



Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État en
Sciences de la Mer

Option : Aménagement du Littoral

Thème

**La vulnérabilité de la zone côtière de Ain Taya
(Alger Est) faces aux changements climatiques et
actions anthropiques**

Réalisé par

- Mlle. BERKANI Bekhta
- Mlle. DAHMANI Khadidja

Soutenu le 27 Septembre 2017 devant le jury suivant :

Mme LAOUR.A	Maitre assistant A	Présidente
Mr MEZOUAR.K	Maitre de conférence A	Promoteur
Mme MEHDID.S	Maitre assistant A	Examinatrice
Mr OTMANI.H	Maitre assistant B	Examinateur

Promotion : 2016/2017

Dédicaces

*À cette sacrée et tenace femme que j'ai connu
Depuis ma naissance, qui n'est autre que mama
tum'as bercé, aimé. Tu m'as appris la vie,
grâce à toi on en sourit. Tu m'as montré
le bonheur tu as consolé mapeur. De toutes
les mamans tu es la meilleure, et je te garderai
éternellement dans mon cœur.*

*Je t'écris ce petit mot aujourd'hui, pour te dire
un grand **MERCI Maman.***

*À toi mon **Père**, merci d'avoir cru en votre petite
Khadija qui ne croyait pas en elle, merci d'avoir appo
Votre pierre angulaire pour ma construction. Lentement,
Jour après jour, tu m'as apprivoisée. Je te dis **MERCI.***

*À mes deux chères sœurs. Je vous aime mes étoiles
Brillantes Sara « un cœur d'une maman », Asma*

*À mes aimables frères Zakaria et
Khalil, Rafik bienvenue*

Parmi nous

À tous mes amis, A ma fidèle amie

*Fenier Faiza et mon éternel confident **A.A.**, pour les
Inoubliables moments que nous avons passés ensemble
Durant notre projet.*

*À toutes les personnes qui me connaissent de
Près ou de loin.*

Je dédie ce modeste travail

Khadija « jojo »

Dédicaces

Au terme de ce travail, Nous remercions Dieu le tout puissant pour nous avoir donné la santé, le courage et la volonté, pour réaliser ce modeste travail.

Je suis très heureuse de pouvoir exprimer ma gratitude à toute personne ayant Contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Mes plus vifs Remerciements s'adressent à :

M MEZOUAR KHODAIR Professeur à l'ENSSMAL qui a encadré et dirigé cette étude et qui par ses conseils et sa disponibilité m'a initié à l'aménagement du littoral ; il m'a fait bénéficier, de son expérience et de ses connaissances judicieuses.

Je remercie la doctorante SALEM CHERIF YOUSRA qui me fait l'honneur de juger ce mémoire malgré ses nombreuses occupations, pour ses encouragements et son aide

Je remercie tous mes amis qui m'ont aidé ce travail : FEDAOUI AHMED ,KADRI ISMAHAN, ET BIEN SUR A MA BINOME DAHMANI KHADIJA ,aussi mes sœur BERKANI SAWSAN et HALLA et mon frère Abd Raouf , je tiens à les remercier aussi pour leur présence, leurs conseils et leurs encouragements.

Enfin, c'est avec beaucoup de reconnaissance et d'affection qu'à mes PARENT et ma FAMILLE.

Je dédie ce modeste travail

Bekhta



Remerciements

الحمد لله

Avant tout nous remercions Dieu le tout puissant qui nous a donné le courage, volonté et patience. « Si on a raison, c'est grâce à dieu seul, et si on s'est trompé, c'est à cause de nous-mêmes et du démon ».

Nos sincères remerciements s'adressent à

Mr MEZOUAR, votre travail est stressant. Vous ne comptez plus les heures. Et pourtant vous avez toujours été attentif et compréhensif. Nous tenions à vous remercier pour votre engagement à nos côtés, pour votre enseignement et votre soutien tout au long de l'année.

Nous espérons avoir été à la hauteur des plus complexes devoirs que vous nous avez donnés cette année : nous surpasser, croire en nous et ne jamais baisser les bras. Merci pour votre travail acharné à nos côtés sans oublier de remercier Mr Bouakline, Mr Otmani, Mr Hamdan

Mr Dahmani, pour leur collaboration et soutien

Enfin nous adressons nos remerciements à tous ceux qui ont contribué par leurs conseils ou leurs encouragements à l'aboutissement de ce travail, à nos familles et amis pour leurs aide et soutien.

H o m m a g e

إنا لله و إن إليه راجعون



Tables des matières

Dédicaces	II
Dédicaces	III
Remerciements	IV
H o m m a g e	V
Tables des matières	VI
Liste des figures	X
Liste des Tableaux	XII
Liste des abréviations	XIII
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
Introduction générale :	1
CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS	3
CHAPITRE I - Généralités :	4
I - 1 - La Morpho dynamique côtière.....	4
I - 2 - Morphologies littorales	4
I - 3 - Hydrodynamique littorale :	5
I - 4 - Qu'est-ce que le changement climatique ?	6
4 - 1 - Les rapports d'évaluation du GIEC :	6
4 - 1 - 1 - Première évaluation de 1990 :	6
4 - 1 - 2 - Deuxième rapport de 1996 :	6
4 - 1 - 3 - Troisième évaluation de 2001 :	7
4 - 1 - 4 - Quatrième rapport du GIEC 2007 :	7
4 - 2 - Impacts du réchauffement climatique :	7
I - 5 - Élévation du niveau de la mer	8
I - 6 - Phénomène de l'érosion du littorale	1
0	
I - 7 - Vulnérabilité et adaptation au changement climatique :	11
7 - 1 - Qu'est-ce que la vulnérabilité :	11
7 - 1 - 1 - Les aléas :	12
7 - 1 - 2 - Les enjeux :	12
7 - 1 - 3 - Les perceptions :	12
7 - 1 - 4 - La gestion des risques :	13
CHAPITRE II : PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE	14
CHAPITRE II - Présentation de la zone d'étude:	15
II - 1 - Situation géographique	15

II - 2 - Description du rivage d'Ain Taya :	16
2 - 1 - Données naturelle :	16
2 - 1 - 1 - Données physique :	16
2 - 1 - 2 - Le cadre géomorphologique :	18
2 - 2 - Données climatique :	19
2 - 2 - 1 - Le cadre hydrologique :	19
2 - 2 - 2 - Cadre hydrogéologique	25
2 - 2 - 3 - Le cadre océanographique :	27

CHAPITRE III : EVOLUTION SPATIOTEMPORALE DES TRAITS DE LA CÔTE DE AIN

TAYA..... 30

CHAPITRE III - Évolution spatiotemporelle des traits de côte Ain Taya.....31

III - 1 - Le trait de côte : un objet complexe	31
III - 2 - Érosion côtier et SIG :	31
2 - 1 - Arcgis :	33
2 - 2 - DSAS :	33
2 - 3 - Le volet cartographique et statistique :	33
III - 3 - Évolution historique du trait de côte de Ain Taya :	35
3 - 1 - Source des données :	35
3 - 1 - 1 - Secteur Est :	35
3 - 1 - 2 - Site Ouest :	35
3 - 2 - Résultats des statistiques calculés au moyen du module DSAS :	35
3 - 2 - 1 - Site Est de la zone Ain Taya :	35
3 - 2 - 2 - Site Ouest de la zone Ain Taya	43
3 - 2 - 3 - Évolution des surfaces horizontales en (m ²) de la zone Ain Taya :	52
III - 4 - Conclusion :	55

CHAPITRE IV : ÉTUDE HYDROSEDIMENTAIRE..... 56

CHAPITRE IV - Étude hydrosédimentaire.....57

Introduction: 57

IV - 1- Les données nécessaires pour la modélisation numérique de fonctionnement hydrodynamique:	57
1 - 1 - Les données bathymétriques:	57
1 - 2 - Les données relatives aux conditions météorologiques:	58
1 - 3 - Les données relatives au niveau de la mer et au marnage:	58
IV - 2 - Présentation de modèle utilisée :	58
2 - 1 - Présentation de la carte bathymétrique sous mike21:	59
2 - 2 - Le modèle couplé Mike21/3 FM :	60
- 1 - 2 - 2 Simulation de la propagation de la houle par le module SW (Spectral waves model):	61
- 2 - 2 - 2 Simulation des champs de courants générés par la houle et les vents par le module HD:	64

Conclusion :	65
CHAPITRE V ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ CÔTIÈRE.....	66
CHAPITRE V - Évaluation de la vulnérabilité.....	67
Introduction :	67
V - 1 - Méthodologie :	67
V - 2 - L'indice côtier de vulnérabilité physique (ICV) :	68
2 - 1 - Géologie :	70
2 - 2 - La géomorphologie :	70
2 - 3 - La pente côtière :	71
2 - 4 - Le recul du trait de côte :	73
2 - 5 - Le taux de la remontée du niveau marin:	74
2 - 6 - L'amplitude de la marée:	75
2 - 7 - L'amplitude de la houle :	76
2 - 8 - La Calcul de l'indice de vulnérabilité côtière physique :	77
2 - 9 - Évolution de la vulnérabilité physique du littoral de Ain Taya :	79
V - 3 - L'indice de vulnérabilité socio-économique :	79
3 - 1 - La Communauté de population :	81
3 - 2 - Le patrimoine culturel :	82
3 - 3 - Les routes :	82
3 - 4 - Les voies ferreuses :	83
3 - 5 - L'occupation du sol :	84
3 - 6 - La désignation de conservation :	84
3 - 7 - Le Calcul de l'indice socio-économique :	85
3 - 8 - Evolution de la vulnérabilité socio-économique du littoral de Ain Taya :	85
V - 4 - Évolution de la vulnérabilité physique et socio-économique du littoral de Ain Taya :	88
Conclusion :	90
CHAPITRE VI : STRATÉGIE D'ADAPTATION	91
CHAPITRE VI - Stratégie d'adaptation	92
Introduction :	92
VI - 1 - L'adaptation aux changements climatiques:	92
VI - 2 - Stratégies d'adaptation à l'élévation du niveau de la mer:	92
2 - 1 - Le retrait :	93
2 - 2 - L'accommodation :	93
2 - 3 - La protection :	93
VI - 3 - Les étapes d'élaboration d'un plan d'adaptation aux changements climatique:	93
VI - 4 - Mesure d'adaptation pour la zone Ain Taya :	94
4 - 1 - Les stratégies à court et à moyen termes:	94
4 - 2 - Les stratégies à long termes :	95

Conclusion:	96
CONCLUSION GÉNÉRALE	97
ANNEXE	99
Annexe 1 :	100
Annexe 2 :	101
Annexe 3 :	102
Annexe 4 :	103
Annexe 5 :	103
BIBLIOGRAPHIE	104

Liste des figures

Figure I-1 Composition d'un système morpho dynamique côtier (Cowell et Thom 1994).....	4
Figure I-2 Délimitations du domaine côtier (Short (1999) et Wright et al. (1982), modifié)	5
Figure I-3 Schéma de transformation des vagues à l'approche de la côte.....	5
Figure I-4 Impacts biophysiques et socio-économiques potentiels du changement climatique dans les zones côtières (extrait modifié de McLean et al, 2001)	10
Figure I-5 : risque = aléas + enjeux (Meur-Ferec2003-2004).....	12
Figure I-6 Système de vulnérabilité (Meur-Ferec2003-2004)	13
Figure II-1Présentation géographique de la zone d'étude Ain Taya (Google Earth, Google Map, 2017)	15
Figure II-2 Photo de la falaise Ain Taya	18
Figure II-3 Photo d'une partie de la bande côtière Ain Taya.....	19
Figure II-4 Moyennes mensuelles des températures minimales, moyennes et maximales obtenus de la station de Dar EL Beida 2006-2015, source ONM	20
Figure II-5 : Roses annuelle et saisonnières des vents au large de la grande baie de Zemmouri (Source MEDATLAS 1999-2004)	23
Figure II-6 Roses annuelle et saisonnières des vents au large de la grande baie de Zemmouri (Source MEDATLAS 1999-2004).	23
Figure II-7 Rose annuelle et saisonnières des vents à proximité de la côte (Source ONM 1994-2013).....	24
Figure II-8 Réseaux hydrographique de la grande baie de Zemmouri.....	25
Figure III-1 Photos d'effondrement des bâtiments par l'érosion sur la zone Ain Taya.....	32
Figure III-2 Cartographique basé sur le calcul de l'End Point Rate (EPR) entre deux dates 2003-2008 (côte est de la zone Ain Taya).....	36
Figure III-3 Carte d'emplacement des ouvrages de défense des plages de Surcouf	37
Figure III-4 Photos récentes des ouvrages de défense des plages Surcouf	38
Figure III-5 Cartographique basé sur le calcul de l'End Point Rate (EPR) entre deux dates 2011-2015 (côte est de la zone de Ain Taya).....	39
Figure III-6 Cartographique basé sur le calcul de l'End Point Rate (EPR) entre deux dates 2015-2017 (côte est de la zone de Ain Taya).....	41
Figure III-7 Courbe de régression 20003-2017 (les flots bleus)	42
Figure III-8 Courbe de régression 2003-2017(déca plage)	43
Figure III-9 Carte représentative des ouvrages de défense sur la côte Ouest de la zone Ain Taya.	44
Figure III-10 Photo des enrochements de protection sur la plage Tamaris.....	45
Figure III-11 Cartographique basé sur le calcul de l'End Point Rate (EPR) entre deux dates 2004-2009 (côte Ouest de la zone de Ain Taya).	46
Figure III-12 Cartographique basé sur le calcul de l'End Point Rate (EPR) entre deux dates 2011-2015 (côte Ouest de la zone de Ain Taya).....	48
Figure III-13 Cartographique basé sur le calcul de l'End Point Rate (EPR) entre deux dates 2015-2017 (côte Ouest de la zone de Ain Taya)	50
Figure III-14 Courbe de régression 2004-2017 (plage Tamaris Est)	51
Figure III-15 Courbe de régression 2004-2017 (plage Tamaris Ouest).....	52

Figure III-16 Présentation géographique et statistique de l'évolution des surfaces horizontales et le bilan sédimentaire de la zone côtière de Ain Taya entre 2004 à 2017.	54
Figure IV-1 Digitalisation de trait de la côte sous Mike zero.	58
Figure IV-2 Maillage du Mesh Generator sous MIKE Zero.	59
Figure IV-3 Exemple d'interpolation sur la zone d'étude sous Mike zero.	59
Figure IV-4 Carte bathymétrique de Ain Taya sous Mike21	60
Figure IV-5 Le concept du modèle de MIKE 21/3 Coupled Model FM.....	60
Figure IV-6 Représentation de la propagation des houles du secteur N45° (Hs0=2.56 Tp=8).	62
Figure IV-7 Représentation de la propagation es houles du secteur N315 (Hs0=3 Tp=6.2). ..	63
Figure IV-8 Représentation de la propagation des houles du secteur N360° (Hs0=1.73 Tp=6.2).....	63
Figure IV-9 Représentation de champ de courant induit par les houles de secteur N45°	65
Figure V-1 Présentation graphique des cellules de calcul de vulnérabilité.....	68
Figure V-2 Carte de vulnérabilité côtière selon la géologie.....	70
Figure V-3 Carte topographique de la zone d'étude élaborée par un MNT.....	71
Figure V-4 Carte de vulnérabilité côtière selon la géomorphologie	71
Figure V-5 Illustration du profil d'élévation et de la pente à partir Google Earth pro	72
Figure V-6 Carte de vulnérabilité côtière selon la variable pente	73
Figure V-7 Carte de vulnérabilité côtière selon la variable trait de côte.....	74
Figure V-8 Carte de vulnérabilité côtière selon la variable remontée du niveau marin.....	74
Figure V-9 Amplitude de la marée lunaire principale sur le méditerranée prédites par le modèle CEFMO (crédits lego)	75
Figure V-10 Carte de vulnérabilité côtière selon le variable marnage.....	75
Figure V-11 Représentation de la propagation des houles du secteur N45° (Hs0=2.56 Tp=8)76	76
Figure V-12 Carte de vulnérabilité côtière selon l'amplitude de la houle	77
Figure V-13 Présentation graphique du degré de la vulnérabilité physique en pourcentage du linéaire côtier.....	78
Figure V-14 Carte de synthèse représentant l'ICV de la zone de physique Ain Taya.....	79
Figure V-15 Carte de vulnérabilité côtière selon la variable population	81
Figure V-16 Carte de vulnérabilité côtière selon la variable patrimoine culturel	82
Figure V-17 Carte de vulnérabilité côtière selon la variable route	83
Figure V-18 Carte de vulnérabilité côtière selon la variable les voies ferreuses	83
Figure V-19 Carte de vulnérabilité côtière selon la variable occupation du sol	84
Figure V-20 Carte de vulnérabilité côtière selon la variable désignation de conservation	85
Figure V-21 Carte de synthèse représentant l'ICV socioéconomique de la zone de Ain Taya	86
Figure V-22 Pourcentage du linéaire côtier de la zone de Ain Taya pour chaque niveau de la vulnérabilité socio-économique	87
Figure V-23 Illustration des démarches suivis pour la modification de la transparence d'une carte sur Arcgis.....	88
Figure V-24 Carte de vulnérabilité physique et socio-économique du littoral de Ain Taya....	89
Figure VI-1 Stratégies d'adaptation à l'élévation du niveau de la mer. (GIEC, 1990).	92
Figure VI-2 Les étapes d'élaboration d'un plan d'adaptation aux changements climatique. ..	93

Liste des Tableaux

Tableau II-1 Précipitation mensuelles moyennes (ONM, 2006/2015).....	21
Tableau II-2 Fréquences d'apparition des vents au large par direction (source MedAtlas1999-2004).....	21
Tableau II-3 Distribution des apports liquides moyens mensuels (1986-1992), source ANRH26	
Tableau II-4 Estimation des Oueds principales de la grande baie de Zemmouri El Bahri	26
Tableau II-5 Fréquence annuelle et saisonnière des houles au large par direction (MEDATLAS, 1999-2004)	27
Tableau II-6 Fréquences des classes de hauteurs significatives en fonction des directions dominantes au large.....	28
Tableau V-1 Les six variables physiques utilisées pour la détermination de l'index côtier de vulnérabilité (d'après Gornitz et al, 1994).	69
Tableau V-2 Classe des caractéristiques socio-économiques utilisées pour le calcul de l'indice de vulnérabilité.....	80
Tableau V-3 Évolution démographique de la commune Ain Taya	81

Liste des abréviations

A.N.R.H: Agence Nationale des **R**essources **H**ydriques.

B.M.V.E:Basses Mers de **V**ive-**E**au.

B.M.M.E: Basses Mers de **M**orte-**E**au.

C.C.C.C: Convention Cadre **C**hangement **C**limatique.

C.E.F.M.O : Code **É**léments **F**inis pour la **M**arée **O**céanique

D.S.A.S: Digital **S**horeline **A**nalysis **S**ystem.

D.O.S: Disk **O**perating **S**ystem.

D.H.I: l'Institut **H**ydraulique **D**anois.

ENSSMAL : École Nationale Supérieure des **S**ciences de la **M**er et de l'**A**ménagement du **L**ittoral.

E.P.R: End **P**oint **R**ate.

G.I.E.C :Groupe d'experts **I**ntergouvernemental sur l'**É**volution du **C**limat.

G.P.S: Global **P**ositioning **S**ystem.

G.E.S: **G**az à **E**ffet de **S**erre.

G.I.Z.C: **G**estion **I**ntégrée des **Z**ones **C**ôtières.

H.D: **H**ydro-**D**ynamique.

H.s: **H**auteur **S**ignificative.

K.M.L: **K**eyhole **M**arkup **L**anguage.

L.R.R: **L**inear **R**egression **R**ate-of-change.

L.E.M : **L**aboratoire des **É**tudes **M**aritimes.

M.N.T: *Modèle Numérique de Terrain.*

O.N.M: **O**ffice **N**ational de **M**étéorologie.

P.M.M.E: **P**leines **M**ers de **M**orte-**E**au.

P.M.V.E: **P**leines **M**ers de **V**ive-**E**au.

S.W: **S**pectral **W**aves model.

S.H.F.N: **S**ervice **H**ydraulique des **F**orces **N**avales.

S.I.G: **S**ystème d'**I**nformation **G**éographique.

U.T.M: **U**niversal **T**ime **M**ercator.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale :

Le littoral, par sa définition, est un espace d'étendue limitée, correspond à une bande étroite ou l'hydrosphère, l'atmosphère (Paskoff 1994), et la lithosphère se contactant. En géomorphologie, nous parlons de la bande côtière qui constitue un environnement fragilisé ainsi son façonnement et son évolution spatiotemporelle. Le littoral n'est pas omniprésent et de plus en plus convoité, attractif et propice aux différents flux (échanges commerciaux, déplacement...)

En Algérie, la zone littorale reçoit actuellement la majorité de la population et le nombre d'agglomérations ne cesse d'augmenter d'une année à l'autre sans parler de nombreuses activités exercées. Ces espaces possèdent donc des atouts indéniables sur les plans touristique, économique, paysages, naturel, ce qui en fait un espace fortement attractif.

Cependant, entre ces diverses pressions et la fragilité, notamment le long des côtes meubles, ce milieu présente une sensibilité naturelle à l'érosion marine (recul du trait de côte ou ensablements) et aux inondations par submersions marines augmentant ainsi la vulnérabilité côtière.

Faces aux risques qui se représentent sur plusieurs endroits du littoral algérien, nombreuses sont les recherches portées sur l'étude d'érosion et d'évolution des côtes qui visent à trouver des bonnes solutions préconisées, la protection par des ouvrages en enrochement naturels ou l'état investi dans des coûteux travaux de défense.

Certes, ces ouvrages peuvent diminuer la vulnérabilité de la côte au risque d'érosion et submersion marine d'une façon ponctuelle, mais parfois, ils ont des répercussions sur l'évolution naturelle du reste de la côte en modifiant son tracé, ses morphologies et les échanges Hydro sédimentaires.

L'objectif principal de ce mémoire est de faire une étude de vulnérabilité de la zone côtière de Ain Taya, son état après avoir été aménagées par ces ouvrages de protection le long de la période d'étude entre 2003 et 2017, ainsi de voir le fonctionnement de ces ouvrages en grandeur nature afin de mettre en évidence leur impact sur l'évolution spatiotemporelle.

La partie théorique est consacrée à une longue recherche bibliographique (ouvrages, mémoire, thèses..) et une récolte des données et d'information la zone d'étude dans plusieurs établissements et organismes (ENSSMAL, USTHB, APPL, CNL, ONM, LEM...)

Puis la mise en œuvre de la première partie de notre travail qui est réservée à la présentation de la région d'étude sur les différents plans : situation géologique, cadre géologique et géomorphologique, cadre hydrographique et climatique.

