de cote. Exemple plage Larbi Ben Mhidi

#### 3.1 Méthodologie

L'évolution de la plage Larbi Ben Mhidi a été analysée par l'utilisation et l'interprétation des documents cartographiques et photographiques comme la carte topographique et la photographie aérienne. La méthode comporte les étapes suivantes:

- L'acquisition et le prétraitement des données.
- Repérage et digitalisation du trait de côte.
- Etude de la cinématique du trait de côte.

L'ensemble de la méthode est illustré dans l'organigramme présenté sur la figure 4.

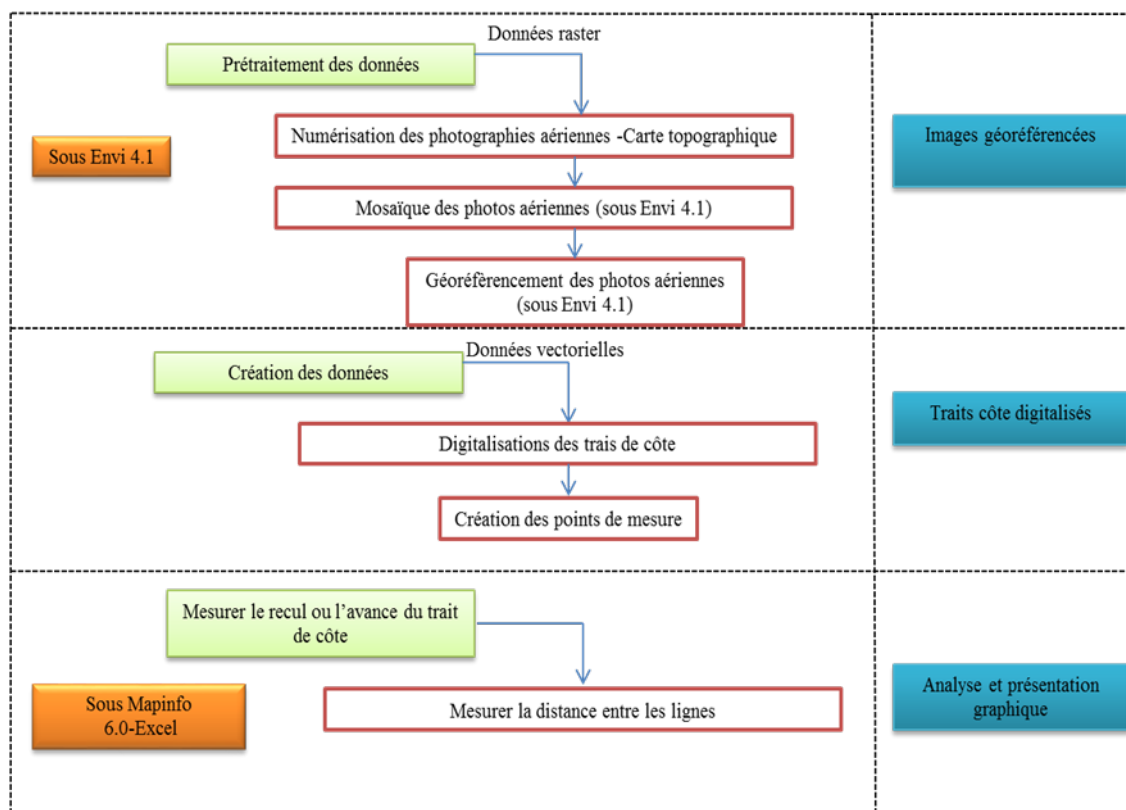


Fig.4- Méthodologie générale pour mesurer l'évolution du trait de côte.

### 3.1.1 Prétraitement de données

Dans notre étude nous avons utilisé la carte topographique et des photographies aériennes issues de plusieurs missions aériennes. La plus ancienne date de photographies est 1960 et la plus récente celle de 2002. Le travail a été effectué sur quatre missions différentes, 1960, 1972, 1988, 2002. Le tableau suivant présente les principales caractéristiques de chaque document utilisé.

Tableau 1- Types de données utilisées pour l'analyse diachronique de l'évolution du rivage

Documents	Références	N° du Document	Année	Echelle
Carte topographique	IGN	Skikda7-8	1960	1/25000 <sup>eme</sup>
Photographie aérienne	IGN A10-1960	004,003	1960	1/25000 <sup>eme</sup>
Photographie aérienne	INC 014-1972	038,37	1972	1/20000 <sup>eme</sup>
Photographie aérienne	INC 013-1988	266,267, 268	1988	1/20000 <sup>eme</sup>
Photographie aérienne	INCT BIS F13-2002	11, 12, 13,14	2002	1/20000 <sup>eme</sup>

Les données proviennent d'INCT (l'institut national de cartographie et de télédétection) sauf la mission 1960 et la carte qui viennent d'IGN (l'institut géographique national français).

Ce processus de prétraitement est une étape nécessaire avant le traitement par photo-interprétation et l'intégration dans un SIG. Il repose dans un premier temps sur la numérisation de tous les documents cartographiques et photographiques à la résolution 600dpi. Ensuite un passage d'une perspective conique de la photographie aérienne à une projection cartographique par une correction géométrique et un géopositionnement des clichés numérisés par rapport à la carte topographique à 1/25000.