Introduction générale

La partie pratique pour étudier la dynamique côtière du site Ain Taya, pour étudier l'évolution du trait de côte nous avons utilisé des anciennes images satellitaires de Google Earth pro 2004, 2009, 2011, 2015, pour le secteur Ouest et 2011,2015, pour le secteur Est et pour les dates 2003 et 2008 utiliser 2 cartes aériennes auto rectifier, et pour la donnée d'année 2017 obtenu effectuée par une sortie terrain par un GPS.

Le système d'information géographique (SIG) est utilisé pour la réalisation des différents cartes ;(cartes de présentation de la zone, carte bathymétrique, plans de représentations des ouvrages de protection...).

Le DSAS qui est un module intégré dans la plateforme du logiciel de cartographie Arcgis est utilisé pour calculer le taux d'accumulations ou d'érosion du trait de côte.

Pour le bon développement du mémoire nous avons structuré le travail selon le plan suivant :

Introduction générale : comprennent la problématique, les objectifs et la démarche et la structuration.

Dans un premier chapitre nous avons présenté les caractéristiques générales de la côte de Ain Taya.

Le deuxième chapitre est réservé à la présentation du site d'étude.

Le troisième chapitre est réservé pour l'étude hydro sédimentaire.

Le quatrième chapitre concerne l'évaluation spatiotemporelle du trait de côte de la zone côtier étudié.

Le cinquième chapitre présente une étude de vulnérabilité physique et socioéconomique.

En fin par le chapitre six st stratégie d'adaptation.

Le mémoire se termine par une conclusion générale dans laquelle nous avons synthétisé et conclu tous les résultats obtenus.

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

CHAPITRE I - Généralités :

I - 1 - La Morpho dynamique côtière

Un système morpho dynamique est constitué d'un objet géomorphologique qui réagit aux variations d'une composante dynamique par ajustement morphologique. Cette réponse est une tentative de mise à l'équilibre de la morphologie par rapport aux nouvelles conditions de forçages.

Dans le cas des systèmes littoraux, (Figure I-1) la topographie des fonds côtiers est le résultat d'un gradient de transport sédimentaire.

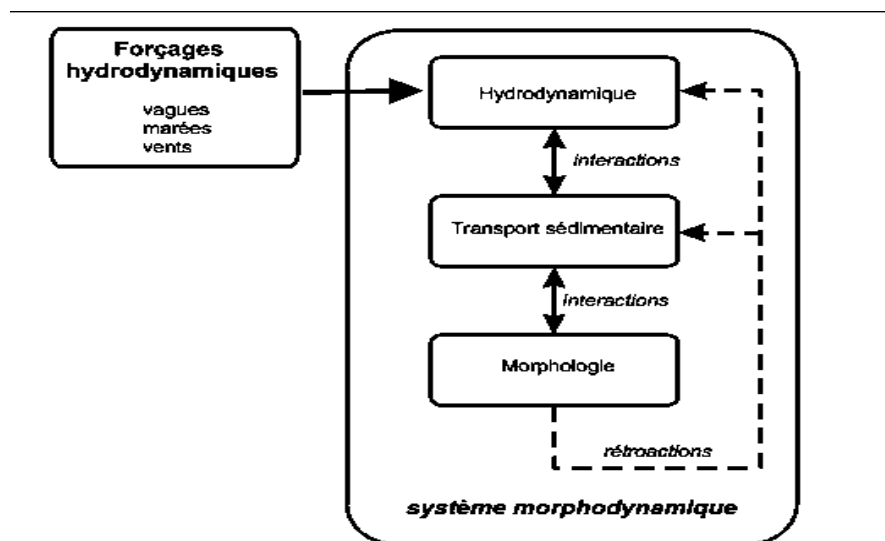


Figure I-2 Composition d'un système morpho dynamique côtier (Cowell et Thom 1994)

Une modification des forçages génère une modification de la dynamique des fluides, du transport sédimentaire et l'interaction de ces processus avec la morphologie initiale est à l'origine de la construction d'une nouvelle morphologie. Des phénomènes de rétroactions sur la dynamique des fluides et le transport peuvent être soit positifs ou négatifs (Cowell et Thom 1994). un processus d'autocontrôle renforce la tendance d'évolution du système en augmentant le déséquilibre. Alors qu'un processus d'autocontrôle inverse la tendance et amène le système vers l'équilibre.

I - 2 - Morphologies littorales

Les plages bordant les zones littorales sont soumises à différents types de conditions climatiques et météorologiques, et leurs caractéristiques dépendent de plusieurs facteurs tels que la géométrie du littoral, le type et le volume de sédiments disponibles et l'hydrodynamique locale (marée, courants et agitation). Ainsi, la zone littorale s'étendant du large vers la côte peut être divisée en plusieurs zones définies comme suit, (Figure I-3) Délimitations du domaine côtier d'après Short (1999) et Wright et al. (1982), modifié

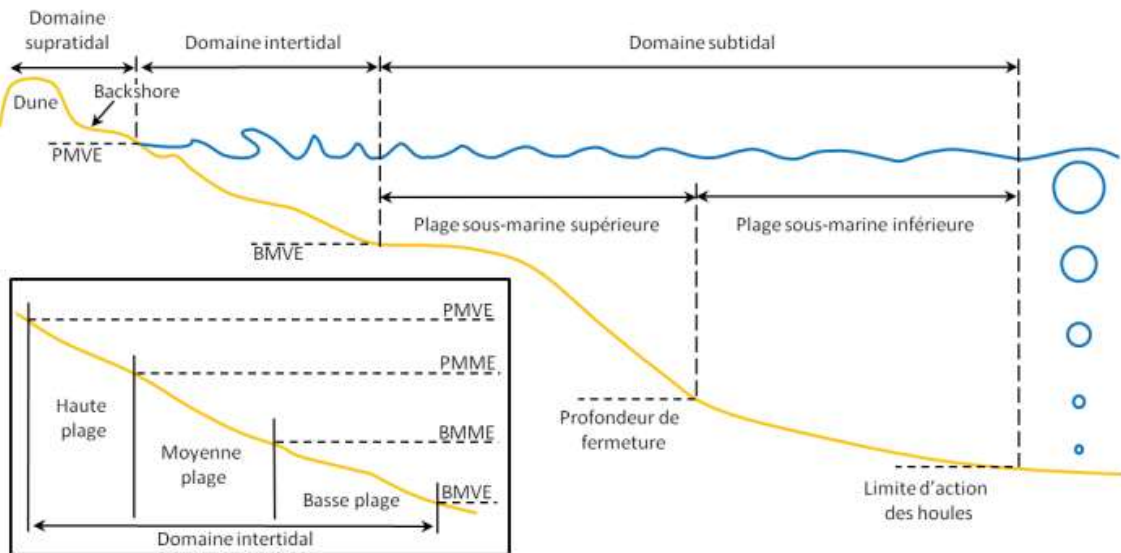


Figure I-4 Délimitations du domaine côtier (Short (1999) et Wright et al. (1982), modifié)

I - 3 - Hydrodynamique littorale :

De nombreux agents dynamiques affectent les plages et sont responsables des écoulements pouvant véhiculer les sédiments sableux à différentes échelles spatiotemporelles. Les phénomènes ondulatoires tels les ondes de gravité (période de 4 à 20 s), les ondes infragravitaires (période de 20 à 250 s) et l'onde de marée (période de 12 à 24 h) sont essentiels à considérer. La combinaison de ces différents processus hydrodynamiques fait des plages une zone au fonctionnement extrêmement complexe. (Figure I-5)

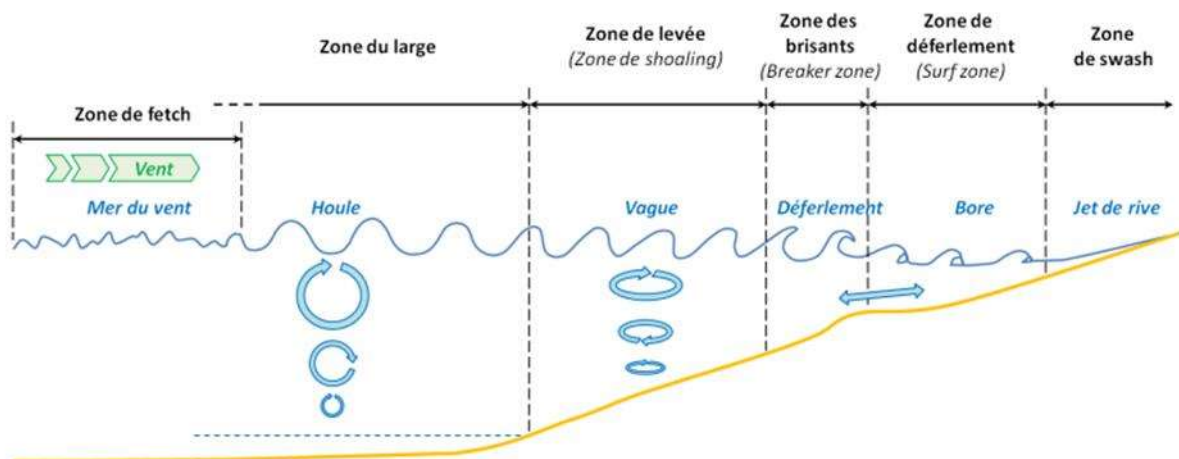


Figure I-6 Schéma de transformation des vagues à l'approche de la côte (Aagaard et Masselink 1999)

I - 4 - Qu'est-ce que le changement climatique ?

Le changement climatique correspond à un changement du «temps moyen» observé dans une région donnée. Le temps moyen comprend tous les éléments associés au temps, à savoir la température, les caractéristiques des vents et les précipitations. Le terme de changement climatique, tel qu'utilisé par le GIEC, désigne tout changement du climat dans le temps, qu'il soit dû à la variabilité naturelle ou provoqué par les activités humaines. Pour la CCCC, il désigne un changement attribué directement ou indirectement aux activités humaines, qui modifient la composition de l'atmosphère mondiale, ajouté à la variabilité climatique naturelle observée sur des périodes de temps comparables.

Les tendances au réchauffement et au refroidissement font partie des cycles normaux du climat, et les conditions climatiques varient au cours d'une même année, d'une année à une autre et au cours des décennies, des siècles et des millénaires. Les données du passé révèlent que le climat a connu de nombreuses variations, fluctuant régulièrement entre des périodes chaudes et froides. De nombreuses études (Folland et al, 1990 ; Jouzel et Lorius, 1999 ; Mann et al, 1999) démontrent que le climat mondial s'est réchauffé au cours des 150 dernières années. La hausse de température n'a pas été constante ; des cycles de réchauffement et de refroidissement se sont succédé à des intervalles de plusieurs décennies. Néanmoins, la tendance à long terme est au réchauffement planétaire (GIEC, 2001 ; 2007)

4 - 1 - Les rapports d'évaluation du GIEC :

Le GIEC a présenté 4 rapports entre 1990 et 2007. Depuis le premier rapport d'évaluation, les prévisions des scientifiques se sont affinées et prédisent désormais avec certitude le réchauffement climatique d'ici la fin du 21^{ème} siècle :

4 - 1 - 1 - Première évaluation de 1990 :

Le rapport dresse le premier bilan des connaissances disponibles sur les systèmes climatiques, les changements climatiques et leurs répercussions sur l'environnement, l'économie et la société. Il sert de base scientifique à la CCCC adoptée à Rio en 1992. Les experts ont surtout utilisé des modèles du climat à l'équilibre qui prévoient une température moyenne en surface de 1,5 à 4,5°C supérieure à la valeur actuelle. Bien qu'ils aient présenté des résultats préliminaires de modèles climatiques jumelés avec forçage par scénarios, les résultats ne reflètent pas toute la gamme des incertitudes liées aux futurs taux d'émissions.

4 - 1 - 2 - Deuxième rapport de 1996 :

Celui-ci conclut à l'existence d'une influence perceptible de l'homme sur le climat mondial. Une série de six scénarios (scénario IS92) a été utilisée pour se rapprocher de la gamme des émissions résultant des activités humaines jusqu'en l'an 2100. Il a été tenu compte des effets de refroidissement de concentrations accrues d'aérosols sulfatés dans les simulations. Les résultats obtenus indiquent une gamme possible de réchauffement en 2100 de 1,0 à 3,5°C.

4 - 1 - 3 - **Troisième évaluation de 2001 :**

Ce rapport se base sur les acquis des 6 scénarios IS92 réalisés en 1992 et sur les projections de l'IIASA de 1996. Six modèles ont été utilisés pour analyser les conséquences de 40 scénarios rassemblés en 4 grandes familles intitulées A1, A2, B1 et B2. Les facteurs choisis comme déterminants sont la démographie, le développement économique et social, le rythme et l'orientation du progrès technique. Ces scénarios supposent que la pollution atmosphérique locale forcerait les pays à prendre des mesures pour lutter contre les émissions d'aérosols. Ils reflètent ainsi une plus grande incertitude quant aux comportements des humains, et non des modèles climatiques.

4 - 1 - 4 - **Quatrième rapport du GIEC 2007 :**

Il décrit les progrès accomplis dans la compréhension scientifique des causes humaines et naturelles des changements climatiques. Il est construit sur la base des évaluations précédentes du GIEC et incorpore les nouveaux résultats des six dernières années de recherche. Les progrès scientifiques depuis le troisième rapport reposent sur de nombreuses données nouvelles et plus exhaustives, sur des analyses plus élaborées des données, sur des améliorations dans la compréhension des processus et dans leur simulation par des modèles et sur une exploration plus complète des fourchettes d'incertitude.

4 - 1 - 5 - **Cinquième rapport du GIEC 2015 :**

Le rapport «Changements climatiques 2013 – Les éléments scientifiques» présente des conclusions claires et solides, issues d'une évaluation mondiale des éléments scientifiques du changement climatique, dont l'une, et non des moindres, est que la science montre à présent avec 95 % de certitude que depuis le milieu du XXe siècle, l'activité humaine est la cause principale du réchauffement observé. Ce rapport confirme que le réchauffement du système climatique est sans équivoque et que nombre des changements observés sont sans précédent depuis des décennies, voire des millénaires: réchauffement de l'atmosphère et des océans, diminution de la couverture neigeuse et recul des glaces, élévation du niveau des mers et augmentation des concentrations de gaz à effet de serre. Chacune des trois dernières décennies a été plus chaude à la surface de la Terre que la précédente, et plus chaude que toutes les décennies antérieures depuis 1850. Ces résultats, et bien d'autres, confirment et précisent notre façon de comprendre le système climatique et le rôle des émissions de gaz à effet de serre; aussi les décideurs comme le grand public doivent-ils accorder d'urgence à ce rapport toute l'attention requise

4 - 2 - **Impacts du réchauffement climatique :**

Les changements climatiques sont bien plus qu'une tendance au réchauffement. Une augmentation des températures mènera à de nombreux changements météorologiques sur le plan des configurations des vents et des précipitations ainsi que celle des phénomènes météorologiques extrêmes. Selon le dernier rapport du GIEC (2007, une évaluation globale des données depuis 1970 a montré que le réchauffement d'origine anthropique a probablement eu une influence perceptible sur beaucoup de systèmes physiques et biologiques.

La température moyenne à la surface du globe a déjà connu une augmentation de $0,6 \pm 0,2$ °C au cours du XXe siècle (GIEC, 2001). Mais ce qui change par rapport aux variations climatiques naturelles que l'Homme a pu connaître, c'est que la vitesse moyenne du réchauffement sera supérieure à tout ce qui a pu se produire. Ce qui provoquerait une importante fonte de glaciers polaires et alpins ainsi qu'une élévation du niveau de la mer. Cette hausse rendrait particulièrement vulnérable aux inondations les basses terres côtières où plus de 50% des habitants de cette planète vivent. De plus, si on y ajoute les prévisions de croissance démographique pour ces régions côtières très convoitées par une majorité de gens, il est bien possible que la hausse du niveau de la mer soit l'un des plus grands dangers induits par des changements climatiques. De même l'augmentation potentielle de l'intensité des événements météorologiques extrêmes produira des impacts dont l'ampleur peut être aussi catastrophique que spectaculaire.

Le changement climatique ne va pas créer de nouveaux risques littoraux mais accroître les existants. Il est important de continuer la réduction de la vulnérabilité et d'intégrer le climat du futur dans toutes les réflexions de long terme, S'adapter n'est pas forcément plus coûteux, il s'agit souvent de faire différemment.

I - 5 - **Élévation du niveau de la mer**

La montée du niveau de la mer est un enjeu planétaire car la moitié de la population mondiale vit à moins de 200 km d'une côte et une personne sur dix habite à moins de dix mètres au-dessus du niveau marin actuel. Il est donc crucial d'étudier les variations de ce paramètre à plusieurs échelles de temps afin de comprendre et prévoir ses évolutions. Chaque littoral est affecté par des processus multiples dont les amplitudes respectives sont spécifiques localement. On ne peut donc pas se contenter de la moyenne du niveau marin à l'échelle mondiale en invoquant le simple « principe des vases communicants » entre les différents bassins océaniques. Les spécificités locales sont en partie liées à l'histoire du niveau marin à long terme, la mémoire géophysique de notre planète continuant d'affecter toutes les côtes actuelles.

Depuis le début des années **1990**, des satellites permettent de mesurer la topographie de l'océan à l'aide de radars altimétriques. La « hauteur de mer » est donnée par la distance entre le satellite et la surface de la mer en connaissant précisément la position du satellite. Ce positionnement précis est effectué par rapport aux satellites GPS et à des balises au sol. Les données brutes doivent être corrigées de nombreux paramètres physiques. Par exemple la propagation de l'onde radar est perturbée pendant sa traversée de l'atmosphère ainsi qu'à la surface de l'océan en fonction de la météorologie et de l'état de la mer. Il faut aussi les corriger de phénomènes géophysiques comme les marées et le rebond isostatique postglaciaire. Les données altimétriques ont permis de confirmer la hausse du niveau marin observée par les marégraphes et de préciser un taux d'évolution qui est actuellement de 3,2 mm/an, avec de petites fluctuations interannuelles et décennales principalement liées à l'Oscillation australe (hausse pendant les événements El-Niño et baisse pendant les phases La Niña). Les données indépendantes de changement de température des eaux de surface et profondes de l'océan permettent de conclure qu'environ un tiers de cette hausse est lié à l'expansion thermique de l'océan Cette conclusion est corroborée par la correspondance des

structures locales spatiales des variations positives ou négatives du niveau marin et des tem

Le consensus scientifique quant au rôle des activités humaines dans le réchauffement climatique est maintenant solidement établi. L'ampleur et la rapidité de l'évolution du climat influeraient fortement sur les écosystèmes naturels, les systèmes socio-économiques et la santé humaine. Les conséquences de ce réchauffement global en terme de hausse du niveau de la mer sont potentiellement inquiétantes pour les nombreuses populations vivant sur les côtes, particulièrement celles qui ont été modifiées et aménagées de façon intensive au cours des dernières décennies. Sur le plan physiographique, une élévation rapide du niveau de la mer aurait principalement pour effet d'accélérer les changements littoraux qui se produisent actuellement. Les plus prévisibles sont une accélération de l'érosion des plages et des falaises, une extension des submersions temporaires ou permanentes sur les espaces côtiers bas ,ainsi qu'une accentuation de la salinisation des aquifères et des eaux de surface (Nicholls et Leatherman, 1994 ; Clus-Auby et al. 2004).

Il en résulterait alors toute une série d'impacts biophysiques et socio-économiques le long des zones côtières (Figure) qui, à terme, auraient une incidence sur divers secteurs, notamment les pêches, les transports, le tourisme et les loisirs .Prélatures océaniques.

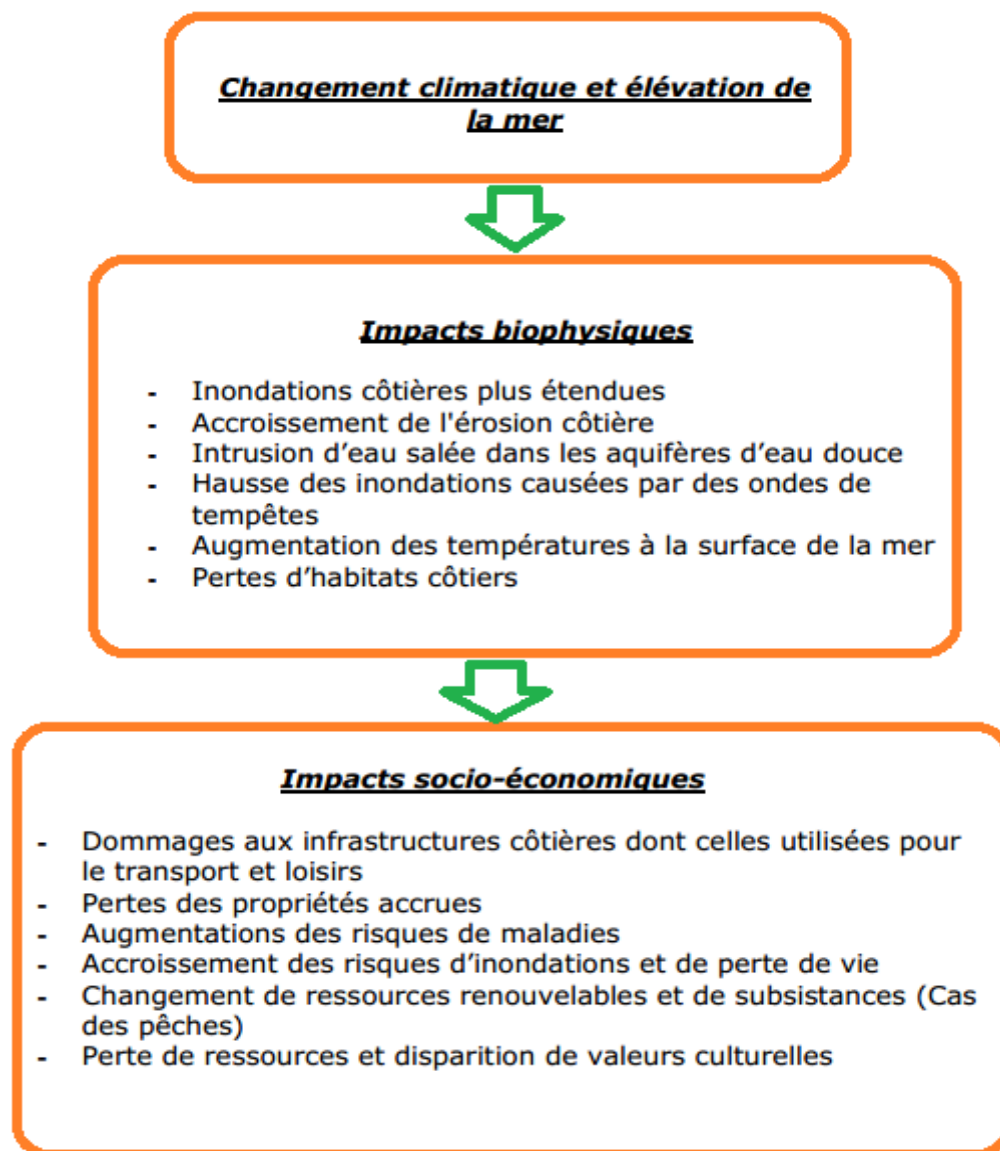


Figure I-7 Impacts biophysiques et socio-économiques potentiels du changement climatique dans les zones côtières (extrait modifié de McLean et al, 2001)

I - 6 - Phénomène de l'érosion de littorale

L'érosion en bord de côte se caractérise par une friabilité des sols dans un environnement favorisant leur fragilisation. Il s'agit essentiellement de plages, de cordons dunaires, de cordons de galets ou encore de falaises meubles et toute forme de littoral. Les infiltrations et l'écoulement des eaux de pluie, éventuellement des cours d'eau, combinés aux assauts répétés des vagues, entraînent les sédiments (terre, sable, etc.) dans leur dynamique provoquant de l'érosion littorale. Au cours du siècle dernier, l'affluence de populations sur le littoral a participé à l'accentuation de ce phénomène. L'augmentation du nombre de visiteurs sollicite encore d'avantage ces espaces déjà fragiles (par le poids des infrastructures sur le bord de

mer, par les vibrations des sols liées aux passages des véhicules, par l'escalade des falaises, par les glissades le long des dunes, etc.) En période de tempête, les vagues générées par le vent peuvent avoir une influence plus ou moins marquée sur l'estran et notamment sur la partie haute des plages selon la morphologie initiale, le niveau d'eau et l'agitation. Très souvent un abaissement notable de la berme de haute plage est constaté (**Katoh et Yanagisshima, 1992**).