Le système de projection initial de la carte topographique est le *NORD SAHARA CLARCK 1880 UTM32*, le travail consiste à mettre la carte topographique dans le système mondial *UTM/WGS 84/ZONE 32* hémisphère Nord. Cela a été réalisé, en utilisant une image satellitaire Landsat TEM+ de 2005 géo-référencée dans le même système (*UTM/WGS 84/ZONE 32*).

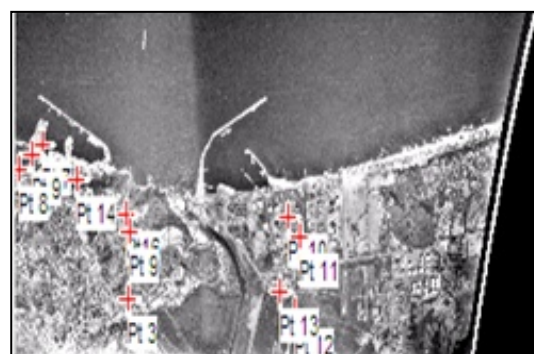
### 3.1.2 Le géoréférencement des données images

Bien que la photographie aérienne présente des distorsions dues à plusieurs causes à titre d'exemple les changements d'altitude de l'avion, les variations du relief et l'inclinaison de la caméra par rapport à la surface terrestre [19]. Ces causes engendrent un déplacement des points d'une photo à l'autre ce qui rend leur superposition difficile. Nous avons rectifié et projeté les images en utilisant la carte topographique IGN de 1/25000 scannée et calée dans le système mondial. La rectification a été réalisée avec un polynôme de second degré. Il s'agit de repérer des points dans une image à géo-référencer, sa position dans l'image source.

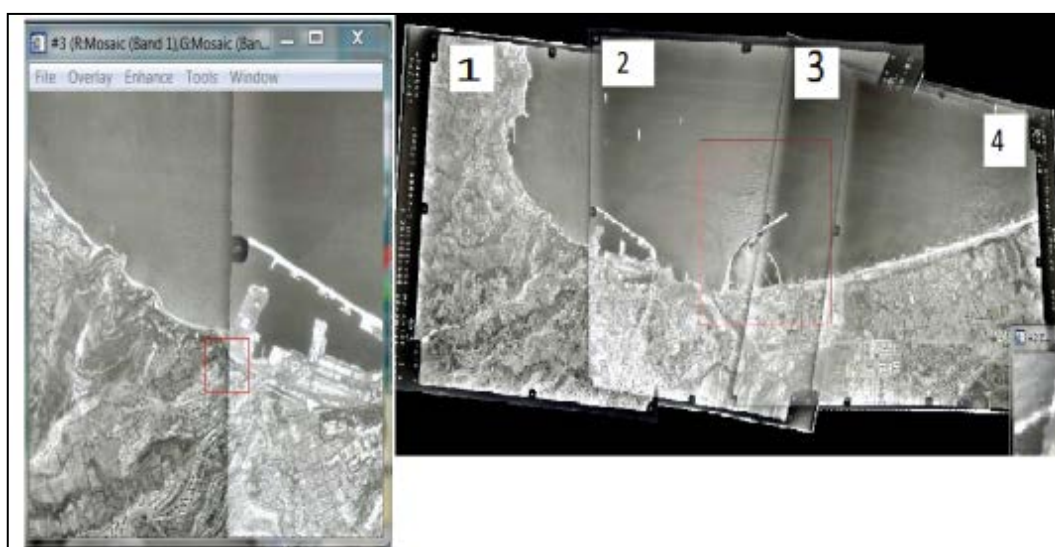
Cette méthode consiste à choisir des points de repère connus dans chaque image. Ces points appelés amers, ils sont pris sur des ponts, des digues portuaires ou autres éléments fixes. Les points d'amers ont été facilement repérés car la zone étudiée est très urbanisée on a choisi une série de points (on a choisi de 12 à 14 points) invariables et communs sur chaque image, exemple les digues portuaires, les ponts, les intersections des routes et les bâtiments. Les données multi dates, imposent un géo-référencement précis afin de limiter l'écart, nous avons donc essayé de contrôler les mêmes points d'une date à l'autre par la superposition des clichés, cette méthode nous permis de localiser rapidement les écarts et les corrigés par l'augmentation des points d'amers.



*Fig. 5- Point de repère choisi sur la zone industrielle (photographie 2002)*



*Fig. 6- L'implantation des amers sur l'ensemble de la mosaïque de 2002*



*Fig.7- Mosaikage sous Envi4.1 après le géoréférencement des clichés*

### 3.1.3 Repérage et digitalisation du trait de côte

Le niveau de la marée est capital pour les études de littorales, il est souhaitable de pouvoir disposer de clichés pris les uns à basse mer et autres à haute mer pour délimiter avec précision le trait de côte, mais cela est plus délicat car le recouvrement aérien est inexistant [20], [21].

Dans ce travail, nous avons défini le trait de côte comme la limite qui sépare l'interface terre –mer à l'instant de la prise de vue. Nous avons choisi cette limite puisqu'elle est facilement repérable dans la photographie aérienne [19], mais aussi vue la faible amplitude de la marée (25-30 cm) [15] et les conditions météorologiques anticycloniques lors de la prise de vue aérienne.