Dans certains cas, une érosion très marquée de la berme avec la présence d'un escarpement peut être observée. L'escarpement dans la berme marque une discontinuité verticale dans la pente de la haute plage. De nombreuses observations ont montré que les dimensions de ces escarpements peuvent être très variables, décimétrique à métrique, selon la hauteur initiale de la berme et la pente de la haute plage, et que leur longueur peut atteindre plusieurs mètres à quelques kilomètres. Ce phénomène d'escarpement de haut de plage est parfois mentionné dans la littérature (**Sherman et Nordstrom, 1985 ; Carter, 1988 ; Voudouskas, 2012**). Les modèles conceptuels et classifications morpho dynamiques de plage mentionnés précédemment indiquent leur présence dans différents types d'environnements (**Short, 1999 ; Sunamura, 1985**). Néanmoins, ce sont le plus souvent dans des environnements micro- à mésotidaux, mais jamais macrotidaux, qu'ils sont cités.

Les problématiques littorales ne sont pas les mêmes partout. Chaque espace possède des caractéristiques qui lui sont propres. Il est donc nécessaire d'en étudier les différents aspects afin d'adapter les décisions et les actions au contexte dans lequel elles s'inscrivent. Cela implique une compréhension de la vulnérabilité de ces espaces, aussi bien du point de vue de leurs aléas et de leurs enjeux que du point de vue de leur gestion comme des perceptions auxquels ils sont soumis : améliorer les actions d'intervention et d'évacuation nécessite notamment « une meilleure compréhension des comportements humains » (**Sorensen et al, 1987, résumé**)

I - 7 - Vulnérabilité et adaptation au changement climatique :

7 - 1 - Qu'est-ce que la vulnérabilité :

Un espace est communément considéré comme vulnérable, donc « à Risque » à partir du moment où il connaît une combinaison d'aléas néfastes Susceptibles de survenir et d'enjeux pouvant être endommagés si celui-ci survient (Pertes humaines, pertes matérielles à valeur économique, sentimentale, etc.)(**Thouret & D'Ercole, 1996 ; Rodriguez, Quarantelli et Dynes, 2007**).

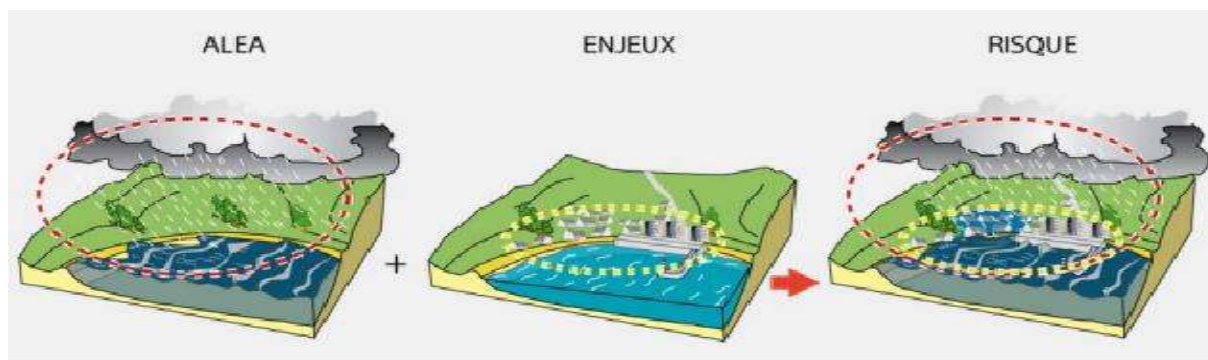


Figure I-8 : risque = aléas + enjeux(Meur-Ferec2009-2011)

Cependant, selon une approche systémique, la vulnérabilité est constituée de non pas deux, mais de quatre composantes, comme le présente (Meur-Ferec2009-2011) : **(les aléas, les enjeux, la perception de la situation, la gestion)**

7 - 1 - 1 - Les aléas :

Sont des phénomènes naturels potentiellement destructeurs qui constituent la source du danger. L'ampleur des marées, la fréquence et la force des tempêtes, etc. sont ainsi considérées comme des aléas.

7 - 1 - 2 - Les enjeux :

Sont, quant à eux, constitués des éléments considérés comme des valeurs (économiques, humaines ou environnementales) exposée à ce(s) danger(s) potentiel(s).

7 - 1 - 3 - Les perceptions :

Selon l'approche systémique, à ces deux éléments s'ajoutent, La manière dont les individus perçoivent une situation va influencer leurs comportements. La conscience qu'ils ont du risque, le souvenir d'événements passés tout comme leur attachement et leurs usages aux lieux exposés, leur connaissance des mesures de sauvegarde (Leone, Meschinet de Richmond et Vinet, 2010 ; Bradford et al, 2012 ; Hellequin, 2013) sont des facteurs susceptibles

d'impacter la vulnérabilité d'un espace. Ils influencent aussi bien l'ampleur des aléas que des enjeux ou la gestion des risques. Une personne qui considère l'érosion d'une dune comme un facteur de risque aura tendance à éviter de marcher dessus ou à s'y laisser glisser (comportement favorisant l'érosion). De la même façon, une personne qui considère sa maison comme soumise au risque de submersion aura tendance à prévoir des sacs de sables et des batardeaux à pouvoir placer devant sa porte

Si ces pratiques ne sont pas toujours aisément observables, elles sont en revanche à mettre en lien avec les perceptions que ces mêmes individus se font de leur environnement et de la représentation qu'ils ont des risques qui y sont rattachés. En conséquence, les comportements des individus, et, par-là même, le degré de vulnérabilité de l'espace concerné, sont influencés aussi bien par la place et l'importance que les individus accordent aux aléas auxquels ils sont potentiellement soumis qu'aux enjeux qui y sont exposés.

7 - 1 - 4 - **La gestion des risques :**

Que ce soit à un niveau administratif ou individuel, peut aussi bien atténuer les aléas (exemple : en consolidant les zones érodées), que les amplifier (exemple : en construisant des infrastructures portuaires qui vont retenir les sédiments et favoriser le processus d'érosion sur des espaces fragilisés).

Cette gestion est également susceptible d'impacter la valeur des enjeux (exemple : en développant l'urbanisation sur des zones potentiellement exposées aux aléas ou au contraire en la restreignant).

Si l'on parle ici d'approche systémique c'est que la vulnérabilité d'un espace ne relève pas de la simple juxtaposition de ces facteurs mais des interactions existantes entre eux.

Si les données manquent aujourd'hui pour faire la part entre les différentes causes des évolutions observées (climatiques, anthropiques, naturelles), de nombreux exercices de modélisation anticipent des changements climatiques majeurs. Puisqu'une part des changements à venir ne pourra être évitée, l'adaptation au changement climatique est petit à petit intégrée dans les politiques publiques.

Températures, précipitations et niveau de la mer sont autant de variables climatiques affectées par le réchauffement global actuellement observé.

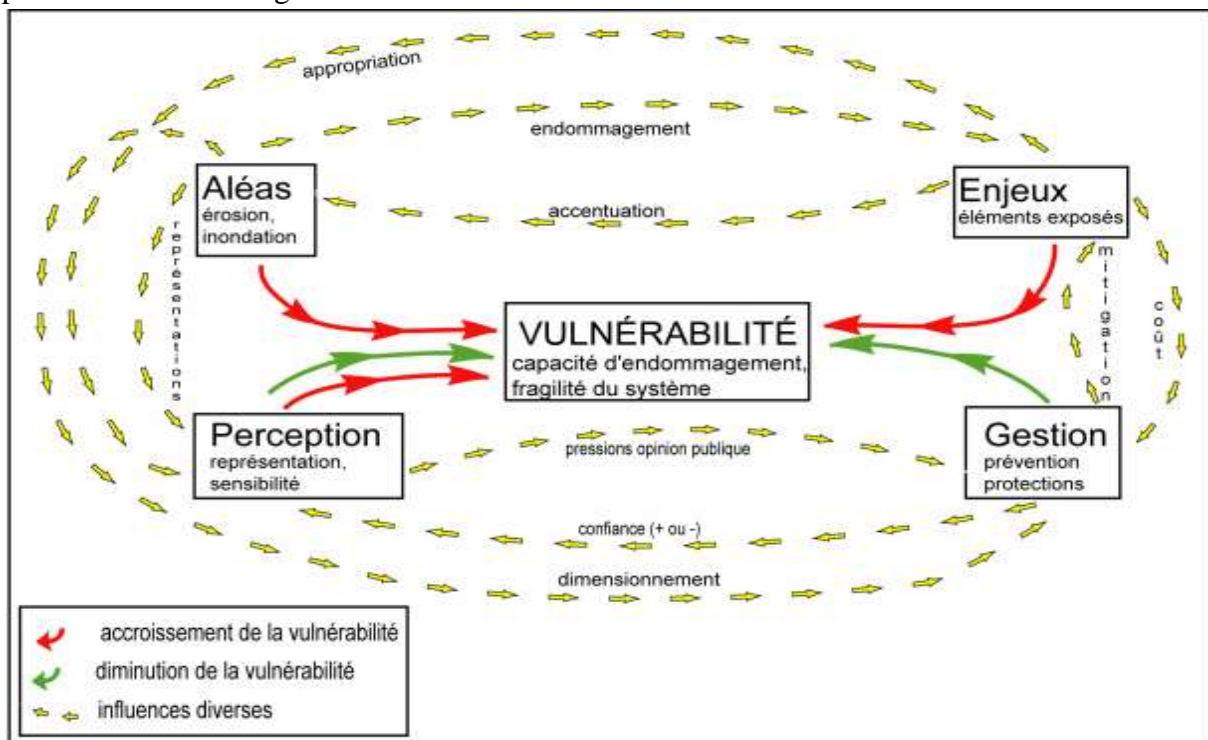


Figure I-9 Système de vulnérabilité (Meur-Ferec2009-2011)

CHAPITRE II :
PRÉSENTATION DE LA
ZONE D'ÉTUDE

CHAPITRE II - Présentation de la zone d'étude:

II - 1 - Situation géographique

La zone d'étude englobe la totalité de la marge côtière de la commune de **Ain Taya**, de la circonscription administrative de Dar el Beida, et qui est située à 25 km à l'Est d'Alger et à **27 km** à l'Ouest de Boumerdes, le site se localise à la croisée de la longitude **3° 14' 00''**, avec la latitude **36° 47' 00''**.

La commune couvre une superficie totale estimée à 871 Ha, et comporte une population de 34 501 habitants, au dernier recensement de la population (**RGPH 2008**).

Elle est limitée au nord par la mer méditerranée, au sud par la commune de Rouïba et Heuraoua, à l'Est par la commune de Heuraoua, et à l'Ouest par la commune d'El Marsa (figure II-1)

D'un point de vue géographique, cette zone couvre à la fois une partie de la plaine de la Mitidja-Est, son linéaire côtier est de 8 km ; cette marge littorale est une multitude de belles plages qui parsèment le littorale ; a cité les plages de deca-plage, tamaris, Kef **Ain Taya**, Surcouf.

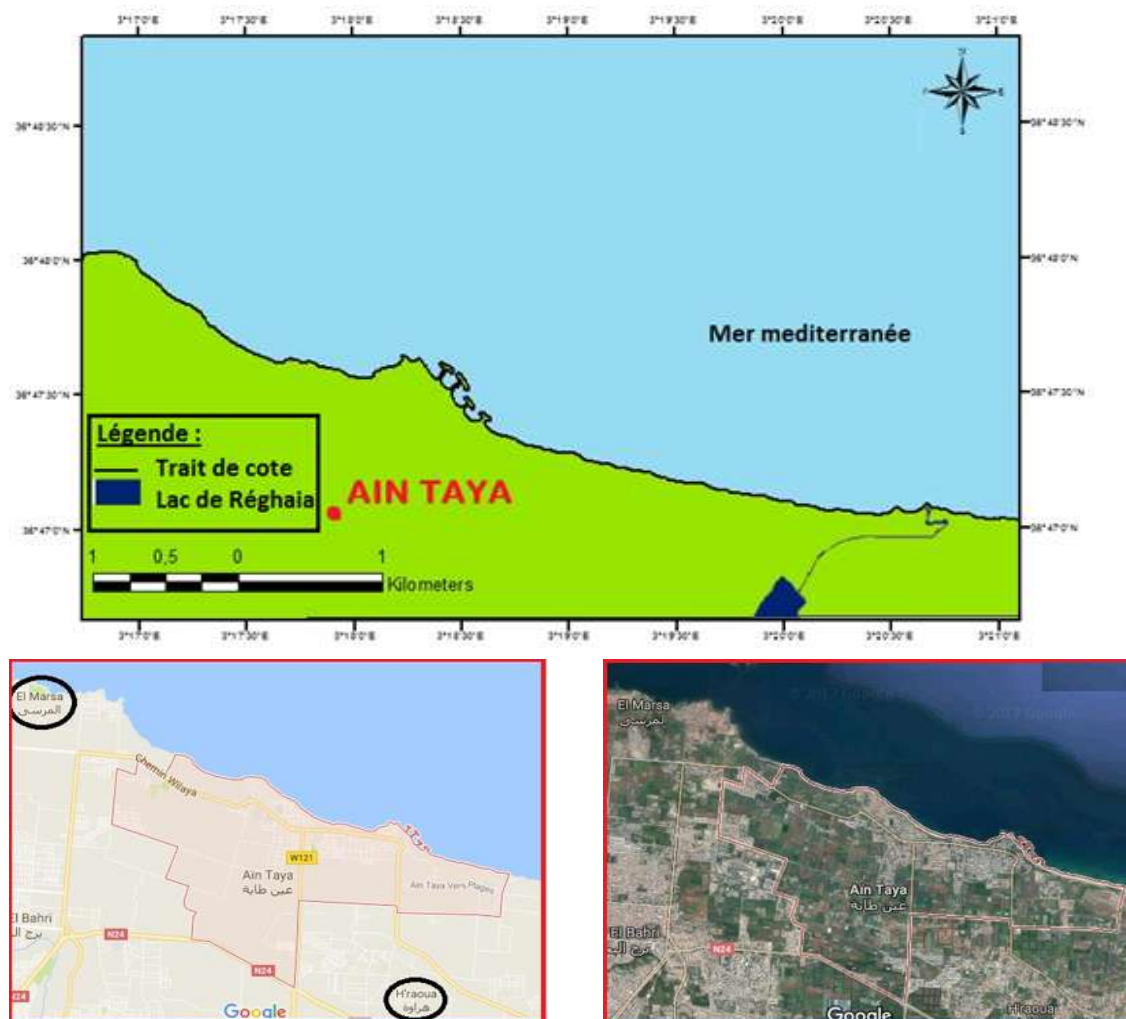


Figure II-1Présentation géographique de la zone d'étude Ain Taya (**Google Earth, Google Map, 2017**)

II - 2 - Description du rivage d'Ain Taya :

2 - 1 - Données naturelle :

2 - 1 - 1 - Données physique :

2 - 1 - 1 - 1 - Le cadre topographique régional :

Que ce soit, dans cet aspect ou dans tous les autres aspects globaux, nous ne limitons pas au seul sous-marin.

En effet notre zone d'étude fait partie de la grande baie de Zemmouri El Bahri, l'analyse des topographiques de notre zone d'étude

A) L'ensemble montagneux :

Les montagnes qui dominent notre zone d'étude font partie de l'atlas tellien, elles sont situées dans la partie sud-est.

B) Le plateau :

La partie sud de la plage est occupée par un plateau légèrement incliné vers l'ouest, des entes assez faibles et des altitudes qui varient entre 15 et 50 mètres, il se termine au voisinage de la mer par une falaise.

C) La plaine côtière :

La partie sud-ouest de notre zone d'étude est occupée par une plaine côtière inclinée vers l'ouest avec une pente de 0.5% à 1% et des altitudes ne dépassent pas les 50 mètres (Bouakline, 2006).

D) Le sahel oriental :

Il montre le prolongement naturel du Sahel occidental. La séparation morphologique entre le sahel oriental et le sahel occidental est rompue aux environs de la baie d'Alger (Saoudi, 1989). Ce sahel se caractérise par des élévations qui ne dépassent guère les 80 mètres, avec une topographie de collines qui s'amenuise document vers l'est le sahel oriental.

2 - 1 - 1 - 2 - Le cadre géologique local :

La zone d'étude possède les mêmes formations géologique que celles de Mitidja.

Elle appartient au tell septentrional, qui fait partie de maghrébines. Cette chaîne constitue un segment de l'orogénèse alpin (bouhamadouche, 1993).

2 - 1 - 1 - 3 - Les principales formations géologiques :

a) Le socle kabyle :

Ce socle, situé à l'extrémité ouest de notre zone d'étude constitue les massifs anciens et forme les pointes du cap Matifou. Il est formé de terrains métamorphiques, composés principalement de schistes et de micaschistes.

La surrection de ce massif est due soit aux mouvements de soulèvement épirogéniques ou à des eustatiques. (Bouakline, 2006)

b) Les intrusions magmatiques :

Se rencontrent au cap Matifou, elles englobent les andésites quartzitiques du burdugalien et le socle rhyolitique du vindobonien qui affleurent au niveau de Ain Taya.

c) Les formations mio-plio-quaternaire :

c-1) le miocène :

• **La formation Burdigalienne (miocène inférieur) :**

Ce sont des formations de dépôts qui reposent sur le socle cristallophyllien. Ils sont formés de faciès argileux et des éléments conglomératiques pris dans une matrice gréseuse.

c-2) le pliocène :

En Algérie, le pliocène est subdivisé selon deux faciès successifs (**bouhamadouche, 1993**)

c-3) le quaternaire :

• **Les dépôts de plage :**

Le rivage est formé de plages sableuses, contenant des dépôts marins et du sable rubéfié qui peuvent provenir des falaises ou d'autres reliefs continentaux.

Ces dépôts sont aussi caractérisés par d'anciennes accumulations qui affleurent aux pieds des falaises.

• **Les sables rouges :**

Ce sont des sables limoneux et rubéfiés, qui constituent des terrasses marines élevées et étendues. Ils se distinguent par des alluvions plus anciennes et par leur grande homogénéité.

• **Les alluvions récentes :**

La distribution de ces alluvions est quasiment absente dans la zone d'étude. (**Bouakline, 2006**).

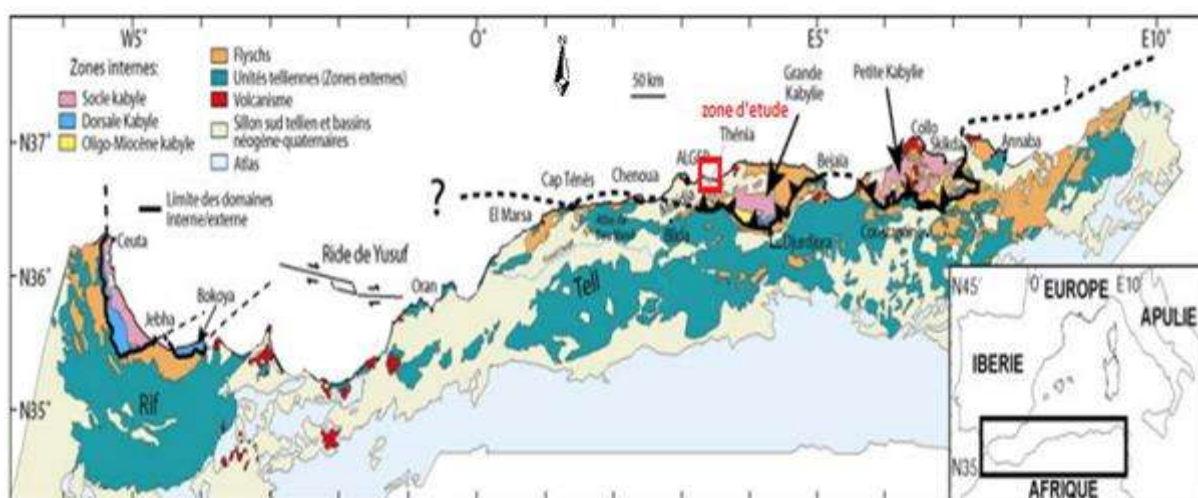


Figure II-2 : Position des différentes unités géologiques des Maghrébines (modifié d'après Domzig et al, 2006

2 - 1 - 2 - Le cadre géomorphologique :

La côte algéroise entre l'embouchure d'oued El Harrach à l'Ouest et l'embouchure d'ouest Réghaia à l'Est est formée d'une grande diversité d'unités morphologiques qui sont le résultat de l'interaction entre une géologie complexe et les processus morpho dynamiques côtières. Cette diversité morphologique réunit des falaises plus ou moins élevées, des plages et des dunes.