### 3.1.4 Mesurer le recul ou l'avancée du trait de côte

Afin d'estimer le taux de recul ou d'avancée du trait de côte nous avons adopté une méthode utilisée par Paul Durand [19], cette méthode consiste à choisir des points à intervalles réguliers, ensuite mesurer la distance entre les lignes du trait de côte des deux dates pour chaque point. Le choix des points se réalise selon le quadrillage kilométrique d'UTM WGS84 tous les 100 mètres d'Ouest vers l'Est le long de la zone côtière étudiée. Après la digitalisation ; les traits de côtes sont superposés, ensuite sont divisées en segments homogènes chaque 100 m selon le quadrillage kilométrique.

Chaque ligne du quadrillage est perpendiculaire à la tendance générale du trait de côte et les évolutions sont évaluées manuellement par l'outil distance du logiciel Mapinfo Professional 6.0. Une marge d'erreur de  $\pm 10$  mètres à été vérifié en comparant les points d'amers de chaque mission. Les résultats obtenus par cette méthode ont été traduits sous-forme de graphes, tableaux et cartes géoréférencées. (Figure 8).

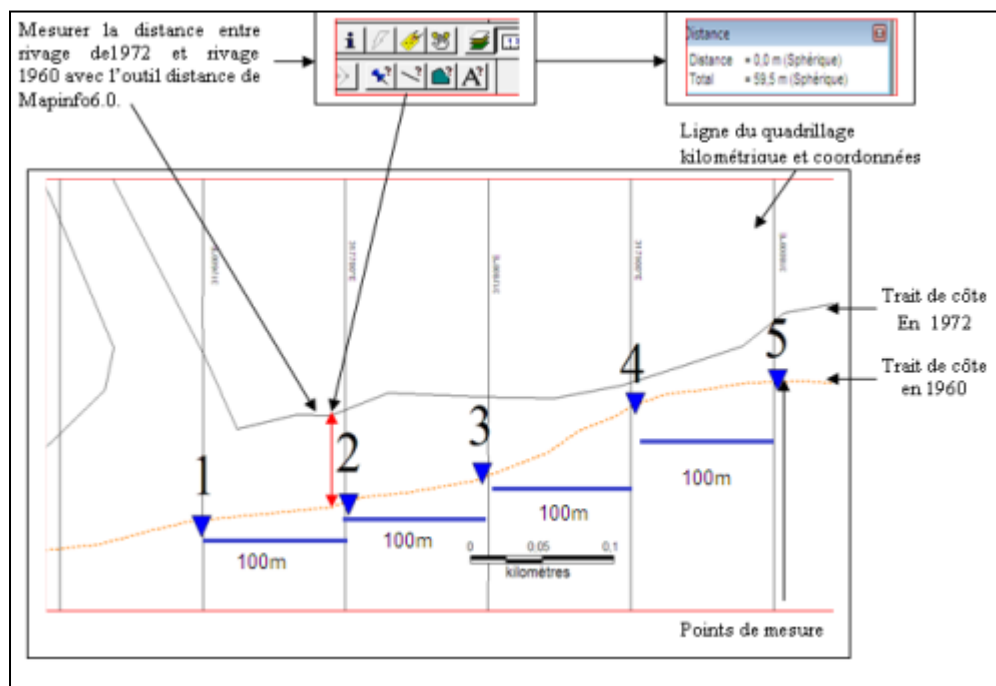


Fig .8- Mesurer la distance entre deux traits de côte digitalisés avec Mapinfo Professional

## 4 Résultats des variations du rivage par période et par point de mesure

Le secteur étudié totalise 41 points de mesure qui s'étend du port d'hydrocarbure à l'Ouest jusqu'à la plage Larbi Ben M'hidi sur un linéaire côtier d'environ 5.44 km.

Tout d'abord nous voulons signaler que, dans cette étude nous avons retenu seulement les points qui se trouvent sur le trait de côte non artificiel c'est à dire les points sur les épis et le rejet de la zone urbaine sont ignorés car ils présentent une évolution vers la mer artificielle par exemple les points n°16 et point n° 12 sont ignorés. (Figure 9).



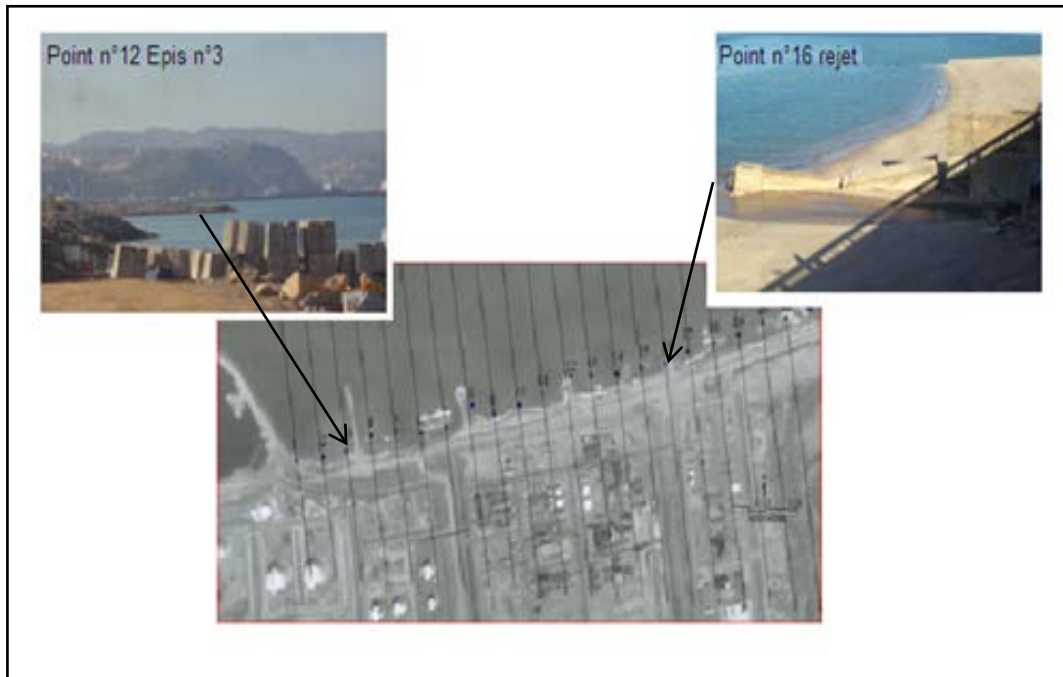


Fig.9 - Les points de mesure ignorés le long du secteur étudié

La comparaison des traits de côte durant la période 1960-2002 pour ce secteur nous a permis de constater qu’à l’exception du point de mesure numéro 1 qui affiche une évolution positive significative plus de 10 mètres soit un t’aux d’avancement de + 0.24m/an, l’ensemble des autres points sont en nette régression allant de - 0.17 m/an enregistrés sur le point de mesure n°3 à -1.30 m/an sur le point n°39 (figure 10).

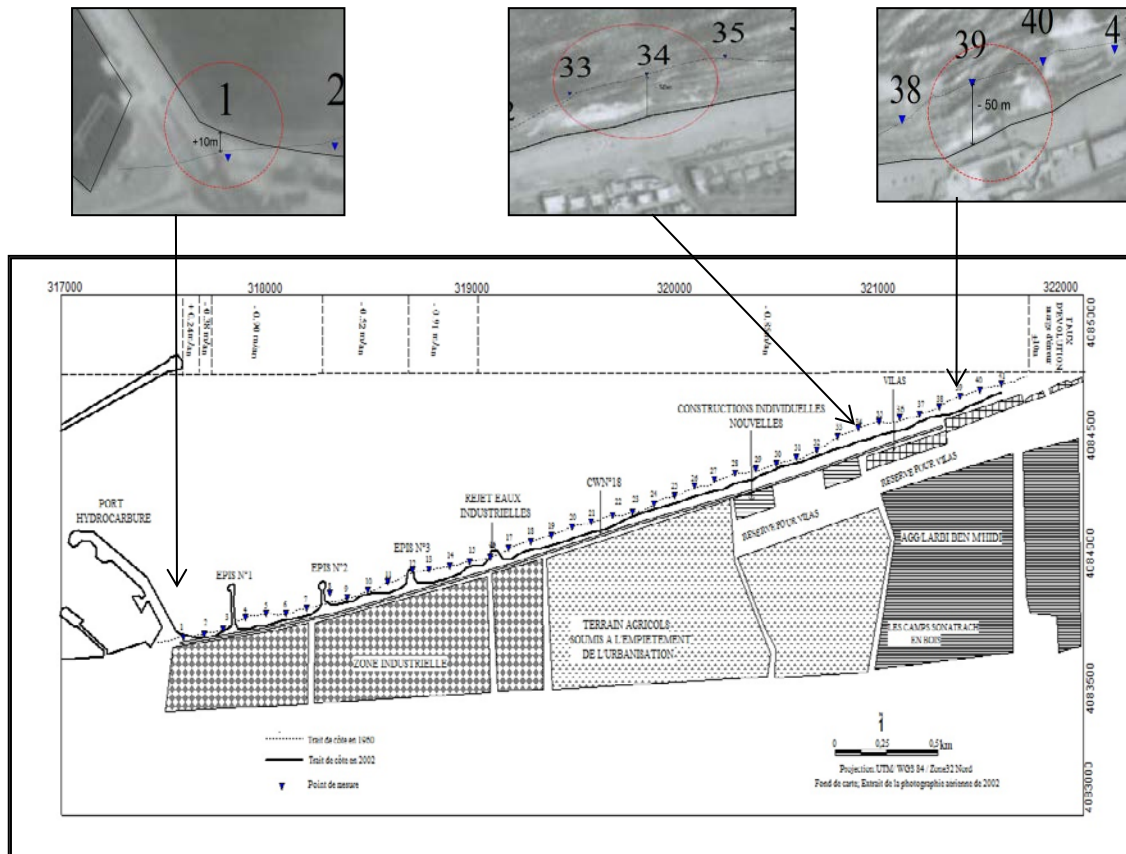


Figure .10- Evolution du trait de côte au cours de la période 1960-2002

Inversement, au cours de la période 1960-1972, un engraissement généralisé est enregistré. Son importance se fait sentir depuis la jetée secondaire du port d’hydrocarbure au niveau du point n° 1 avec un taux d’avancement de + 0.88 m/ an.