2 - 1 - 2 - 1 - Les falaises :

Tout le long du littoral de la baie d'Alger et la partie occidentale de la baie de Zemmouri, l'aspect géologique et géomorphologique laissent apparaître deux types de falaise qui peuvent être rangées dans deux catégories : les falaises édifiées en roches tendres et les falaises entaillées dans les roches dures, les falaises entaillées en roches dures se rencontrent entre Bordj El Bahri et Ain Taya. Les falaises édifiées en roches tendres s'observent entre Ain Taya et l'embouchure d'Oued Réghaia.



Figure II-2 Photo de la falaise Ain Taya (Mars 2015)

La résistance des roches qui affleurent le long de la côte est un paramètre critique qui conditionne beaucoup l'érodabilité de la côte (**Benumoff et autres, 2000, Hapkey, 2005**). Les roches dures volcaniques rencontrées au niveau de cap Matifou qui résistent mieux à l'érosion marine forment le plus souvent une barrière naturelle aux transports sédimentaires long shore.

Les roches tendres s'érodent plus rapidement et alimentent les plages de Ain Taya jusqu'à l'embouchure de oued Réghaia où le sédiment peut s'accumuler.

2 - 1 - 2 - 2 - Les plages :

Entre cap de Bordj El Bahri et plus exactement entre la pointe d'El Marsa à l'ouest et l'embouchure de l'oued Réghaia à l'Est, neuf plages se succèdent dans les paysages littoraux de cette partie du sahel oriental de la wilaya d'Alger. Ce sont les plages de : Sidi Slimane,

Zerzouria, Ain el Beida, Kef AinTaya, tamaris surcouf, Deca-plage, El Kadous et Réghaia-plage.

Dans la partie orientale de la côte algéroise, les plages se développent tout le long de la côte au pied de la falaise. Ces plages à la trace concave sont largement ouvertes aux agitations marines qui arrivent du quatrième et du premier et quadrant. La largeur des plages est très réduite 5 à 10m au niveau d'Ain Taya, Surcouf et peut atteindre 30 à 40 m à Réghaia plage.



Figure II-3 Photo d'une partie de la bande côtière de Ain Taya (avril 2017)

Chaque une de ces plages est actuellement soumise à une forte anthropisation dont les conséquences sur l'équilibre des écosystèmes littoraux sont perceptibles à travers l'ensemble de ce secteur. L'importance des impacts induits par les interventions humaines est surtout liée à l'ampleur d'une urbanisation effrénée qui, si le rythme de sa croissance se maintient au niveau actuel, tous les espaces restés jusqu'à présent vides, de ces plages, subiront le même sort.

2 - 1 - 2 - 3 - **Les dunes littorales :**

Elles se rencontrent depuis la rive Est de l'embouchure de oued El Harrach jusqu'à Bordj El Kiffan, ces dunes séparent la frange côtière et la limite septentrionale de la plaine de la Mitidja. Il s'agit d'une barrière étroite sablo-gréseuse allongée parallèlement au rivage, elle renferme les affleurements pléistocène Est algérois.

2 - 2 - **Données climatique :**

2 - 2 - 1 - **Le cadre hydrologique :**

2 - 2 - 1 - 1 - **Climat :**

La zone côtière de Ain Taya est caractérisée par un climat de type méditerranéen avec des étés chauds et secs et des hivers tempérés, doux et humides.

L'étude de ce paramètre est faite ici sur la base des différentes données climatiques (température, précipitation, vent) recueillies au niveau de la station de Dar –El-Beida

2 - 2 - 1 - 2 - **Température :**

L'analyse des températures moyennes mensuelles relevées par l'ONM entre 2014 montre que la saison estivale, qui s'étale du mois de mai au mois d'octobre, est caractérisée par des températures relativement douces dont les moyennes varient entre 19,31 °C et 26,40 °C.

Pendant la saison hivernale, le mois le plus froid est celui de Janvier avec 13.1°C à la moyenne

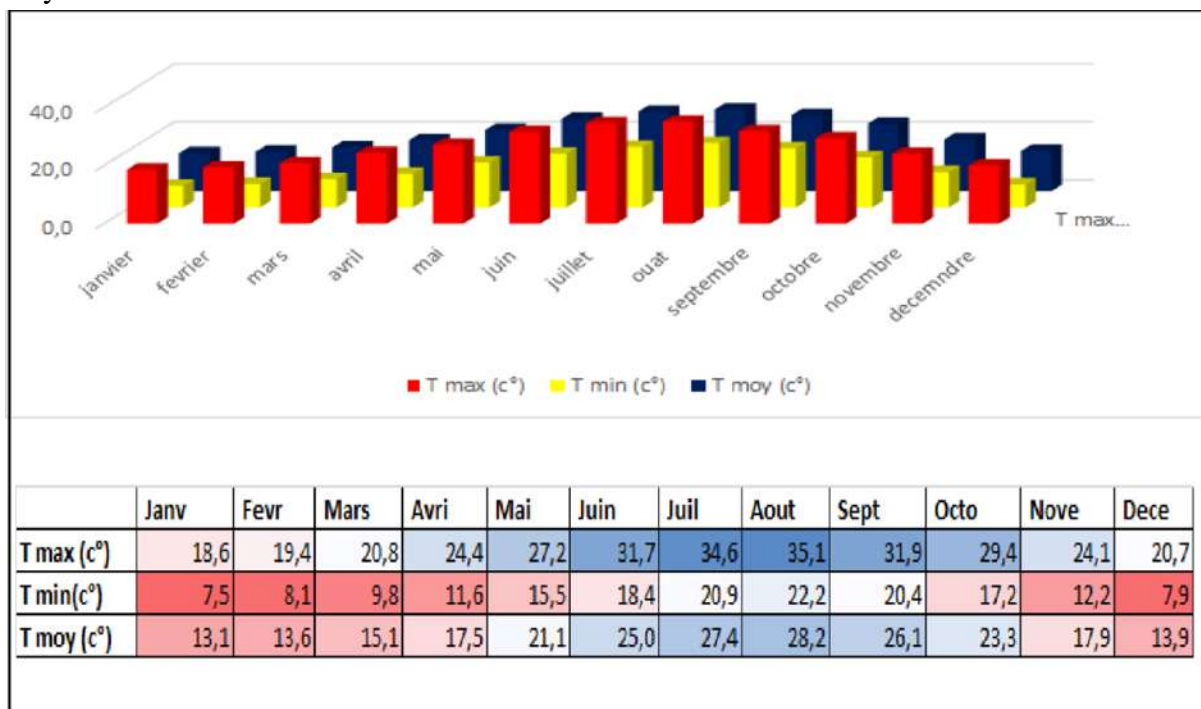


Figure II-4 Moyennes mensuelles des températures minimales, moyennes et maximales obtenus de la station de Dar EL Beida 2006-2015, **source ONM**

2 - 2 - 1 - 3 - **Précipitation :**

L'analyse des données de précipitations, enregistrées par l'ONM. Sur une période de 9 ans allant de 2006 à 2015, nous a permis de réaliser les histogrammes de variations mensuelles du volume des pluies (Tableau II-1)

La période de plus pluvieuse s'étale du mois de Octobre jusqu'au mois de Mai avec une moyenne maximale de **118mm** au mois de Novembre, alors que la période d'été est pratiquement séché. D'après cette figure nous constatons : une augmentation significative de Septembre à Janvier, puis une diminution de Février à Juillet.

Tableau II-1 Précipitation mensuelles moyennes(ONM, 2006/2015)

	P max	P min	P moy
Janvier	141,9	9,7	70,8
Février	224,3	15,5	85,14
mars	152,4	26,2	69,3
Avril	176,8	0,2	52
Mai	112,4	6,5	45,5
Juin	51,6	0	10,8
juillet	10,3	0,1	1,6
Août	52,3	0	13,9
Septembre	92,6	8,3	28,1
Octobre	143,2	14,4	65,5
novembre	253,4	21,3	118,2
Décembre	192,4	0	100,8
Annuel	882,6	438,8	661,6

2 - 2 - 1 - 4 - Vent :

Pour une région côtière la connaissance des régimes de vent est d'une extrême importance en effet ils sont les premiers responsables de l'agitation marine (houle et certains courants de surface) ces vents par leurs fréquences et leurs intensités, sont à l'origine d'importantes quantités de sables mobilisées déplacées sur la côte ils jouent donc un rôle considérable dans l'évolution géomorphologique des milieux littoraux surtout les côtes basses d'accumulations des régions a climat sec (**Boutiba, 2006**).

L'analyse des régimes des vents ,au large des côtes algéroises ,est effectuée à partir des données de MEDATLAS ,qui donne des observations faites au large des côtes algéroises au point entre 37° et 3° de latitude Nord et 0° et 5° de longitude Est , pour une période de 5 ans de (1999 à 2004) .les résultats obtenus sont présenter dans le tableau suivant :

Tableau II-2Fréquences d'apparition des vents au large par direction (**source MedAtlas1999-2004**)

	Annuelle	Hiver	Printemps	Eté	Automne
N (0°± 15°)	4,47	5,49	4,85	5,48	3,72
NE (45° ± 15°)	17,19	7,69	17,51	29,21	14,97
E (90° ± 15°)	21,05	9,99	21,65	32,4	20,2
SE (135° ± 15°)	7,01	7,19	8,198	7,27	6,43
S (180° ± 15°)	5,9	9,79	5,97	2,59	5,72
SW (225° ± 15°)	13,42	21,47	10,22	5,08	13,56
W (270°N ± 15°)	21,05	26,57	21,35	9,57	25,32
NW (315°N ± 15°)	7,32	9,19	7,186	5,78	6,93

Pendant la période automnale les vents les plus dominants proviennent principalement du Nord-Est, Sud-Ouest et Ouest avec des fréquences respectives de 10% et de 7% et de 5% avec une vitesse comprise entre 4 à 8m/s, pour la vitesse maximale est comprise entre 16 à 20m/s

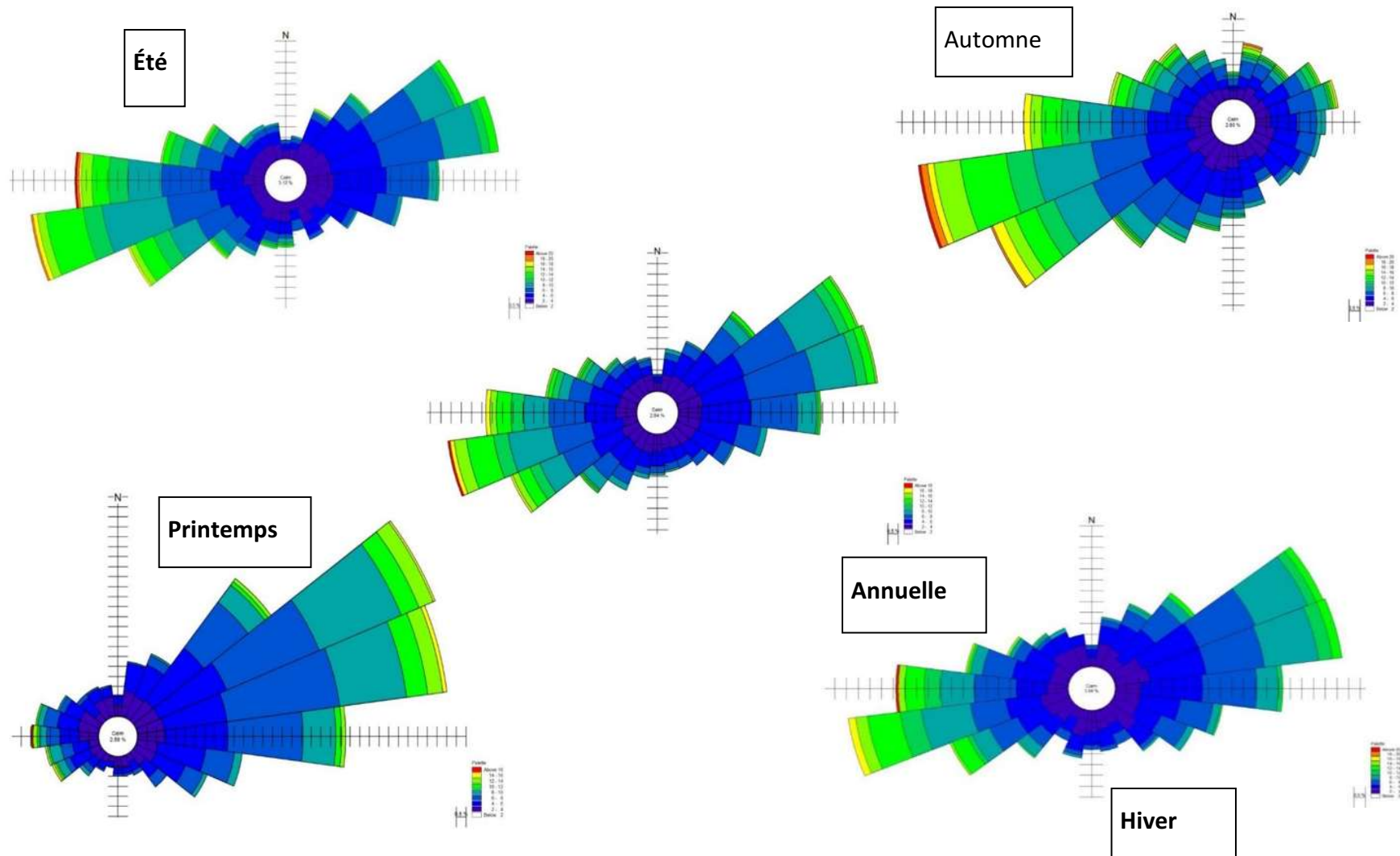


Figure II-5 : Roses annuelle et saisonnières des vents au large de la grande baie de Zemmouri (Source MEDATLAS 1999-2004)

• Régime général des vents à la côte :

L'analyse du régime des vents à la côte a été réalisée par l'ONM nous avons exploité les enregistrements de la station marine de Dellys durant la période (1994-2013). L'analyse statistique de ces données a permis de tracer les roses annuelle et saisonnières des vents.

Ces données démontrent une répartition similaire pour la rose annuelle et les quatre saisons. Les vents dominants proviennent du secteur Nord Est avec des fréquences d'apparition respectives de 65% annuellement, 75% durant l'hiver et 54% durant l'été.

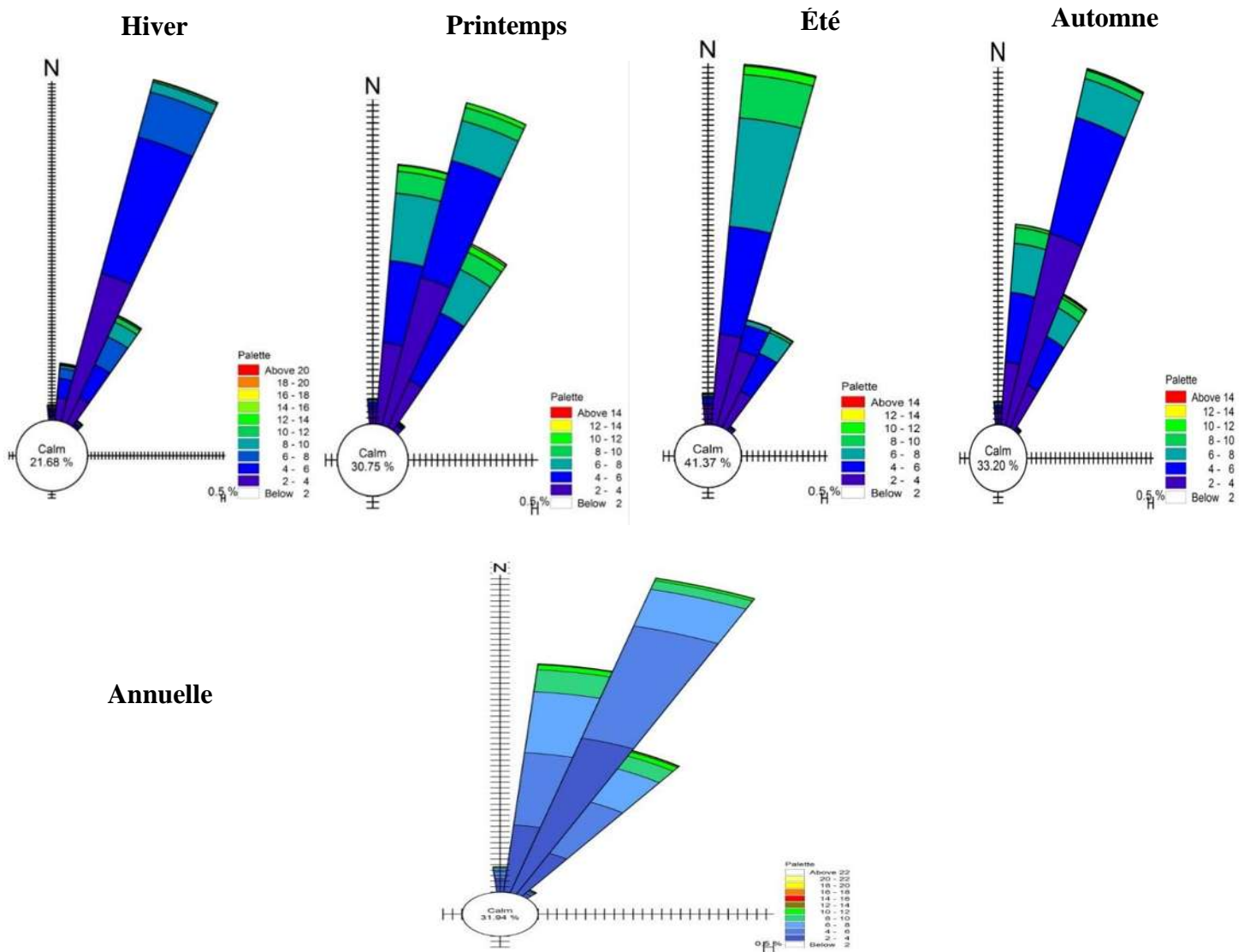


Figure II-7 Rose annuelle et saisonnières des vents à proximité de la côte (Source ONM 1994-2013)

2 - 2 - 2 - Cadre hydrogéologique

2 - 2 - 2 - 1 - Le réseau hydrographique de la grande baie de Zemmouri El Bahri :

Le réseau hydrographique de la grande baie de Zemmouri El Bahri est très dense, il est constituée de plusieurs oueds tels qu'oued Réghaia, Oued Corso, Oued Boudouaou, Oued Boumerdes et Tatareg et Oued Isser et leur affluents.

Ces oueds qui jouent un rôle très important dans l'érosion et le transport de sédiments vers la mer pour alimenter les plages par ces formations détritiques.

Les seules données qui ont été mises à notre disposition, c'est les données d'oued Réghaia.

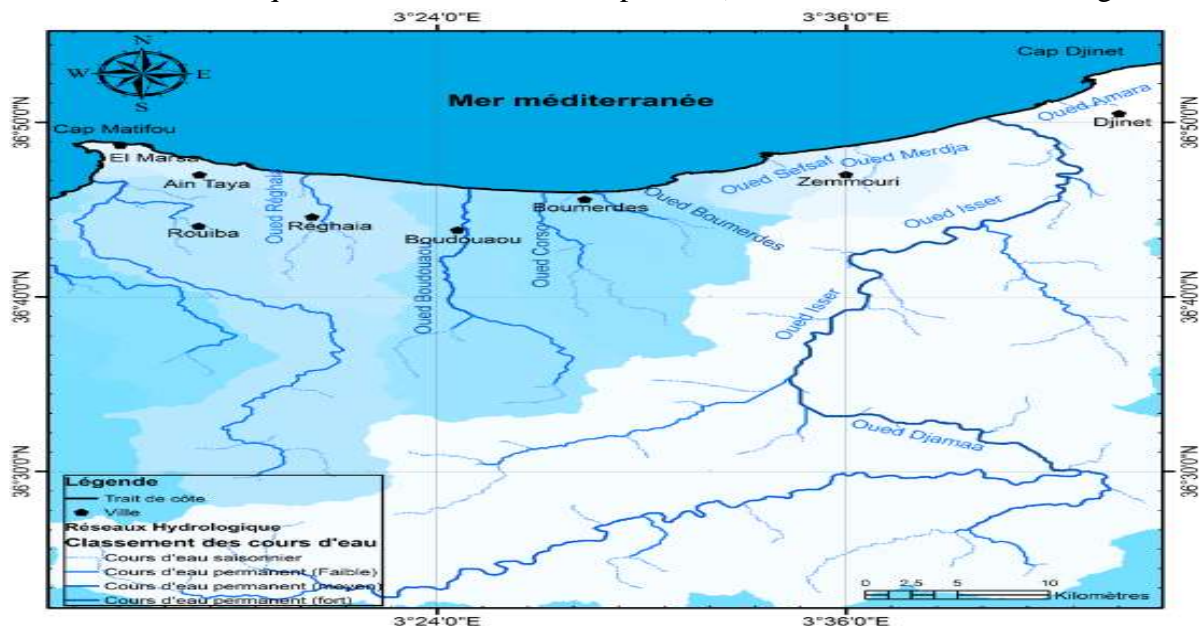


Figure II-8 Réseaux hydrographique de la grande baie de Zemmouri

2 - 2 - 2 - 2 - Débit solide et régimes des écoulements :

A) Les apports liquides :

D'après les données de l'agence nationale des ressources hydrique d'Alger (ANRH), qui ont été mesurées à la station hydrométrique de Réghaia sur la période de 1986 à 1992. L'apport liquide moyen annuel était de l'ordre de 9.202 millions de mètres cubes (Hm³) avec un minimum de 4.630 HM³ et un maximum de 17.42 HM³.

Cet apport incluait les eaux de ruissellement et les rejets domestiques et industriels, les variations des apports liquides moyens mensuels et des débits caractéristiques sont reportées dans le tableau Ci-dessous.

Tableau II-3 Distribution des apports liquides moyens mensuels (1986-1992), source ANRH

	Sept	Octo	Nove	Déce	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout
Q Max (m³/s)	0,797	1,036	1,042	3,038	2,335	2,717	1,205	2,104	1,423	0,676	0,523	0,338
Q Max (m³/s)	0,206	0,094	0,143	0,094	0,058	0,152	0,174	0,179	0,112	0,121	0,124	0,171
Apport HM³	0,887	0,764	0,646	0,77	0,586	0,866	0,949	1,002	0,735	0,621	0,7748	0,628

B) Les apports solides :

La quantité des apports solides des oueds de la grande baie de Zemmouri El Bahri Est réduites du fait de la construction des digues transversale sur son cours (les barrages de Keddra et Beni Amrane).

Normalement, l'ensemble de la charge solide rejoint l'embouchure au niveau de la côte. Elle constitue un élément essentiel dans l'alimentation du littoral, livrée par l'érosion des bassins versant. L'intervention anthropique a toutefois largement modifié les tendances naturelles.