Au- delà de ce point on remarque une mobilité du trait de côte irrégulière tantôt se manifeste par une augmentation significative du taux d’avancement du rivage, il atteint 5.53m/an sur le point n°9 et tantôt par une diminution du taux d’avancement où il atteint 0.87 m/an sur le point n°40. Un recul net est enregistré sur le point n°34, mais il n’est pas pris en considération, car il se trouve dans la marge d’erreur  $\pm 10$  m. (figures 11 ,14)

Pour la période qui s’étend entre 1972 et 1988, soit 16 ans, l’évolution de la ligne du rivage de la plage Larbi ben Mhidi est caractérisée par une diminution considérable de l’engraissement par rapport à la période précédente, le taux de recul varie entre -1.29m/an et -4.34m/an. La diminution de cet engraissement se forme d’une façon progressive où nous remarquons l’importance de l’avancée du trait de côte au niveau du point n°1 qui enregistre 32.8 mètres puis les points n°2 et n°3 avec 6.6 mètres et 6.4 mètres. Pour les autres points de mesure, on peut dire que le recul commence à partir du point n°4 et se met à augmenter pour enregistrer un taux de -4.34m/an au niveau du point n°14. On note alors dans cette période que l’extrémité Est du rivage de Skikda est gravement affectée par l’érosion côtière. (Figures. 12 ,15)

Entre l’année 1998 et 2002 le rivage de la plage Larbi Ben Mhidi a subi une évolution positive uniquement au niveau des points de mesure n°10, 12,16 avec un taux annuel de l’ordre de 1.1, 1.70, et 3.04m/an ; par contre les autres points de mesure enregistrent un recul qui peut varier entre -1.29 m/ans à -2.85m/an à l’exception des points qui se trouvent à l’est de la jetée secondaire du port méthanier, où le recul atteint -6.53 m/ans au niveau du point n°3. (Figures 13 ,16)



Fig .11-variation longitudinale de la position du trait de côte entre1960-1972

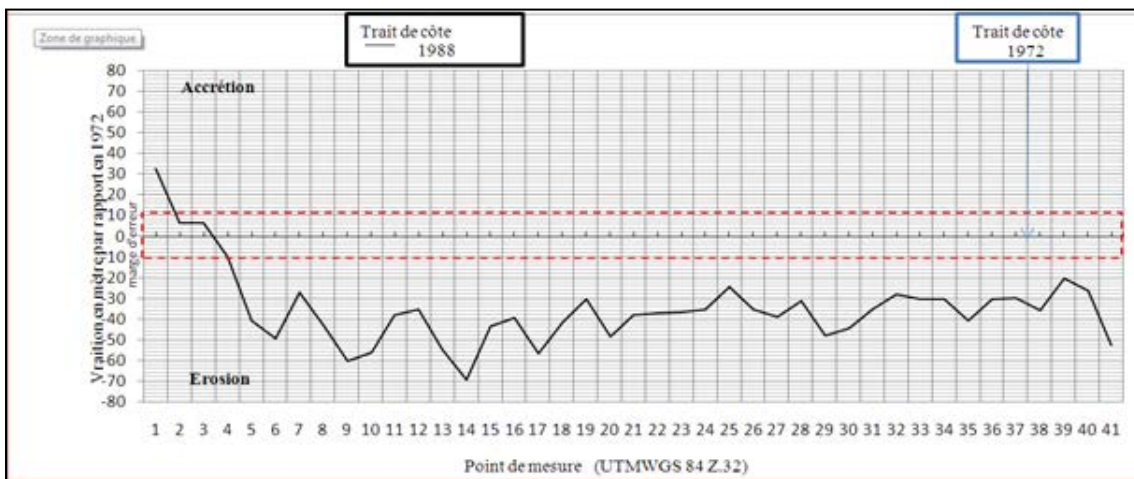


Fig .12-variation longitudinale de la position du trait de côte entre1972-1988

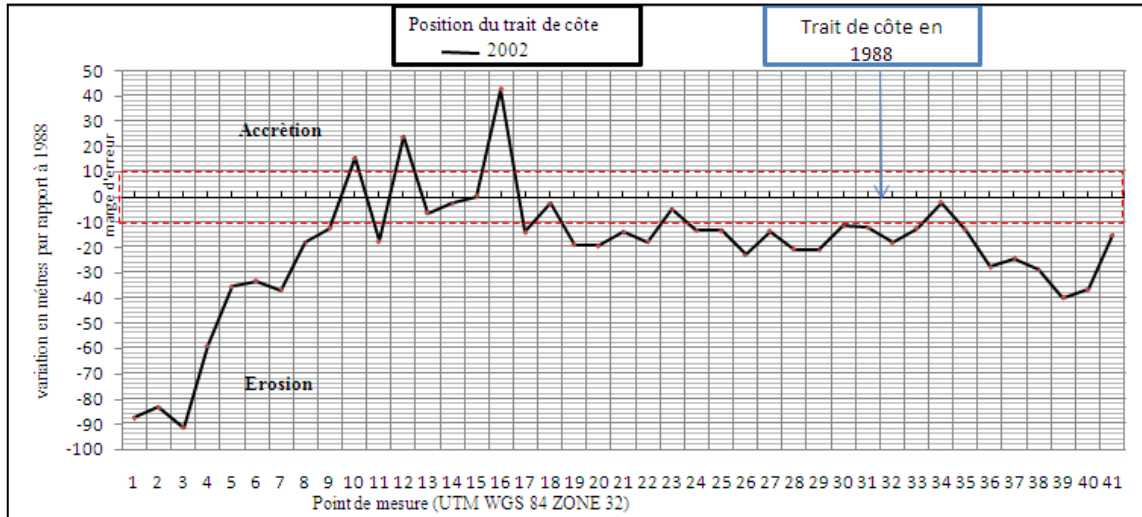


Fig .13-variation longitudinale de la position du trait de côte entre1988--2002

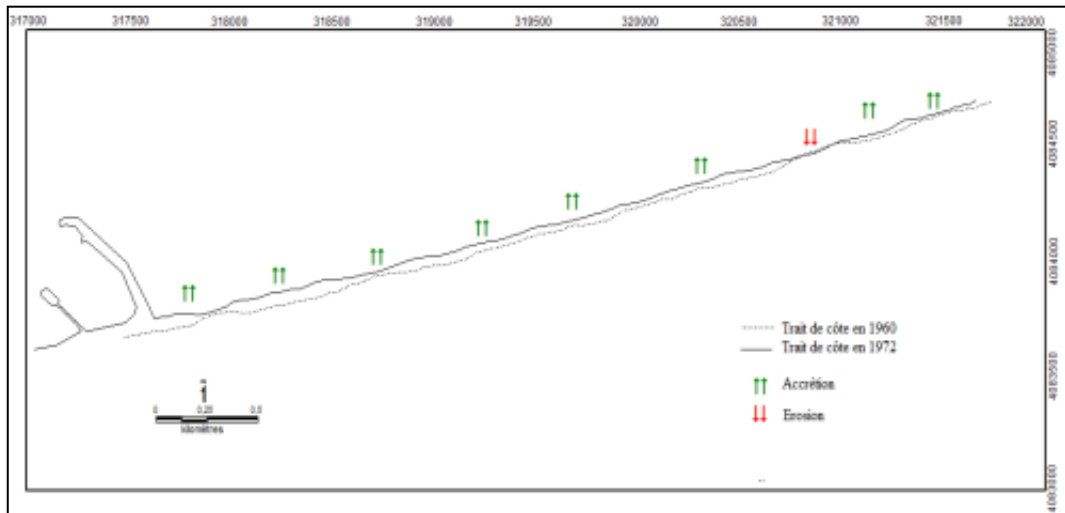


Fig 14-.Evolution du trait de côte au cours de la période 1960-1972

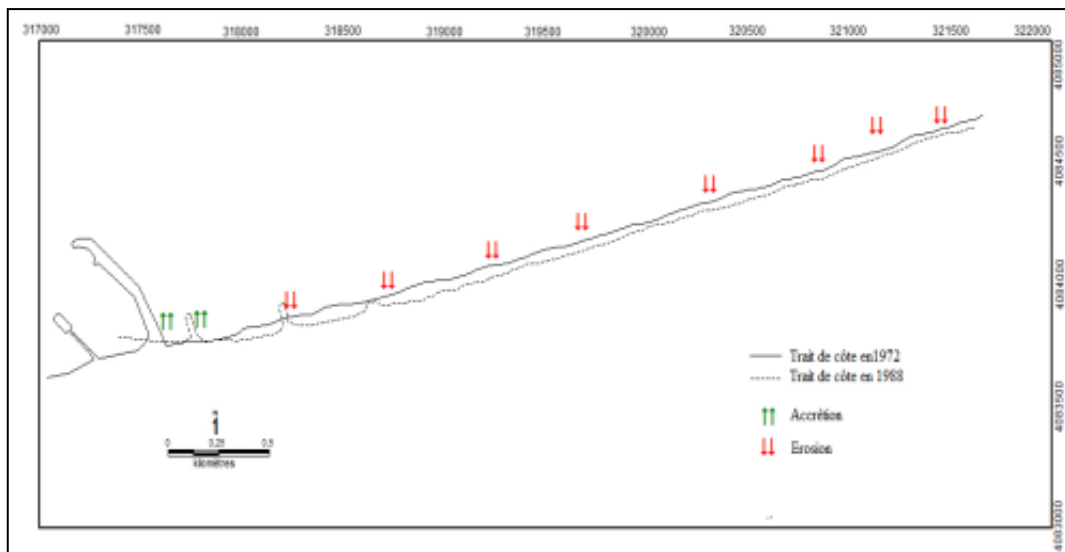
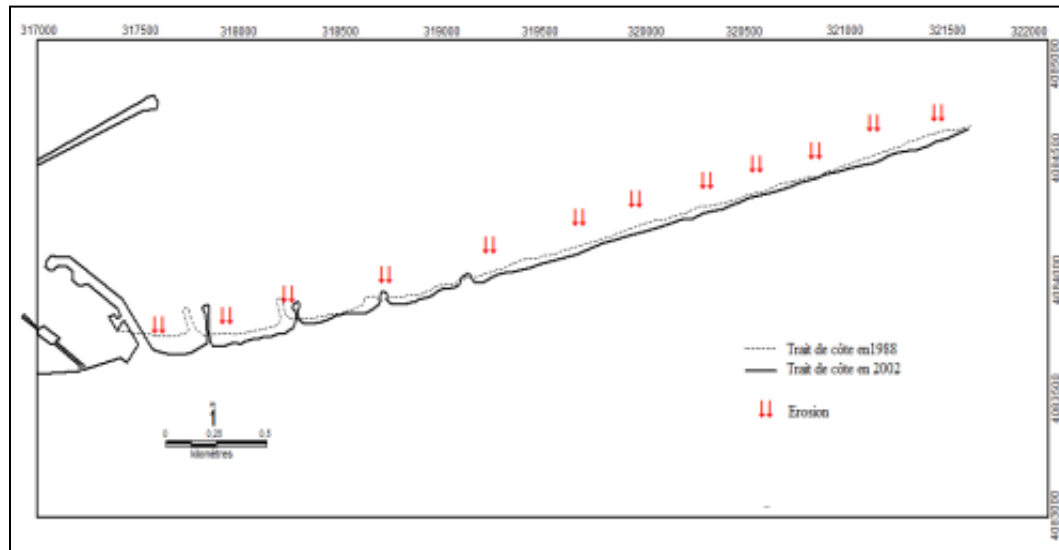