Tableau II-4 Estimation des Oueds principaux de la grande baie de Zemmouri El Bahri

Les Oueds	Taux d'abrasion moy (m ³ /km ³)	Volume du transport solide (mm ³ /an)
Oued Reghaia	210	0,02
Oued Boudouaou	1380	0,21
Oued corso	1150	0,11
Oued boumerdés	550	0,02
Oued Isser	1200	4,96

2 - 2 - 2 - 3 - Lac de Réghaia :

Situe à 30km à l'est d'Alger, le lac naturel de Réghaia, et ses alentours sont un patrimoine naturel protégé inscrit, depuis 2003, sur la liste de la convention internationale des zones humides d'importance internationale (Ramsar) et appelé à devenir prochainement une réserve naturelle nationale, s'étend sur une superficie globale de 1500 hectares (ha) dont 75 ha occupés par un bassin d'eau douce, 600ha de terres continentales et 900 ha d'espace marin.

2 - 2 - 3 - **Le cadre océanographique :**

2 - 2 - 3 - 1 - **Les Houles :**

La houle est le facteur le plus important dans la dynamique sédimentaire des petits fonds, la direction de propagation de la houle est liée à celle du vent, tant que la profondeur est supérieure à la longueur d'onde de la houle.

A) Les directions au large :

Le tableau des roses de houle (figureII-5) nous a permis de constater que les directions dominantes proviennent des secteurs :

- ouest à **27 %** du temps annuellement, mais avec une fréquence d'apparition plus importante en hiver **34%** qu'en été **13%**.
- Nord Est à 43% du temps annuellement, mais avec une fréquence d'apparition plus importante en été **66%** qu'en hiver **26%**.

Les houles en provenance du secteur Nord-Est prédominent en été. Les houles qui proviennent des deux secteurs Nord-Est et ouest prédominent durant l'automne, le printemps et annuellement.

Tableau II-5Fréquence annuelle et saisonnière des houles au large par direction(MEDATLAS, 1999-2004)

	Annuelle	Hiver	Printemps	Eté	Automne
N (0°±15°)	13,57	19,5	11,93	7,2	15,16
NE (45°±15°)	42,95	25,8	45,09	65,48	37,95
E (90°±15°)	5,47	2,9	6,26	10,02	3,79
SE (135°±15°)	0,4	0,9	0,3	0,3	0,5
S (180°±15°)	0,4	1,4	0,1	0,2	0,6
SW (225°±15°)	0,8	2,2	0,4	0	1,4
W (270°±15°)	27,3	33,7	28,16	12,92	31,1
NW (315°±15°)	7,7	11,7	6,28	3,5	8,29

B) hauteurs significatives au large :

Les fréquences d'apparition des classes de hauteurs significatives en fonction de la direction dominante sont résumées dans le tableau (TableauII-6)

D'après le tableau le nord-est et l'ouest sont les deux secteurs dont les agitations sont les plus fréquentes.

- houles dominantes sont caractérisées par des hauteurs significatives les oscillant généralement entre 0,25m et 2,5m
- les houles de tempêtes sont rares et sont caractérisées par des hauteurs significatives fluctuant généralement entre 3,5 et 7,5m.
- les fortes agitations proviennent de l'ouest avec des hauteurs significatives de printemps, et en automne et 3,5 en été.

Tableau II-6 Fréquences des classes de hauteurs significatives en fonction des directions dominantes au large (source MADATLAS 1999-2004)

	Annuelle		Hiver		Printemps		Eté		Automne	
	NE	W	NE	W	NE	W	NE	W	NE	W
0,00 - 0,25	0,8	0,1	1,1	0,4	0,7	0,3	0,2	0	1	0,1
0,25 - 0,5	7,21	2,6	4,3	2,8	6,16	3,54	10,3	1,5	7,64	2,48
0,5 - 0,75	11,47	4,1	6	4	11,02	5,15	18,7	3,91	10,2	3,78
0,75 - 1	9,14	4,2	3,9	4,5	11,12	3,44	14,4	2,81	7,94	4,86
1 - 1,25	6,3	3,5	3,3	4	7,79	3,53	10,0	1,7	4,77	4,27
1,25 - 1,5	3,45	2,9	2,2	3,3	3,74	2,42	5,42	1,6	2,67	3,96
1,5 - 1,75	2,03	2,1	1,3	2,8	1,72	2,83	2,9	0,5	1,9	2,89
1,75 - 2	1,33	2,0	1,1	2,9	1,63	2,02	1,8	0,4	1,1	2,59
2 - 2,5	1,32	2,4	1,8	3,7	1,21	2,52	1,3	0,2	1	3,08
2,5 - 3	0,4	1,3	1	2,2	0,4	1,41	0,3	0,2	0,2	1,69
3 - 3,5	0,3	0,9	0,6	1,3	0,2	0,8	0,2	0,1	0,3	0,7
3,5 - 4	0	0,4	0,1	0,9	0	0,3	0	0	0	0,3
04-mai	0	0,4	0,1	0,9	0,1	0,1	0	0	0,1	0,4
05-juin	0	0,1	0,11	0,3	0	0,1	0	0	0,1	0,1
6 - 7,5	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0

2 - 2 - 3 - 2 - Les courants :

Selon une étude effectuée par LCHF, 1970, les directions des divers courants liées au vent sont comme suit :

- les vents du Nord-Est génèrent des courants de direction Ouest.
- Les vents du secteur Nord et Ouest génèrent les courants de direction Est

2 - 2 - 3 - 3 - **Les marées :**

La méditerranée, bénéficie d'une faible amplitude de marée, en particulier sur les côtes algériennes, ou elle dépasse rarement **0.30m** avec des périodes de **12 à 24 heures**.

Bien que le littoral algérien soit de type microtidal, il est recommandé de prendre en considération le marnage, en cas d'étude de risques, notamment pour l'amplification des phénomènes d'inondation, mais pas autant pour l'étude hydrodynamique.

**CHAPITRE III : EVOLUTION
SPATIOTEMPORALE DES
TRAITS DE CÔTE AIN TAYA**

CHAPITRE III - Évolution spatiotemporelle des traits de côte Ain Taya

III - 1 - Le trait de côte : un objet complexe

Une revue de la bibliographie existant sur le sujet montre que la définition d'un concept apparemment simple comme le trait de côte, censé représenter la frontière linéaire entre les domaines maritime et terrestre, est problématique et sujette à controverses en raison de la grande diversité des critères d'identification. Ainsi, par exemple, **Marc Robin (2002)** a relevé plus d'une douzaine de «traits de côte» tandis que **Boak et Turner (2005)** ont recensé 19 lignes génériques à partir de 45 indicateurs différents (rupture de pente, végétation côtière, degré d'humectation de l'estran, niveau de marée conventionnel ou extrême, etc.). Cette diversité d'indicateurs induit la recherche et la mise au point de nombreuses méthodes pour détecter, extraire et suivre la mobilité du trait de côte. Ces approches méthodologiques reposent sur la compilation et la comparaison de données acquises, soit sur le terrain par des instruments de topométrie (niveau de chantier, théodolite, tachéomètre électronique, Lidar, récepteur DGPS, etc.), soit en laboratoire par traitements numériques d'images aériennes et satellitaires (Faye, 2010).

III - 2 - Érosion côtier et SIG :

Le recul du trait de côte n'est pas un phénomène récent Mais son ampleur s'est accrue au cours des dernières décennies. Ce recul est notamment dû à la conjonction des facteurs naturels et humains, qui peuvent prendre plusieurs formes et qui se généralisent actuellement sur la plupart des rivages maritimes algériens.

Le trait de côte est généralement cartographié en mode d'implantation linéaire. Par conséquent, les positions successives d'un trait de côte à différentes dates sont traduites cartographiquement par le tracé d'une série de lignes géoréférencées pouvant, selon la situation, se confondre ou se croiser. Sur des secteurs littoraux évoluant à faible vitesse ou pour des suivis à haute fréquence temporelle, cette représentation n'est pas tout à fait satisfaisante même utilisée à grande échelle. Il est, en effet, souvent difficile de respecter la règle de sélectivité ou de séparation visuelle si les écarts provoqués par progradation ou érosion du littoral sont trop faibles, malgré l'utilisation, à bon escient, des variables visuelles «valeur» et «forme» pour différencier les traits de côte, le résultat est décevant en raison de l'inadéquation entre l'échelle de représentation (trop petite) et l'évolution, parfois peu marquée, du trait de côte. Nous verrons, que l'association de la variable «couleur» à la variable «valeur» et «forme» permet d'améliorer le poids visuel de chaque trait de côte.

La difficulté de représenter les déplacements mineurs d'un trait de côte à des échelles de représentation trop petites impose de compléter le modèle de représentation cartographique classique par un modèle de représentation graphique afin de conserver l'intégrité de l'information sur la cinématique (**Faye, 2010 ; Faye et al. 2008**). Cette proposition a pour objectifs :

- de localiser l'évolution du trait de côte (volet cartographique).
- de mesurer et de représenter cette évolution par l'exploitation statistique des variations de la position du trait de côte (volet graphique et statistique).

Sa réalisation est conditionnée pour chaque site, par la disponibilité de fonds de cartes numériques suffisamment documentés (échelles, projections, sources, attributs des éléments

cartographiés) et de données exploitables numériquement concernant les mesures d'érosion et/ou de progradation successives ainsi que leur localisation exacte.

Voici quelque photo qui montrent la gravité de ce phénomène sur la zone de Ain Taya :

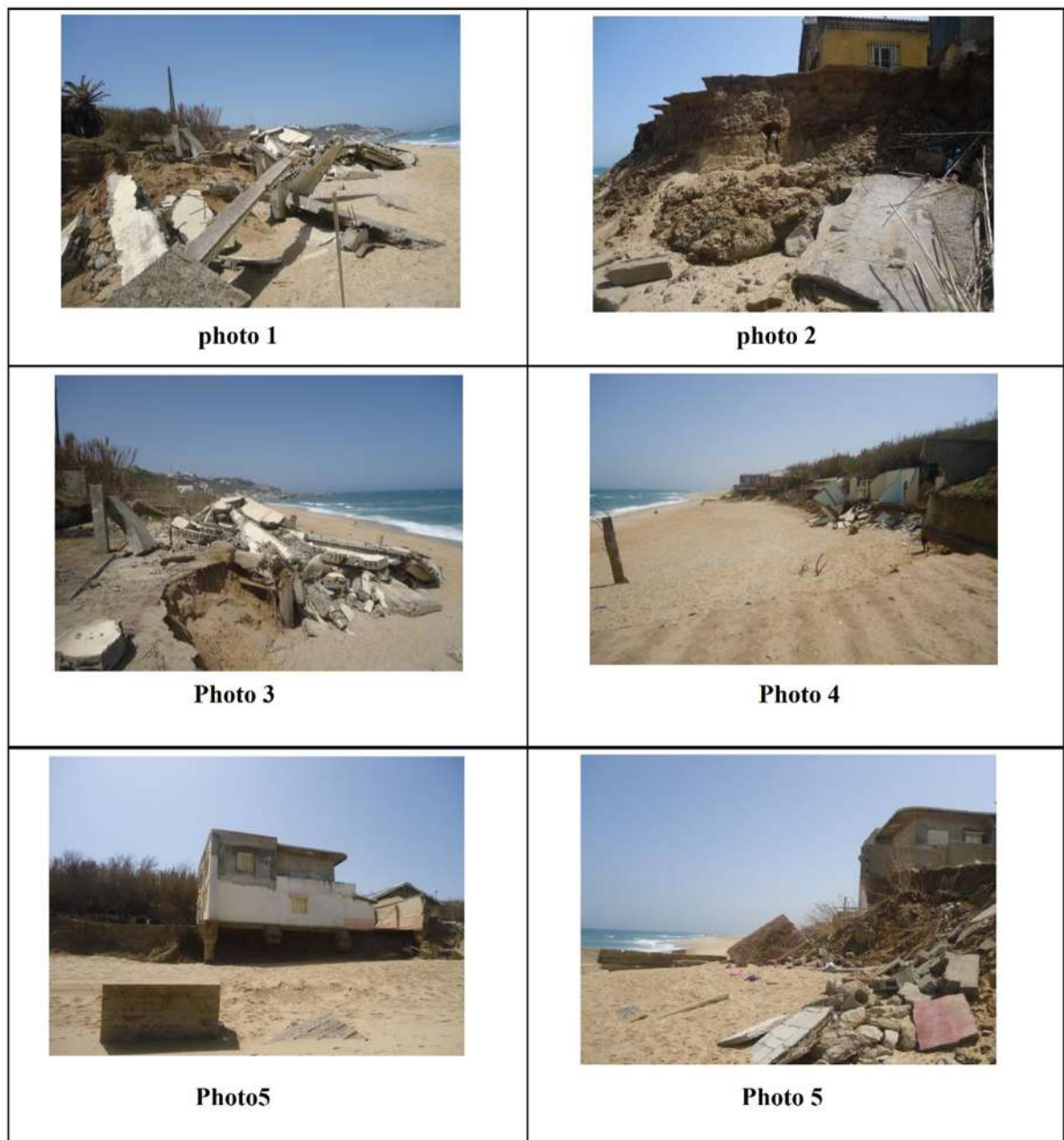


Figure III-1 Photos d'effondrement des bâtiments par l'érosion sur la zone de Ain Taya (Mars 2015)

L'objectif principal de ce chapitre est d'étudier la morpho- dynamique côtière à une échelle spatio-temporelle. Nous commençons par une évaluation périodique des tendances générales de l'évolution du trait de côte et des surfaces horizontales dans le site AinTaya. Ensuite nous identifierons les différents processus qui commandent cette évolution. La synthèse de cette étude diachronique du trait de côte va nous renseigner sur les gains ou les pertes en surface et

elle nous permettra d'établir un bilan sédimentaire global. Les résultats finaux seront utiles pour l'interprétation des processus agissants sur la côte.

2 - 1 - Arcgis :

Arcgis est l'un des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) les plus utilisés dans la cartographie des espaces littoraux. Ce logiciel offre de nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données spatiales. Différentes couches d'informations spatiales peuvent être manipulées offrant la possibilité d'analyser une ou plusieurs couches sous le contrôle des autres. Le seul lien entre ces différentes couches est le lien spatial, c'est-à-dire, l'appartenance au même espace géographique et ayant le même système de coordonnées.

Les différentes couches d'informations sont descriptives d'un espace géographique terrestre déterminé. Elles peuvent correspondre à des documents cartographiques représentant des objets thématiques géographiquement identifiés (carte de type IGN, photographies aériennes, images satellitaires, etc.) ou issus des analyses et des procédures de spatialisation (carte de la teneur en eau du sol, carte topographique,...) dans ce chapitre on va utiliser **Arcgis 10.2.2**.

2 - 2 - DSAS :

DSAS(Digital Shoreline Analysis System) qui est un module intégré dans la plateforme du logiciel de cartographie Arcgis

DSAS génère automatiquement, selon le pas de mesure défini, des transects perpendiculaires aux linéaires côtiers, mesure les écarts entre les traits de côte et calcule les taux moyens de déplacement le long de chaque transect. Dans les modèles présentés, l'espacement entre les transects est de 20 mètres. C'est l'analyse automatique de tous ces transects qui permet de définir des secteurs d'évolution type et d'en calculer les valeurs moyennes. Dans les tables attributaires des transects, on dispose, à l'issue du traitement, en plus des attributs géographiques, des attributs statistiques dont deux, au moins, sont à retenir.

L'**End Point Rate (EPR)** est le rapport de la distance entre le trait de côte le plus ancien et le plus récent sur le temps (nombre d'années) écoulé entre les deux dates. Exprimé en mètres/an, c'est cet attribut que l'on retrouve dans le modèle cartographique (, sous le libellé «moyenne annuelle». L'**EPR** convient bien lorsque l'on ne dispose que de deux traits de côte pour évaluer la cinématique littorale (**Thieler et al. 2005**).

Le Régression linéaire (Taux de changement) Le **Linear Regression Rate-of-change (LRR)** correspond à la valeur de la pente d'une droite de régression linéaire positionnée dans le nuage de points formé par les mesures de distance entre tous les points d'intersection de chaque transect et des traits de côte comparés. Cet attribut, qui traduit également le taux d'évolution annuelle de la ligne de référence le long de chaque transect, est intéressant si l'on analyse la cinématique littorale pour plus de deux dates, car la méthode de calcul tient compte de la tendance évolutive du trait de côte sur toute la période considérée (**Thieler et al, 2005**).

2 - 3 - Le volet cartographique et statistique :

Dans cette étude, nous étions limité par l'historique du Google Earth sur la région .Afin de suivre l'évolution du trait de côte,2 image satellitaires ont été téléchargées de « Google Earth pro » pour le secteur est :

- 9 aout 2011.
- 19 aout 2015.

Et 4 images pour le secteur ouest :

- 4 octobre 2004.
- 7 aout 2009.
- 9 aout 2011.
- 19 aout 2015.

Les traits de cotés sont enregistrer sous forme des trajets type de fichier format KML et importer vers le logiciel Arcgis est les convertir a Shape File pour exploiter et introduire dans le calcul par extension DSAS.

Le volet graphique et statistique du modèle proposé comporte lui-même deux parties. La partie intitulée «Évolutions mesurées» restitue visuellement, grâce à des courbes, l'avancée et le recul du trait de côte sur différents secteurs du rivage délimités par les lignes verticales. Ces secteurs constituant l'échelle d'analyse élémentaire pour le volet graphique et statistique traduisent une ségrégation naturelle du rivage permettant de rendre compte des variations spatiales de la cinématique littoral, En effet, ils correspondent chacun à un segment de côte le long duquel les caractéristiques de la progradation et de l'érosion sont proches ou semblables en termes de vitesses et de distances. Les moyennes correspondantes restituées dans la partie intitulée «moyennes calculées par période » sont ainsi beaucoup plus représentatives, Dans la partie intitulée «moyennes calculées par période »indique le déplacement moyen du trait de côte calculé sur une période annuelle (en mètres/an) le calcul est basé essentiellement sur les tables d'attributs du calcul DSAS de chaque période.

La majorité des cartes qui illustrent les phénomènes d'érosion des côtes établissent alors un lien entre la couleur rouge et la situation d'érosion ; l'érosion étant considérée comme un risque côtier important sur lequel on souhaite attirer l'attention du lecteur. Nous proposons donc de conserver un ton chaud proche du rouge pour représenter sur le graphique les surfaces d'érosion, tandis que les surfaces de progradation sont représentées avec une couleur bleue. Les courbes du volet graphique, tracées dans un tableur en coordonnées cartésiennes représentent, en abscisse, le nombre de mesures ou de profils réalisés, et en ordonnée, les valeurs d'évolution mesurées (entre deux traits de côte) ou les taux obtenus par régression linéaire si on dispose de plusieurs traits de côte sur l'ensemble de la période d'étude.

III - 3 - Évolution historique du trait de côte Ain Taya :

3 - 1 - Source des données :

3 - 1 - 1 - Secteur Est :

Date	Méthode	Provenance
2003	photo aérienneaux 1/10000 autos rectifiées	INCT
2008	Photo aérienne aux 1/10000 autos rectifiées	INCT
2011	image Google Earth pro	GOOGLE EARTH PRO Résolution (4800*2889)
2015	image Google Earth pro	GOOGLE EARTH PRO Résolution (4800*2889)
2017	GPS	sotie terrain

3 - 1 - 2 - Site Ouest :

Date	Méthode	Provenance
2004	image Google Earth pro	GOOGLE EARTH PRO Résolution (4800*2889)
2009	image Google Earth pro	GOOGLE EARTH PRO Résolution (4800*2889)
2011	image Google Earth pro	GOOGLE EARTH PRO Résolution (4800*2889)
2015	image Google Earth pro	GOOGLE EARTH PRO Résolution (4800*2889)
2017	GPS	sotie terrain

3 - 2 - Résultats des statistiques calculés au moyen du module DSAS :

3 - 2 - 1 - Site Est de la zone Ain Taya :

Les résultats du trait de côte sont issus à partir de 263 transects plus au mois perpendiculaires au rivage et équidistants de 20 mètres dans une période de 9ans. Ils sont répartis sur la plage de surcouf de l'Ouest jusqu'à la plage El Kadous à l'Est, l'évolution du trait de côte tout au long de cette période a connu des phases d'engraissement et d'autres de démaigrissement selon les secteurs.

3 - 2 - 1 - 1 - Période 2003-2008 :

D'après les résultats obtenus , la variation du taux net d'évolution de la ligne de rivage de la côte est de la zone Ain Taya(les flots bleus ,surcouf , deca plage , tarfaia ,El kadous) pour la période 2003-2008 (figure III-2)montre une tendance négative jusqu'à presque7mètre par an (transects 109/173) de la ligne de rivage avec un net d'avancée maximal d'environ 10 mètres par an (transects 173/219) , l'enrichissement de cette partie est dû essentiellement au apport du lac Réghaia .

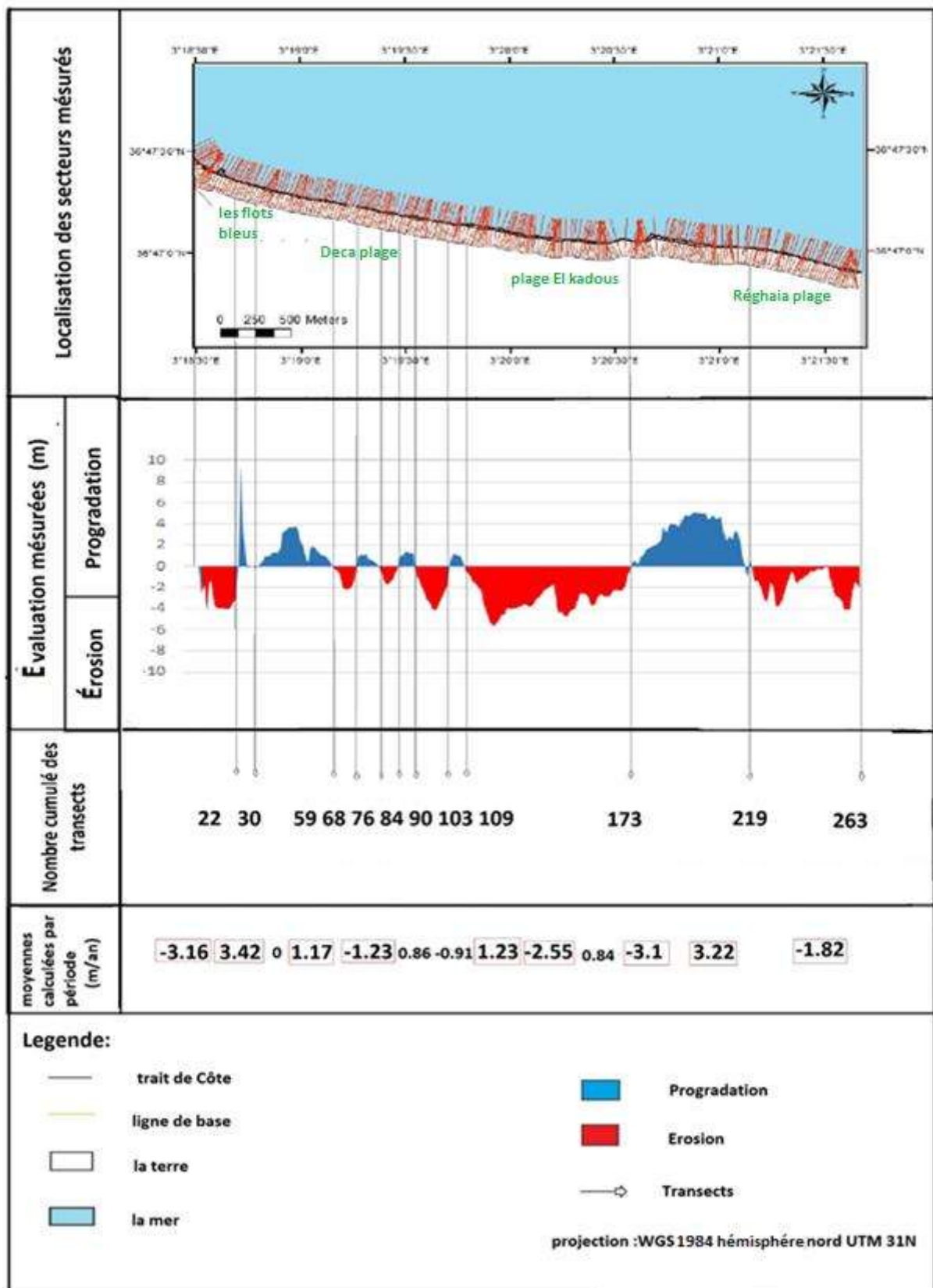


Figure III-2 Cartographique basé sur le calcul de l'End Point Rate (EPR) entre deux dates 2003-2008 (côte est de la zone de Ain Taya)

3 - 2 - 1 - 2 - Période 2011-2015 :

En 2011, au niveau de la plage Surcouf deux épis en « T » ont été réalisés pour protéger les belles villas contre l'attaque des vagues des tempêtes dans le cadre de l'aménagement des côtes algéroises.

Les travaux s'étendent actuellement sur la limite Est de la plage Surcouf par la réalisation d'un cordon d'enrochement naturel, pour protéger les constructions trop proche du rivage.

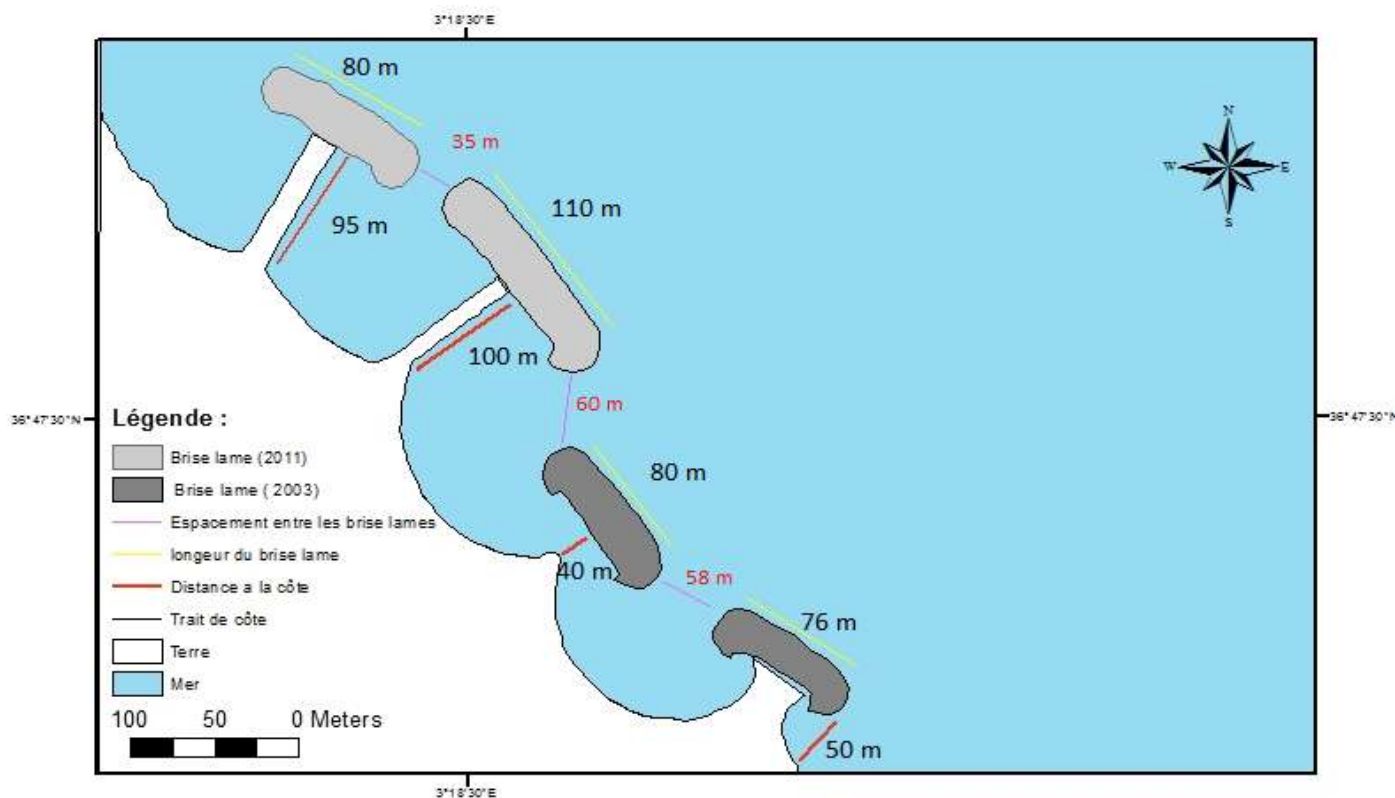


Figure III-3 Carte d'emplacement des ouvrages de défense des plages de Surcouf

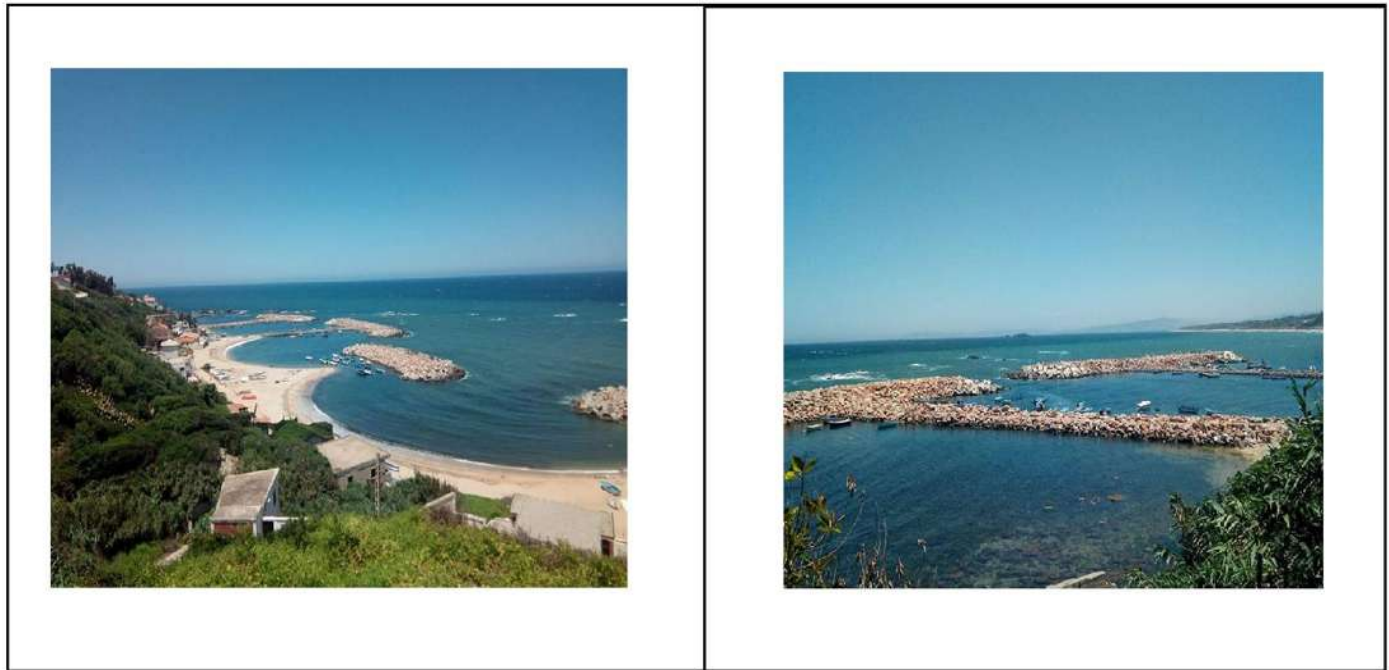


Figure III-4 Photos récentes des ouvrages de défense des plages Surcouf

Cette période marquée par la mise en place des aménagements de protection de la côte en 2011 dans la côte Ouest (les flots bleus) deux brises lames ,ce qui a engendré une petite tendance à l'amaigrissement su secteur localisé (transects 1/7), mais globalement la période allant de 2011 à 2015 montre une tendance mixte entre l'accrétion et l'érosion avec une évolution positifs sur la plage les flots bleus (transects7/37) ,et une partie de la plage el Kadous (transects 135/151) de la ligne de rivage avec un taux net d'évolution maximal de 11 mètres par an enregistré sur le transect N°12.(Voir figure III-5).

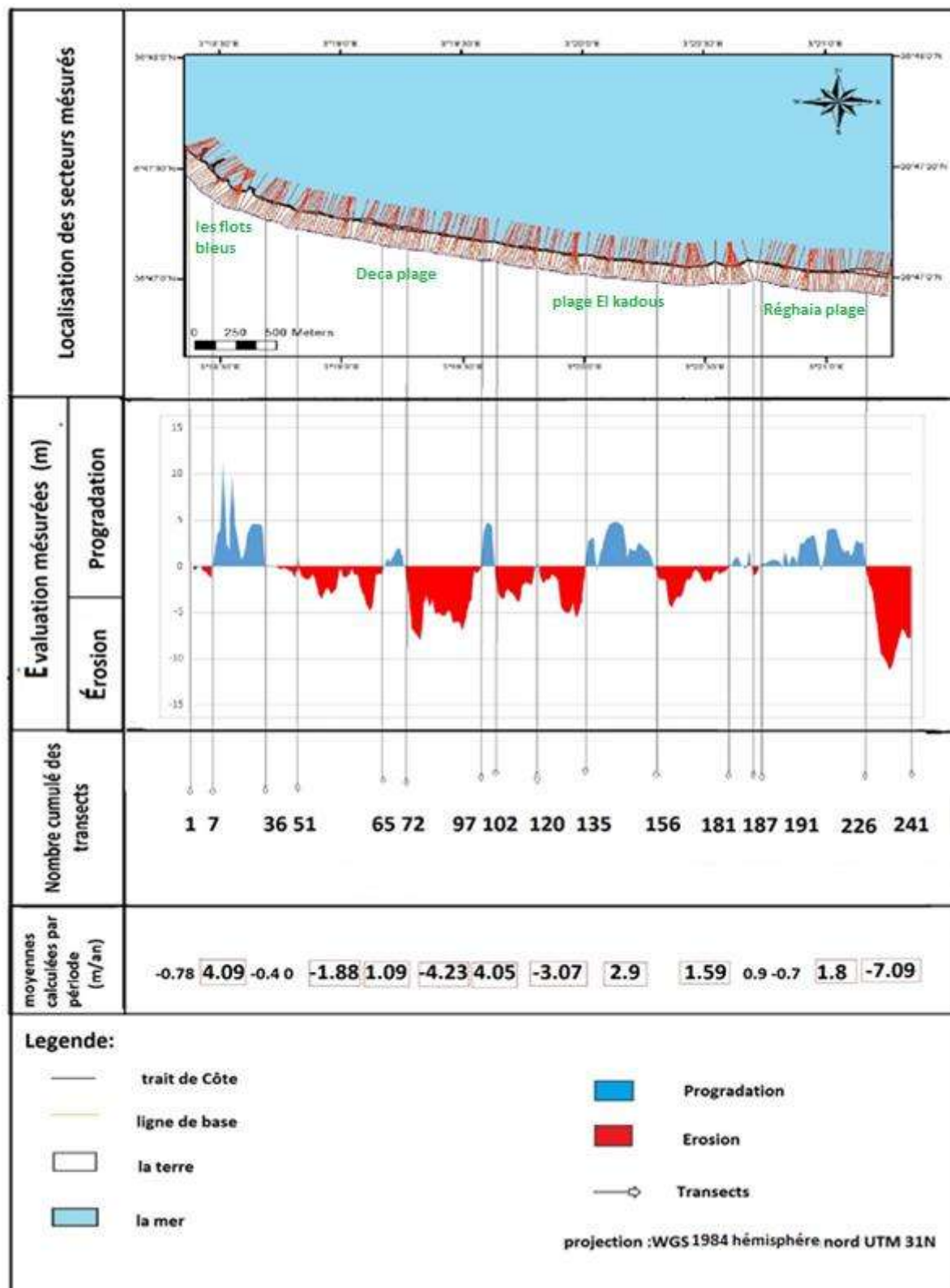


Figure III-5 Cartographique basé sur le calcul de l'End Point Rate (EPR) entre deux dates 2011-2015 (côte est de la zone de Ain Taya)

3 - 2 - 1 - 3 - Période 2015-2017 :

D'après les résultats obtenus de cette période, la variation du taux net d'évolution de la ligne de rivage de la zone est de la côte Ain Taya pour la période allant de 2015 à 2017 (figure III-6) montre une tendance positive avec un taux net d'évolution positifs sur les plages suivante : Surcouf (transect 12/26) , Tarfaia (transect 51/100) et une bonne partie de la plage El kadous (transect 167/206) de la ligne de rivage avec un taux net maximal d'environ 15 mètre par an, ces résultats nous mènent à conclure que les plages de la côte est de la zone Ain Taya ont été assujetti à l'engraissement durant ces 02 ans .

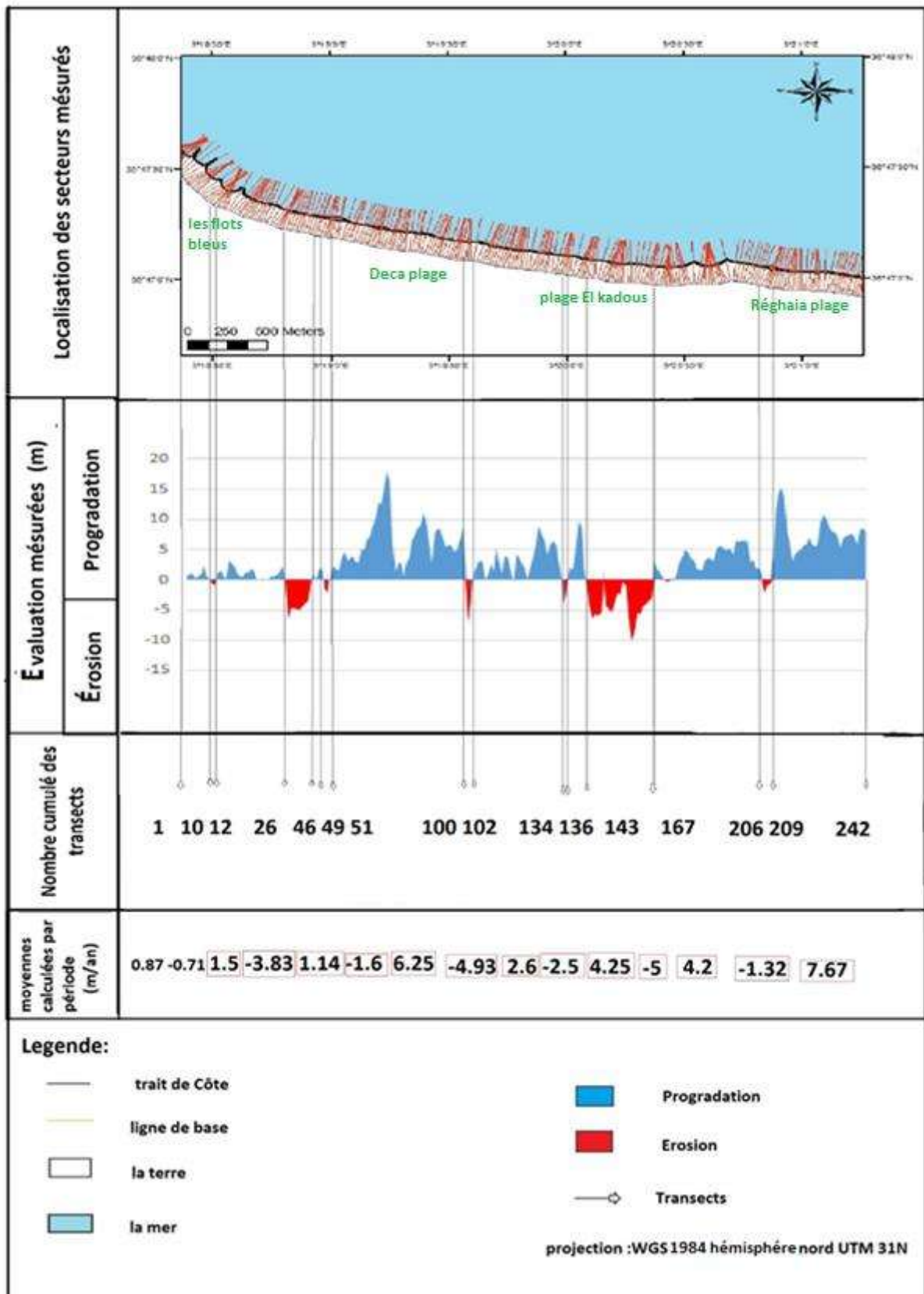


Figure III-6 Cartographie basée sur le calcul de l'End Point Rate (EPR) entre deux dates 2015-2017 (côte est de la zone de Ain Taya).

3 - 2 - 1 - 4 - Période 2003-2017 :

LES FLOUS BLEUS Transects 12 :

Années	2004	2009	2011	2015	2017
LRR (m/an)	164,21	160,76	172,27	187,5	199,32

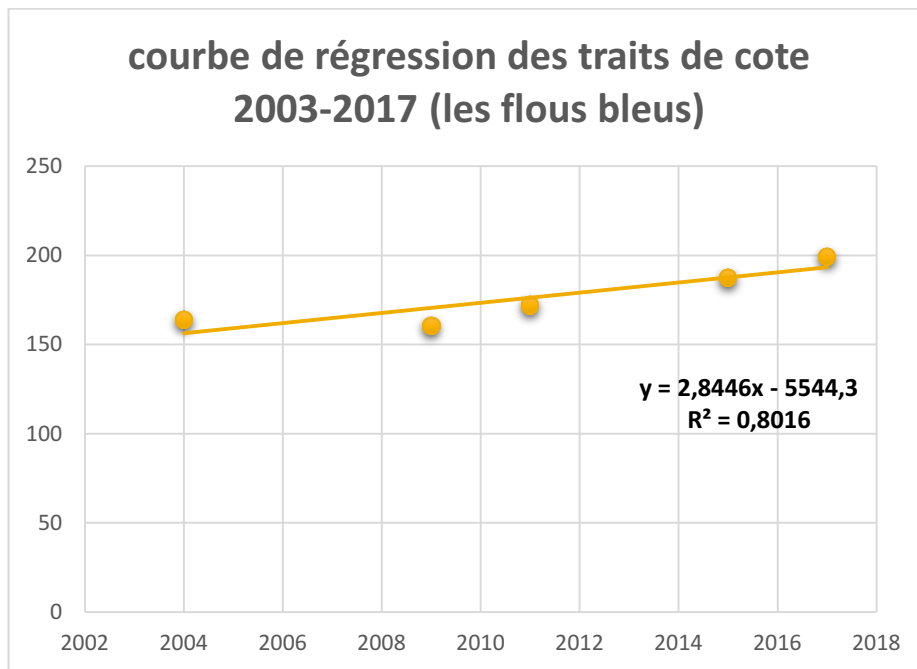


Figure III-7 Courbe de régression 20003-2017 (les flots bleus)

$$Y = 2.84x - 5544.3$$

a = 2.84 (la pente : taux d'évolution annuelle)

La valeur de la pente d'une droite de régression linéaire de la plage des flous bleus dans le nuage de points formé par les mesures de distance entre tous les points d'intersection de transect N° 12 et des traits de côte comparés (2004-2009-2015-2017). Le taux d'évolution annuelle de la ligne de référence de cette plage montre une tendance positive avec un taux net d'évolution de 3 mètre par an de la ligne de rivage.

DECA PLAGES transects 50 :

Années	2004	2009	2011	2015	2017
LRR (m/an)	160,01	149,99	158,81	134,47	137,58

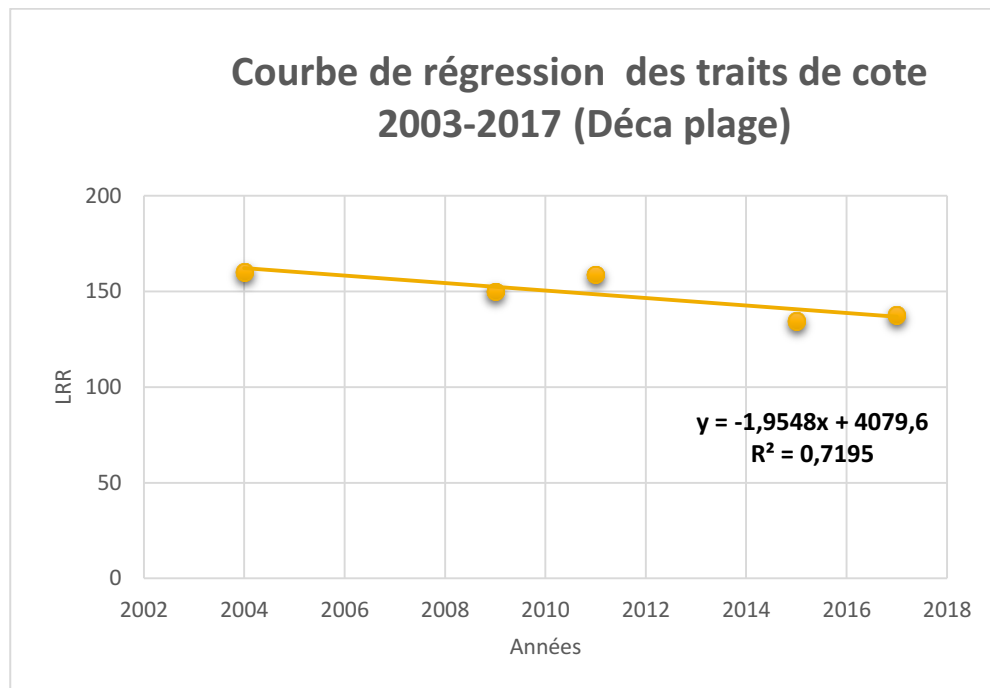


Figure III-8 Courbe de régression des traits de côte 2003-2017(déca plage)

Y= -1.95x +4079.6
a= -1.95 (la pente : taux d'évolution annuelle)

La valeur de la pente d'une droite de régression linéaire de la plage « Deca plage » dans le nuage de points formé par les mesures de distance entre tous les points d'intersection de transect N° 50 et des traits de côte comparés(2004-2009-2015-2017) .le taux d'évolution annuelle de la ligne de référence de cette plage montre une tendance négative avec un taux net évolution de -2 mètre par an de la ligne de rivage .