Fig .15- Evolution du trait de côte au cours de la période 1972-1988



*Fig.16- Evolution du trait de côte au cours de la période 1988-2002*

## 5 Discussion

L'analyse des résultats obtenus par l'étude diachronique des photographies aériennes sur l'ensemble des 41 points de mesure composant le secteur d'étude, démontre d'une manière générale que la position du trait de côte s'est déplacée progressivement vers l'intérieur des terres depuis l'année 1960. Le taux de régression varie entre  $-0.38$  et  $-1.30$  m/an. Un engraissement rare et très localisé (plus de 50 mètres) apparaît dans la partie Est de la jetée secondaire du port méthanier cela est marqué à partir de l'année 1972, par contre il n'était pas assez important entre 1960 et 1972.

Si on compare le point de mesure n°1 entre les deux périodes 1960-1972 / 1972-1988 on trouve que l'engraissement du rivage est passé de 10.5 mètres à 32.8 mètres soit une évolution positive de 22.3 mètres. Cette tendance peut être expliquée par la construction du port méthanier et c'est à cause de la jetée secondaire, où les sédiments qui viennent de l'Est vers l'Ouest par le courant de dérive littorale ont été fortement bloqué à l'Est de la jetée, ce qui favorise l'engraissement de la plage.

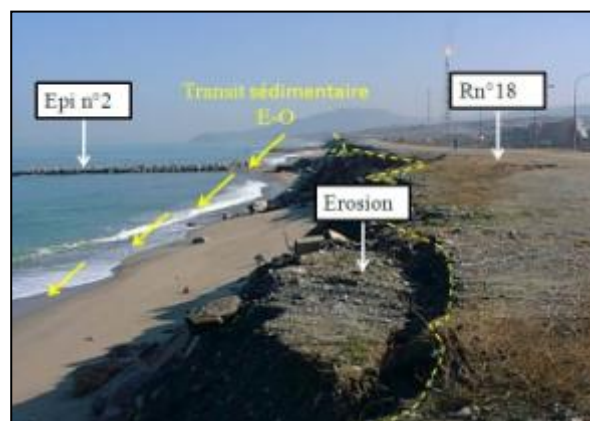
L'année 1988 est considérée exceptionnelle ; car une partie du rivage est devenue artificielle suite à l'installation d'un système de défense côtier constitué des épis. L'objectif principal de ces épis est de protéger le port contre le phénomène d'ensablement car le transit sédimentaire est très important et très rapide il peut atteindre  $39200.36 \text{ m}^3/\text{an}$  selon les estimations du Laboratoire Central de France en 1968 [22]. Les conséquences de cette intervention sur la morphologie du rivage apparaissent nettement sur la photographie aérienne de 1988 où on voit un léger engraissement derrière l'épi numéro 1 puis le recul commence entre les deux épis sur une longueur de 410 mètres. On constate que malgré les ouvrages de défense le trait de côte se met en recul et expose les constructions à l'attaque des vagues (photo 5), par exemple la destruction de la route numéro 18 (photo 6).

La période 1988-2002 est marquée par un recul généralisé, à l'exception des parties qui se trouvent en arrière des épis et le rejet de la zone urbaine, on peut expliquer cette situation d'un côté par l'ampleur de l'urbanisation qui annule tout un échange sédimentaire entre la plage, l'arrière-plage et la dune et d'un autre côté aux fortes tempêtes qui ont caractérisé la zone (Photo 7).

Les travaux qui ont été réalisés sur les plages de Bejaia, d'Alger [5] ou les plages de Jijel [2] ont démontré une évolution morphodynamique similaire à celle de Skikda ; par exemple au niveau de la côte de Jijel un recul du rivage est estimé [5] de  $-0.7$  à  $-1.7$  m/an entre 1960 et 2003 cette variation est due principalement à la réalisation du port de Djendjen ce dernier par sa jetée principale comme celle du nouveau port méthanier à Skikda a freiné le transit sédimentaire en créant un engraissement ( 18 hectares de plages gagnés entre 1978 et 2003) et 2 hectares ont été perdus durant la même période [2].



*Photo.6 - les équipements se mettent à l'attaque de la mer sur la plage Ben Mhidi*



*Photo.5- l'épi est un ouvrage de protection contre l'ensablement du port méthanier*



*Photo.7- Artificialisation du trait de côte sur la plage Ben Mhidi*

## 6 Conclusion

Il apparaît donc que la morphologie côtière de la plage Larbi Ben Mhidi est caractérisée par une évolution récente due principalement comme la majorité des cas aux facteurs naturels et surtout anthropiques. L'étude basée sur la photographie aérienne des missions 1960, 1972, 1988, et 2002 a permis la reconnaissance du système côtier, dans son contexte naturel et sa transformation en fonction des pratiques humaines qui perturbent, modifient et parfois annulent les échanges sédimentaires.

L'équilibre sédimentaire du secteur étudié est contrôlé par l'action des apports fluviaux provenant des bassins versants tributaires (Oued Saf-Saf, El Gasseb, El Gat), l'action éolienne (échange entre plage et dune) et par l'action marine entre les segments du rivage (dérive littorale). Cet équilibre a été interrompu par la construction du port méthanier, par les ouvrages de défense longitudinaux et l'intervention sur les dunes.

Ce travail d'analyse effectué par photographie aérienne intégré dans un SIG présente : pour la période 1960-1972 un engraissement générale (+50m) après l'implantation du port méthanier à cause de sa grande jetée qui freine le transit sédimentaire Est-Ouest.

Au cours de la période 1972-1988 plus précisément entre 1982 et 1983 des travaux de protection ont été effectués, les deux épis ont été installés pour protéger le port et les constructions en arrière-pays. Pendant cette période, un faible

engraissement est enregistré en arrière des épis, mais le trait de côte se met en recul avec un taux de  $-3.53\text{m/ans}$ . Ce recul est accéléré durant la période 1988-2002 il atteint  $-87.6$  mètres en arrière de la grande jetée du port et entre les deux épis.

Actuellement la route n°18(CW18) est détruite et des constructions situées sur la plage et la dune sont menacé par l'avancée de la mer.

## REFERENCES

- [1]- M. Boutiba, Géomorphologie dynamique et mouvements des sédiments le long de la côte Jijelienne (Est-Algérie), Thèse de doctorat d'état, Algérie, 2006. 246 pages.
- [2]- M. Boutiba, Sur l'évolution de la ligne de rivage le long de la côte sableuse Jijelienne (Est-Algérie), *Rev. Sci. Tech-D* 32(2010) 19-26.
- [3]- C. Aoudj, A. Mezhoud, M. Guerfi, Y. Hemdane, Analyse spatio-temporelles du littoral sableux Est Béjaoui (Algerie). In: *Proceedings of the 4<sup>th</sup> Coastal and Maritime Mediterranean Conference CM2, Split, Croatia, 29th November-1st December 2017*, pp. 7-10. doi:10.5150/cmcm.2017.002
- [4]- APPL: Réseau de surveillance du trait de côte, évolution du trait de côte de la wilaya d'Alger entre 1959 et 2011. 2011.
- [5]- Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement MATE, Stratégie relative à la gestion intégrée des zones côtières en Algérie/les risques côtiers en Algérie, 2012
- [6]- M. Boutiba, Le coût de la dégradation de l'environnement côtier en Algérie. *Mediterranean Environmental Technical Assistance Program METAP, Rapport*, 2005.
- [7]- J.M. Vila, La chaîne Alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-tunisiens. Thèse de doctorat des sciences naturelles, Paris, 1980. 655 pages
- [8]- M.S. Kerfouchi, Le bassin du Saf-Saf irrigation et aménagement des ressources en eau. Thèse 3<sup>o</sup> cycle université de Nancy, 1984. 440 pages.
- [9]- M.S. Kerfouchi, Importance et origine de l'envasement du barrage des Zardezas Algérie orientale. *Rev. Mediter.* 3(1984).
- [10]- M. Setti. L'économie portuaire de l'Algérie et les problèmes posés. Thèse de doctorat, Nantes, 1992, pp.21-22-64-207-212.
- [11]- W. Mouats. Dynamique urbaine et transformation socio-spatiale de l'habitat individuel à Skikda. Thèse de doctorat, Algérie, 2015. 472 pages.
- [12]- H. Meghzili. Modèles d'aménagement et d'urbanisation des zones d'expansion touristiques de la wilaya de Skikda Algérie. Thèse de doctorat, Western Brittany, 2015. 333 pages.
- [13]- R. Belkessa. Les ports Algériens - ensablement, pollution par les métaux lourds et sites des sédiments. Thèse de doctorat, Algérie, 2005. 412 pages.
- [14]- N. Cemali, S. Ramoul, Dynamique du littoral de Skikda (Est Algérien) : Analyse par photo-interprétation, traitement d'images et analyse des cartes. *Int. J. Environ. Water* 3(1) (2014) 22-34.
- [15]- L.E.M. Laboratoire des études maritimes, Etude des conditions naturelles dans la baie de SKIKDA, Rapport final de 500 pages. Wilaya de Skikda.1998.
- [16]- A. Hamidcha. Ecoulement de deux navires au large de Skikda. *Bul. El minna, Algérie*, 2004.
- [17]- Direction de l'hydraulique, Protection de la ville de Skikda et ses zones environnantes contre les inondations des Oueds Saf-Saf et Zeramana. Rapport final de 15 pages. Wilaya de Skikda, 2004.
- [18]- F. Chaguetmi, Urbanisation autour des sites industriels à haut risque-cas de Skikda. Thèse de magistère (villes et risque urbains), Université Constantine, 2011.
- [19]- P. Durand, Cinématique d'un littoral sableux à partir de photographies aériennes et de cartes topographiques. Exemple du littoral d'Argelès-Plage à Saint-Cyprien (Roussillon, France). *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 2(1998) 155-166.
- [20]- J. Tricart, S. Rimbart, G. Lutz, Introduction à l'Utilisation des Photographies Aériennes en Géographie, Géologie, Ecologie, Aménagement du Territoire. Tome I. Notions Générales, Données Structurales, Géomorphologie. Ed. SEDES, 1970, pp 96-97.
- [21]- J. Carré, Lecture des photographies aériennes. Institut Géographique National, Paris, 1965, pp. 21-22.
- [22]- Laboratoire des Etudes Maritimes LEM, Etude de protection contre l'ensablement du nouveau port de Skikda. Rapport de 60 pages. Wilaya de Skikda 1998.