3 - 2 - 2 - Secteur Ouest de la zone Ain Taya

La côte Est Algéroise ayant subi des dommages considérables par le fait de l'érosion naturelle.

En 2004 le rivage de la ville côtière d'Ain Taya est conforté par des travaux d'envergure sur tout le littoral, à commencer par la plage Ain Beida jusqu'à Surcouf, en passant par celles des tamaris et d'Ain Chorb qui consistent en la pose (figureIII-9).

De plusieurs couches d'engrochement, et en la construction également de murs de soutènement pouvant arrêter l'effritement de la falaise et consolider le rivage (les falaises de Kaf d'Ain Taya).

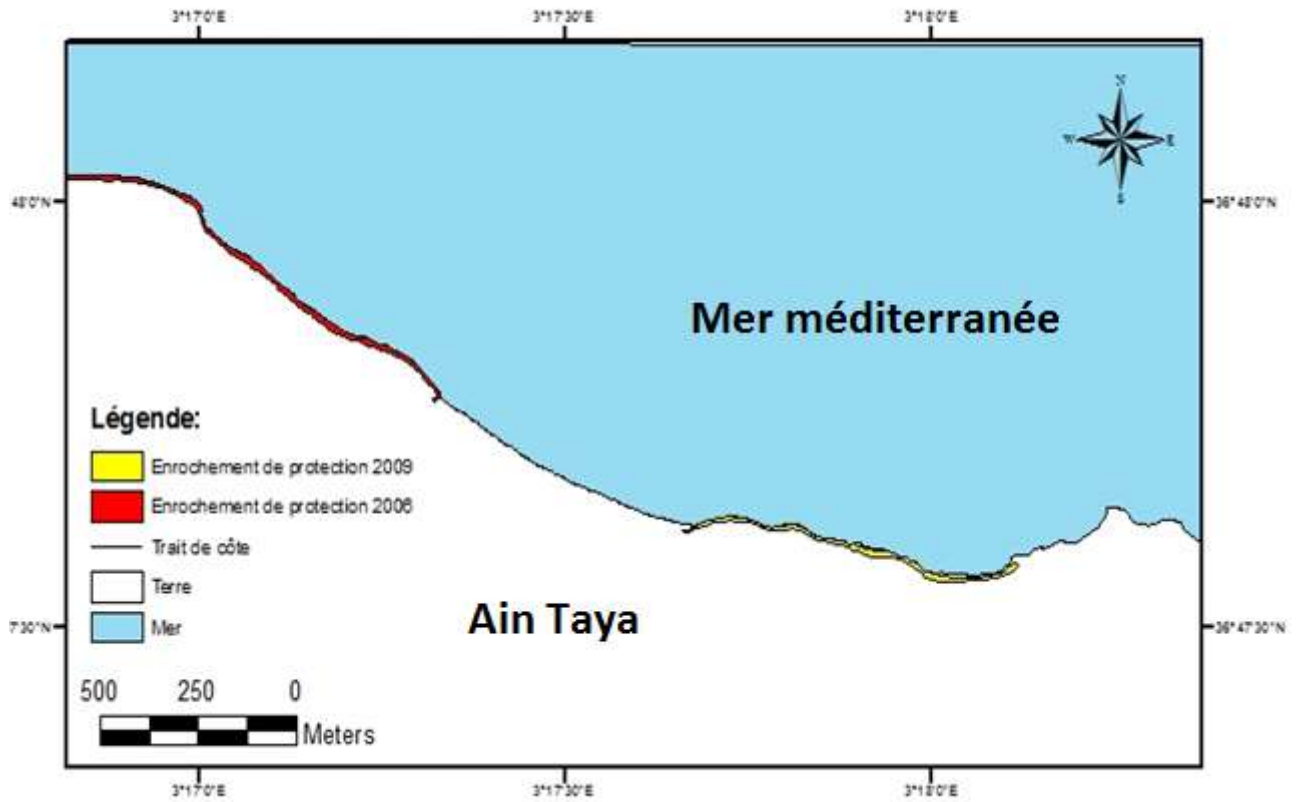


Figure III-9 Carte représentative des ouvrages de défense sur la côte Ouest de la zone de Ain Taya.



Figure III-10 Photo des enrochements de protection sur la plage Ain Beida (Année 2017)

3 - 2 - 2 - 1 - Période 2004-2009 :

Cette période est marquée par mise en place des aménagements de protection de la partie ouest de la plage tamaris en 2006 et partie Est en 2009 par des enrochement(enrochement naturel, béton cubique rainuré) ce qui explique la tendance positive au niveau d'implantation des enrochement de protection (transect 1/40) , (transect 86/126) et ainsi sur une partie de la plage tamaris (transect 57/83) avec un taux net d'évolution de 5 mètres, une tendance négative qui apparaisse sur l'autre partie de la plage tamaris (transect 40/53) caractérisée par l'avancée de la mer jusqu'à 3 mètres.(voir figure III-11)

D'autre tendance presque nulle qui sont du probablement à l'erreur ou le décalage de l'image Google Earth.

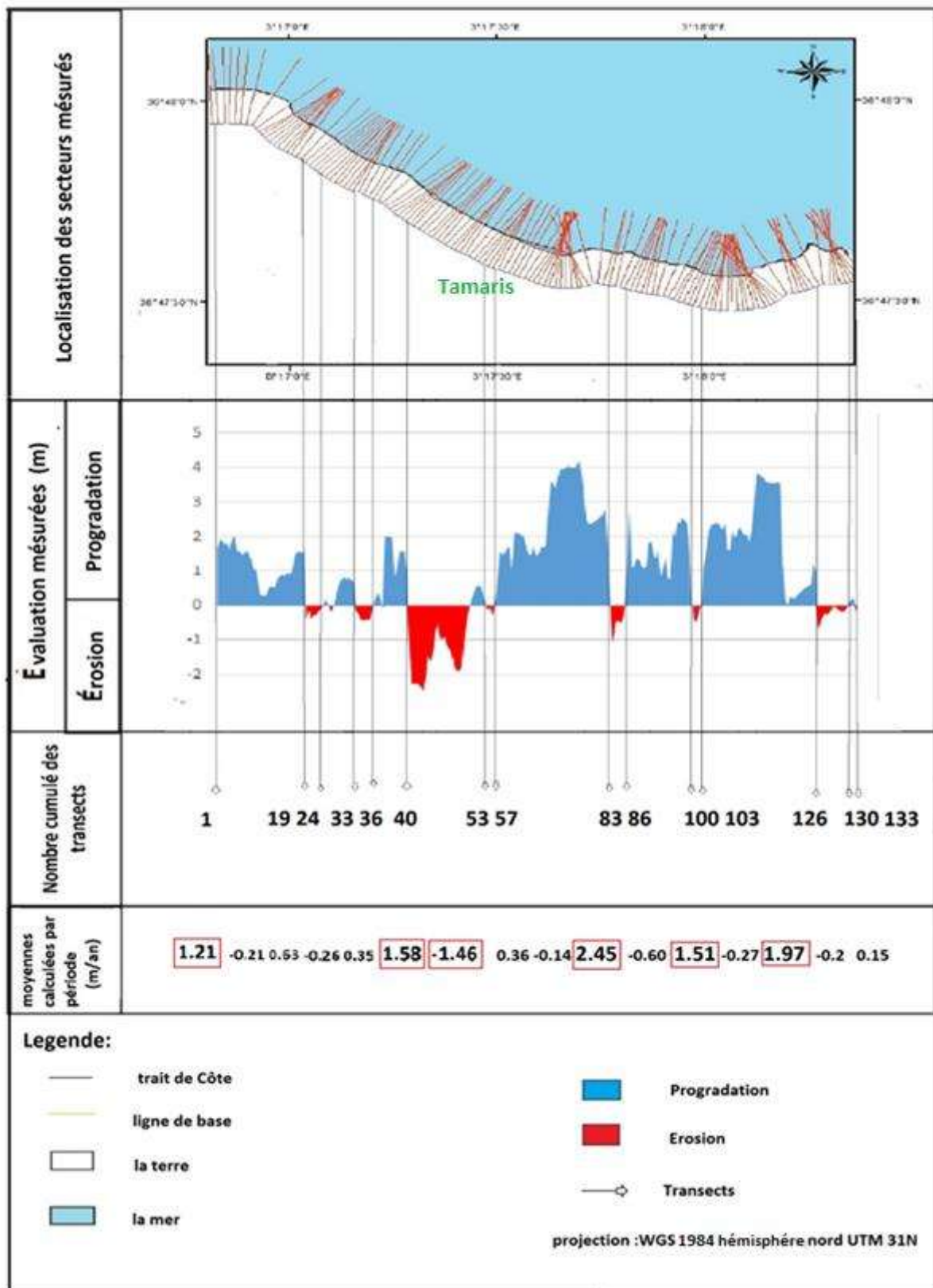


Figure III-11 Cartographique basé sur le calcul de l'End Point Rate (EPR) entre deux dates 2004-2009 (côte Ouest de la zone de Ain Taya).

3 - 2 - 2 - 2 - Période 2011-2015 :

D'après les résultats obtenus, la variation du taux net d'évolution de la ligne de rivage de la côte ouest de la zone Ain Taya pour la période allant de 2011-2015 (figure III-12) montre une tendance négative sur la majorité du long de ligne du rivage (transect 1-52) transects (58-133) cette tendance négatif n'est pas réellement du a une érosion côtière mais a une période de tempère lors de la prise de l'image satellitaire avec un taux net de recul 5 mètres par dans enregistré sur le transect N°25 , une partie de la plage tamaris montre une tendance positive (transects52-58) de la ligne de rivage avec un taux net d'avancée maximal de 1 mètre par an. Les résultats obtenus ne sont probablement réellement représentative d'évolution du trait de côte entre 2011-2015 de la côte ouest de la zone Ain Taya.

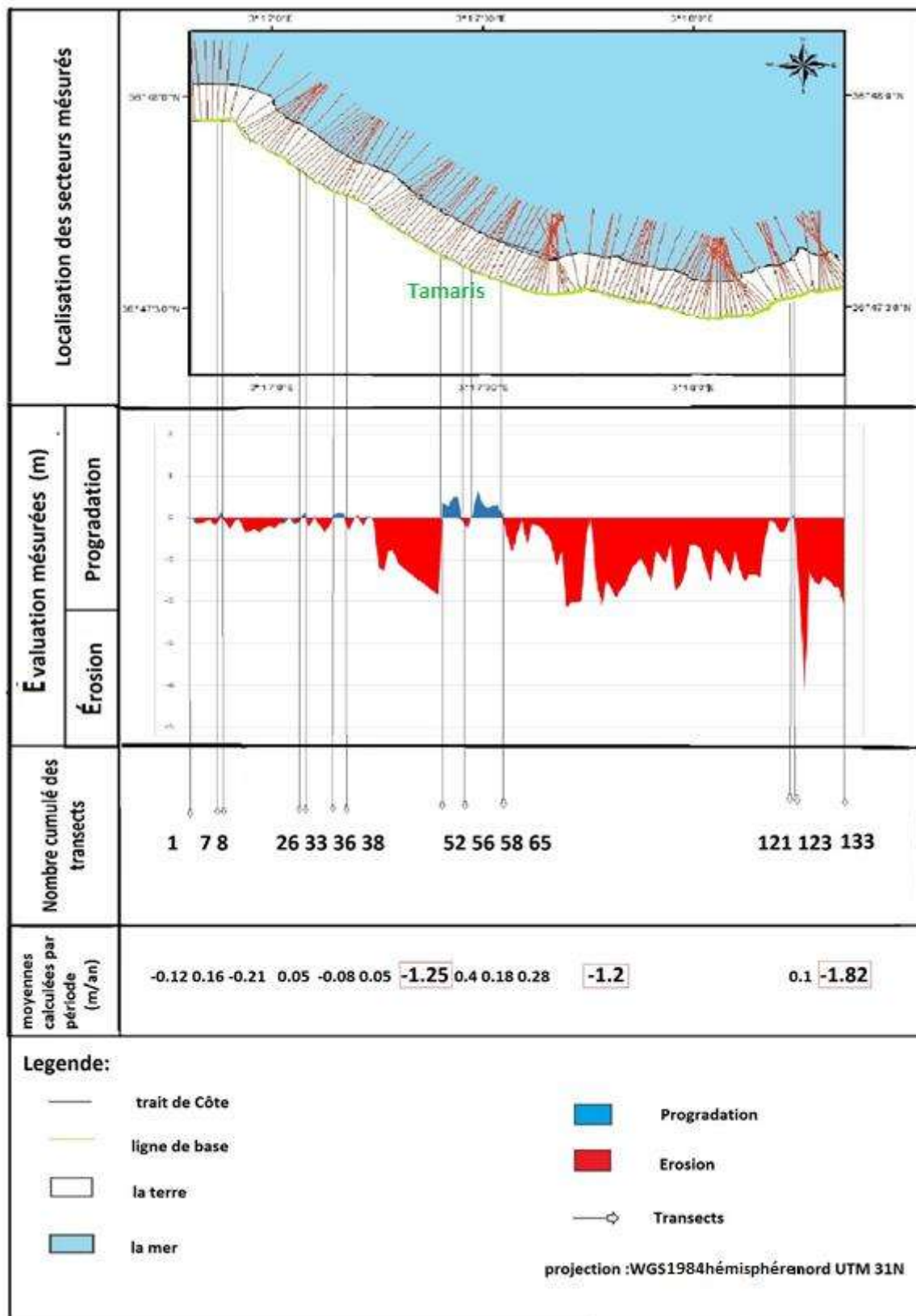


Figure III-12 Cartographique basé sur le calcul de l'End Point Rate (EPR) entre deux dates 2011-2015 (côte Ouest de la zone de Ain Taya)

3 - 2 - 2 - 3 - Période 2015-2017 :

D'après les résultats obtenus, la variation du taux net d'évolution de la ligne de rivage de la côte ouest de la zone Ain Taya pour la période 2015-2017 (figure III-13)montre un tendance positive sur +69 % de la ligne rivage avec un taux net d'avancée maximal d'environ 13 mètre par an , cette progradation est dû à l'implantation fiable des ouvrage de protection qui ont donner ce résultats positif, la tendance négative sur 31% de la ligne de rivage avec un taux net de recul de 7mètre par an .

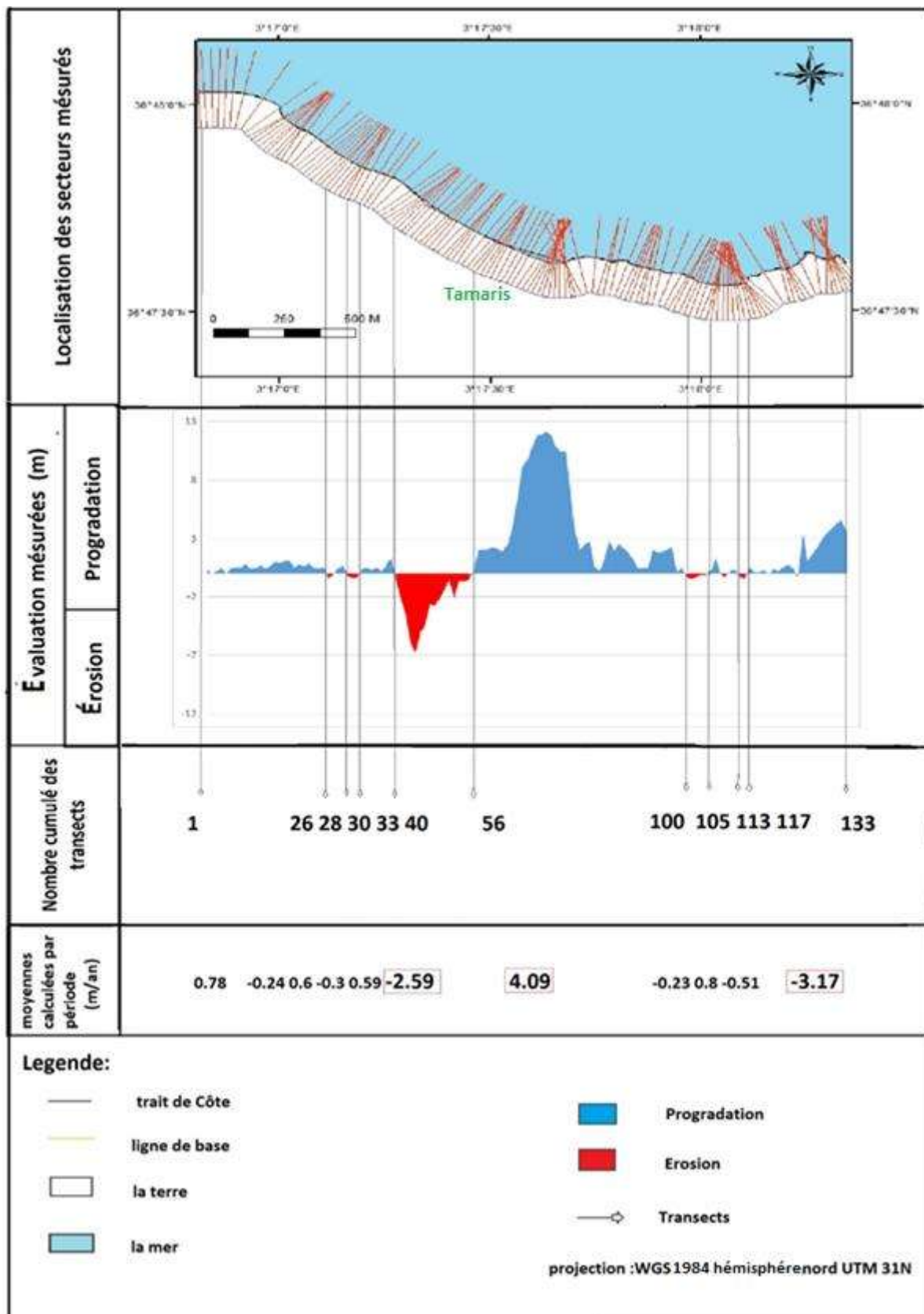


Figure III-13 Cartographique basé sur le calcul de l'End Point Rate (EPR) entre deux dates 2015-2017 (côte Ouest de la zone de Ain Taya)

3 - 2 - 2 - 4 - Période 2004-2017 :

TAMARIS (transects47) :

Années	2004	2009	2011	2015	2017
LRR	157,91	150,52	157,99	154,5	151,22

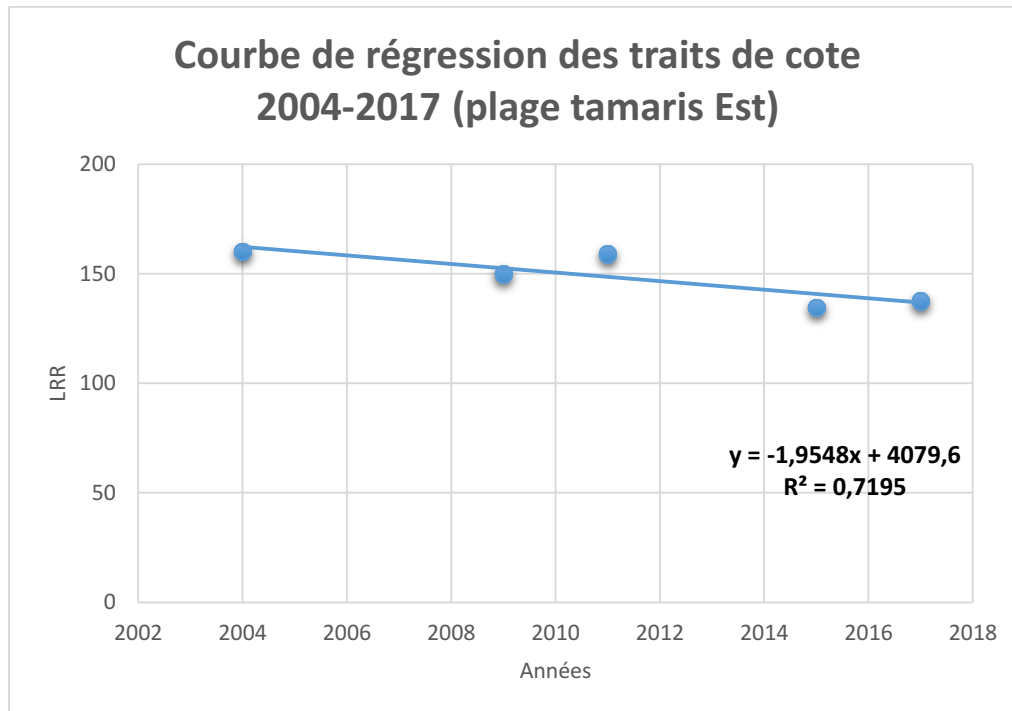


Figure III-14 Courbe de régression des traits de côte 2004-2017 (plage Tamaris Est)

$Y = -1.9548x + 4079.6$

a = -1.95 (la pente : taux d'évolution annuelle)

la valeur de la pente d'une droite de régression linéaire de la plage Tamaris dans le nuage de points formé par les mesures de distance entre tous les points d'intersection de transect N° 47 et des traits de côte comparés (2004-2009-2015-2017). Le taux d'évolution annuelle de la ligne de référence de cette plage montre une tendance négative avec un taux net d'évolution de -2 mètre par an de la ligne de rivage.

TAMARIS (transects68) :

années	2004	2009	2011	2015	2017
LRR	150,6	157,31	145,77	144,91	160

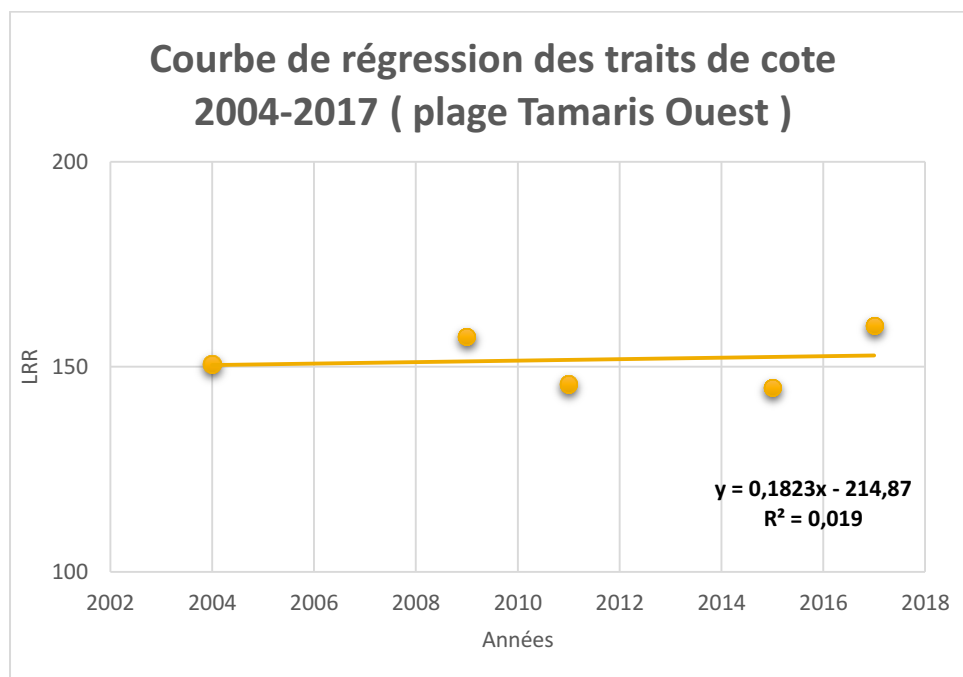


Figure III-15 Courbe de régression des traits de côte 2004-2017 (plage Tamaris Ouest)

$$Y = 0.1823x - 214.87$$

a = 0.18 (la pente : taux d'évolution annuelle)

La valeur de la pente d'une droite de régression linéaire de la plage Tamaris Ouest dans le nuage de points formé par les mesures de distance entre tous les points d'intersection de transect N° 68 et des traits de côte comparés (2004-2009-2015-2017). Le taux d'évolution annuelle de la ligne de référence de cette plage montre une tendance positive à presque nulle avec un taux net d'évolution de 0.18 mètre par an de la ligne de rivage.

3 - 2 - 3 - Évolution des surfaces horizontales en (m²) de la zone Ain Taya :

L'évolution des surfaces sur la zone Ain Taya n'est pas homogène sur les deux secteurs de la zone, secteur Est et le secteur Ouest soit sur les surfaces gagnées que sur les surfaces perdues, mais ces derniers n'ont pas les mêmes équipements côtiers, le secteur Ouest est caractérisé par la présence d'un cordon d'envrochement naturel sur une longueur importante du rivage et un mur de soutènement, par contre le secteur Est est caractérisé par la présence de deux brise lames et deux épis et un petit cordon d'envrochement naturel.

L'analyse des bilans sédimentaire pour les deux secteurs sur la période comprise entre 2004 et 2017 montre dans les secteurs Ouest :

- 81% d'évolution surfacique avec surface de 10631 m² était réservé pour implantation des ouvrages de protection (cordon d'enrochement et le mur de soutènement).
- 29.6% d'évolution du secteur avec superficie de 3842 m² représente de l'espace gagné par ce secteur.
- 11.6 % de la superficie totale est perdu, qui représente un volume de 1489 m².

Pour le secteur Est, les résultats obtenus pour la même période (2004 à 2017) présente :

- 53.7% de la superficie totale qui représente un volume sédimentaire perdu de 26920 m².
- 40.88% du bilan sédimentaire est positif, qui représente un volume de 20486 m² d'évolution totale.
- 5.39% d'évolution du secteur était réservé comme espace d'implantation d'ouvrage (pied des 2 brise lames), de superficie de 2705 m².

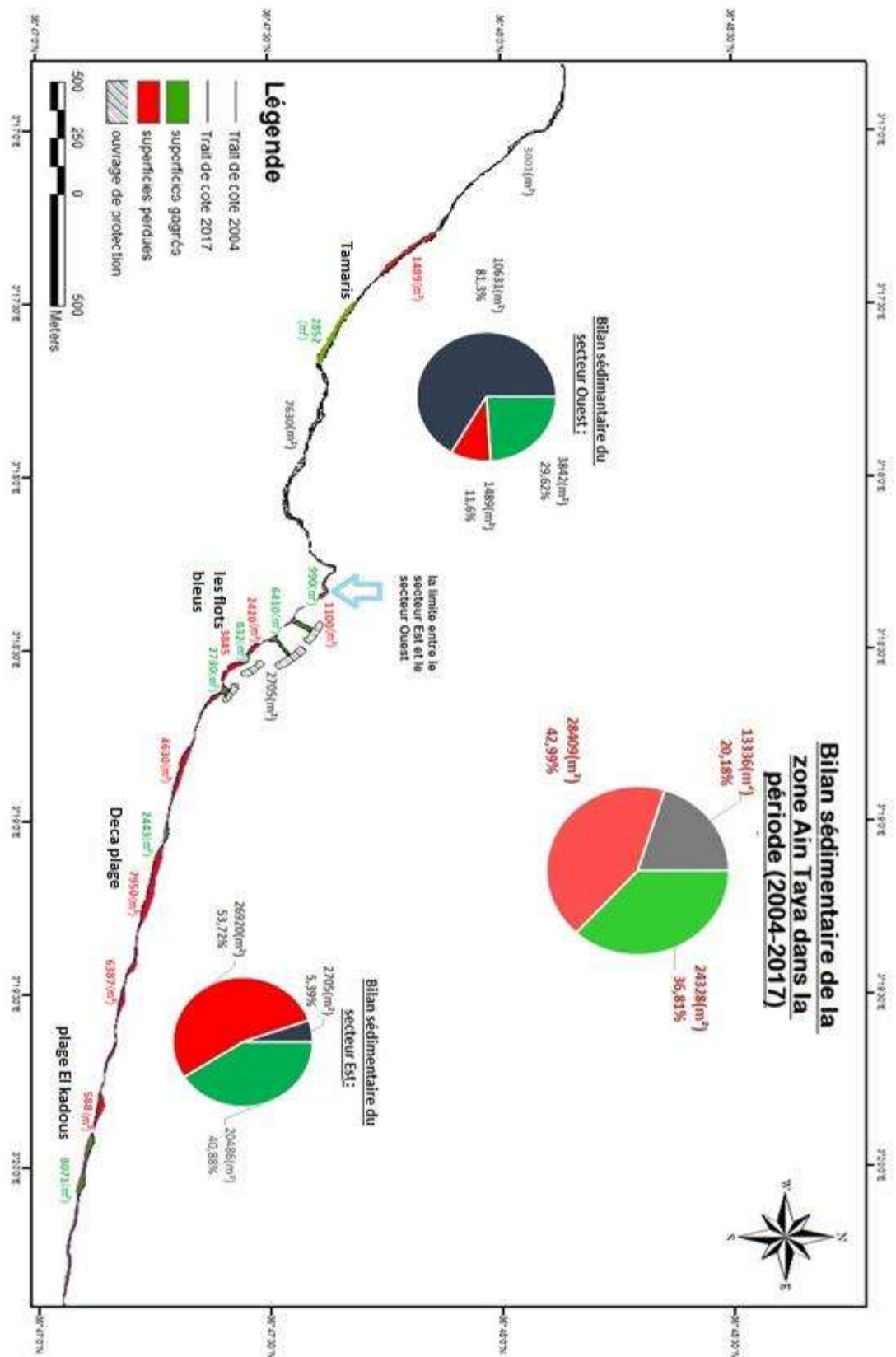


Figure III-16 Présentation géographique et statistique de l'évolution des surfaces horizontales et le bilan sédimentaire de la zone côtière de Ain Taya entre 2004 à 2017.

III - 4 - Conclusion :

D'après les résultats obtenus par la cinématique du trait de côte de la zone côtière Ain Taya dans la période 2004-2017 nous pouvons dire que :

La côte de Ain Taya est en état d'engraissement durant la période 2004 à 2017 avec une perte de 28406 m² qui est un volume très important avec un pourcentage de 43% de la totalité de la surface d'évolutions, ce recul de trait de côte est intense sur le secteur Est, la mise en place des deux épis en T en 2011 ont pour protéger la côte ainsi que les urbanisations proches du rivage contre les attaques des vagues de tempêtes et l'érosion, probablement ils ont influencé négativement sur ce secteur. Par contre le secteur ouest qui a subi des travaux d'aménagement, un mur de soutènement en 2009 et des couches d'enrochement en 2005 n'a perdu que 11.6 de sa surface d'évolution sur la période d'étude, qui présente un volume de 1489 m².

L'avancement de trait de côte au niveau des plages qui sont proches des ouvrages de protection est remarquable sur le secteur ouest (plage tamaris) et la plage les flots bleus sur le secteur est, en remarque aussi un avancement de la ligne de rivage près du lac Réghaia cette évolution positive est due aux apports solides du lac qui rejoint l'embouchure au niveau de la côte (la plage kadous), cette tendance positive a une superficie de 24328 m² qui présente un pourcentage de 36.1% de la surface totale d'évolutions de la côte Ain Taya.

Finalement on peut dire que la surface réservée aux implantations protectrices sur la zone côtière étudiée qui présente un pourcentage de 20% de la totalité de la surface d'évolutions a un impact hétérogène sur la côte Ain Taya sur la période 2004 à 2017, un impact positif sur la côte ouest (d'après les résultats obtenus) mais un impact négatif globalement sur le secteur est (impact des deux épis).

CHAPITRE IV : ÉTUDE
HYDROSEDIMENTAIRE

CHAPITRE IV - Étude hydrosédimentaire

Introduction:

L'analyse de fonctionnement hydro-sédimentaire du littoral démarre par une analyse globale comprenant notamment une analyse géomorphologique une analyse des conditions météorologiques (déjà abordée dans le **chapitre I**) et une analyse hydrodynamique. Enfin, une synthèse permet de définir précisément le périmètre d'étude et les aléas à considérer et pour chaque aléa à caractériser, les principaux phénomènes à leur origine permettant de définir les méthodes de caractérisation et l'hypothèse adaptées.

L'objectif principal de ce chapitre consiste à reconstituer le climat hydrodynamique qui domine notre zone d'étude dans une échelle de temps précise, pour aboutir à un modèle numérique qui superpose les processus hydrodynamique (houle, courant), afin de donner quelques éléments de réponse à la problématique posée qui est la détermination de l'état de vulnérabilité de notre zone d'étude.

C'est dans ce cadre que s'inscrit la première partie de ce travail qui sera consacrée à l'utilisation du modèle numérique **Mike 21** pour étudier la propagation de la houle des zones d'étude.

IV - 1 - Les données nécessaires pour la modélisation numérique de fonctionnement hydrodynamique:

Le modèle numérique utilisé dans notre étude est le **Mike 21-DHI** de l'institut hydraulique Danois (**DHI**) qui est un puissant système de modélisation numérique des phénomènes physiques (houle, courant et transport sédimentaire), Il permet la simulation de l'hydraulique et des phénomènes associés dans les rivières, les lacs, les baies, les zones côtières et les océans.

Il s'agit de recueillir l'ensemble des données disponibles nécessaires à la Simulation, ces données sont :

- des données bathymétriques.
- des données relatives aux conditions météorologiques.
- des données de niveau d'eau.

1 - 1 - Les données bathymétriques:

La carte bathymétrique est une donnée de base pour la modélisation de l'hydrodynamisme dans les zones côtières.

La bathymétrie est la mesure de la profondeur d'une surface immergée classiquement, cette mesure s'élabore grâce à un échosondeur, c'est instrument qui analyse le temps de l'aller-retour d'une onde acoustique se réfléchissant sur le fond.

L'acquisition des données bathymétriques de notre zone d'étude fournies par GEBCO (The General Bathymetric Chart of the Océans).

1 - 2 - Les données relatives aux conditions météorologiques:

Les conditions météorologiques extraites de la base de données MedAtlas (1999-2004) et qui régissent la zone d'étude ont été abordées dans le premier chapitre, dont nous tirons les constatations nécessaires à l'élaboration du modèle de simulation, citant:

- Les houles les plus fréquentes proviennent des deux secteurs ouest (27% annuellement) et nord-est (N45°) (43% annuellement) avec des hauteurs comprises entre 0.25 et 2.7m.
- Les classes de périodes piques (Tp) dominantes sont comprises entre 3 et 9s avec une fréquence de 49% du temps.
- Les houles du secteur N60° sont dominantes en saison estivale, avec des amplitudes maximales qui ne dépassent pas les 1.75m.
- Durant la période hivernale les agitations marines sont provoquées par les houles du secteur N360°, N270° avec des amplitudes maximales de l'ordre de 3m.

1 - 3 - Les données relatives au niveau de la mer et au marnage:

Le niveau des marées est insignifiant, vu que notre zone d'étude est caractérisée par une côte microtidale. Les valeurs de la surcote entretenues, sont prises comme une constante qui est égale à 0.34m.

IV - 2 - Présentation de modèle utilisée :

Sous MIKE 21, les cartes marines de nos zones d'étude ont été géo-référencées sous le système de coordonnées projetées WGS84_UTM. Le trait de côte affichées sur ces cartes a été digitalisé à l'aide de l'extension 'set current contour level', puis enregistré au format .XYZ (fichier texte 'DOS') afin d'en sortir la latitude, la longitude et la profondeur.

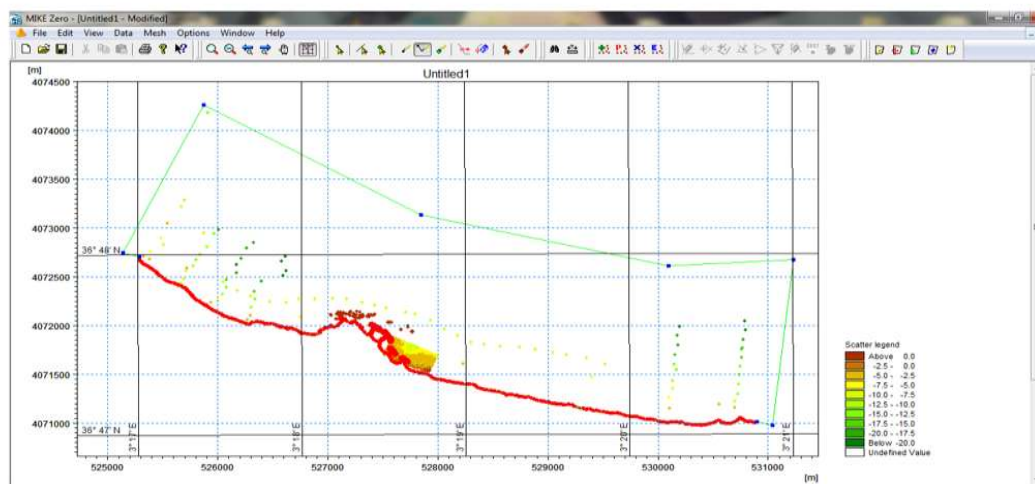


Figure IV-1 Digitalisation de trait de la côte sous Mike zero.

Après la préparation des données bathymétriques, le module 'MeshGenerator' a été utilisé afin d'importer ces données, ainsi de définir l'espace du travail sous MIKE 21. Le maillage issu est composé d'éléments triangulaires dont la taille a été ajustée suivant les évolutions bathymétriques et la précision souhaitée.

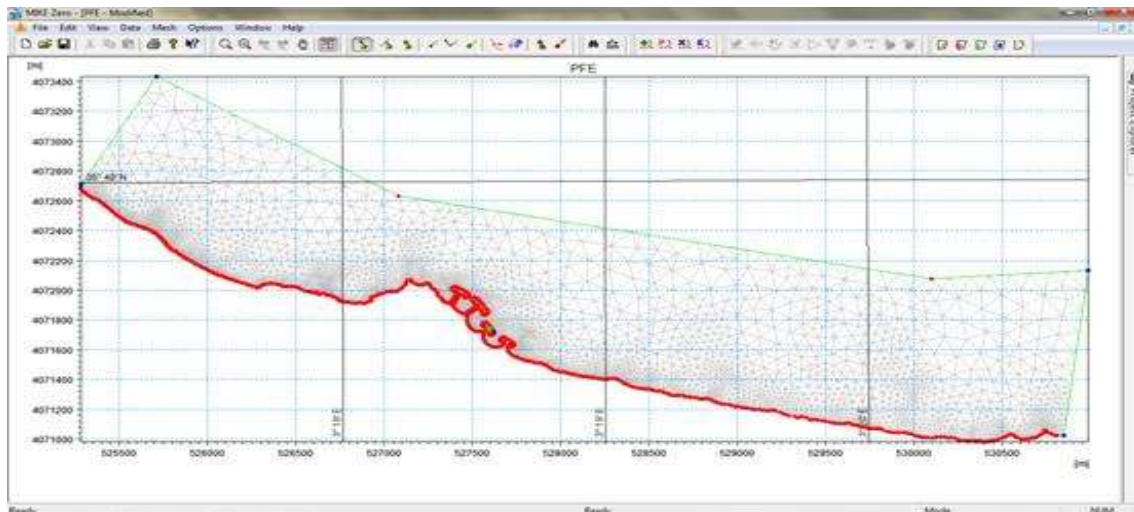


Figure IV-2 Maillage du MeshGenerator sous MIKE Zero.

La carte bathymétrique du modèle est obtenue par interpolation des sondes bathymétrique et des levés topographique sur le maillage ainsi défini, à l'aide de l'outil 'Interpolate' de l'extension 'Mesh' sous MIKE Zero¹

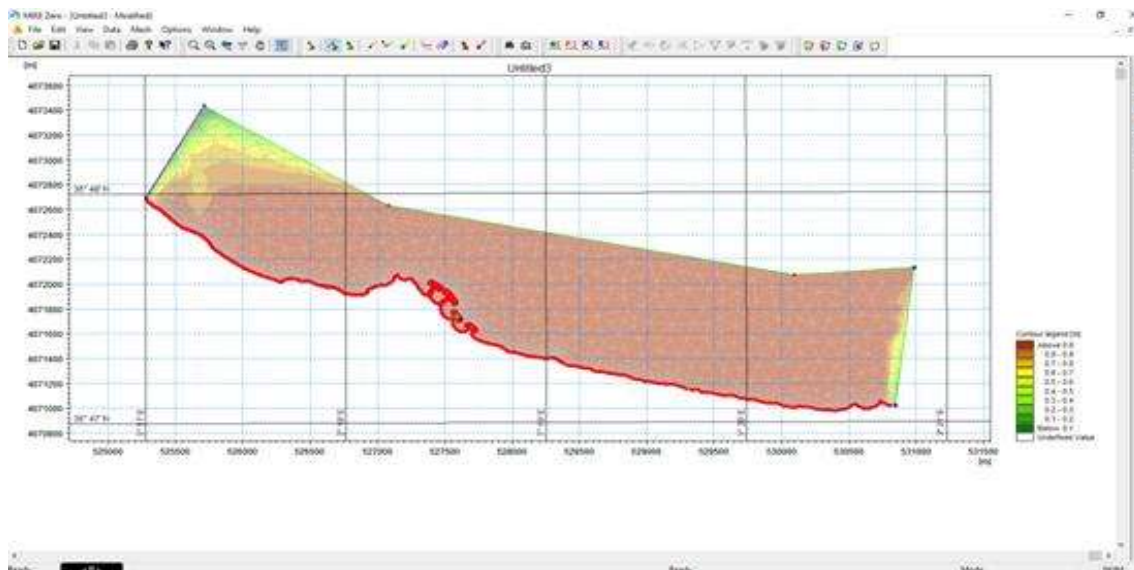


Figure IV-3 Exemple d'interpolation sur la zone d'étude sous Mike zero.

2 - 1 - Présentation de la carte bathymétrique sous mike21:

Interprétation :

La bathymétrie obtenue pour la zone de Ain Taya présente des valeurs comprises entre -1.1m et -22.4m.

L'analyse de la carte bathymétrique montre des isobathes plus au moins régulières et parallèles à la côte. La zone présente un fond marin assez régulier dont les isobathes sont un peu plus espacées. Dans la partie ouest de la zone d'étude, les isobathes sont très serrés ce qui définit un profil a pente abrupte.

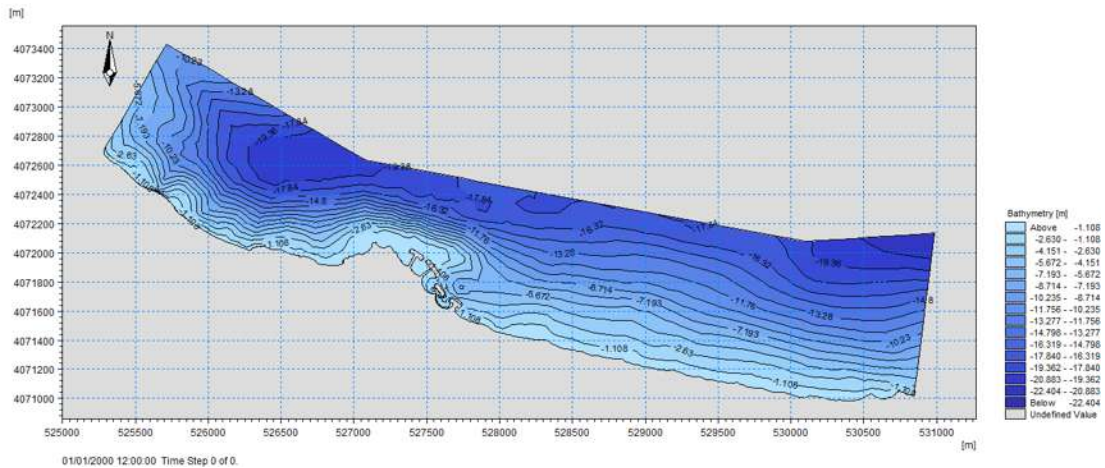


Figure IV-4 Carte bathymétrique de Ain Taya sous Mike21

2 - 2 - Le modèle couplé Mike21/3 FM :

Le module « **MIKE 21/3 Coupled Model FM** » permet de calculer pas à pas la hauteur des vagues à partir de la hauteur d'eau calculée dans le module hydrodynamique. Il est donc possible de simuler l'interaction entre les vagues et les courants en utilisant un couplage dynamique. À chaque pas de temps la hauteur d'eau provenant du module hydrodynamique est prise en compte dans le calcul des hauteurs de vague.

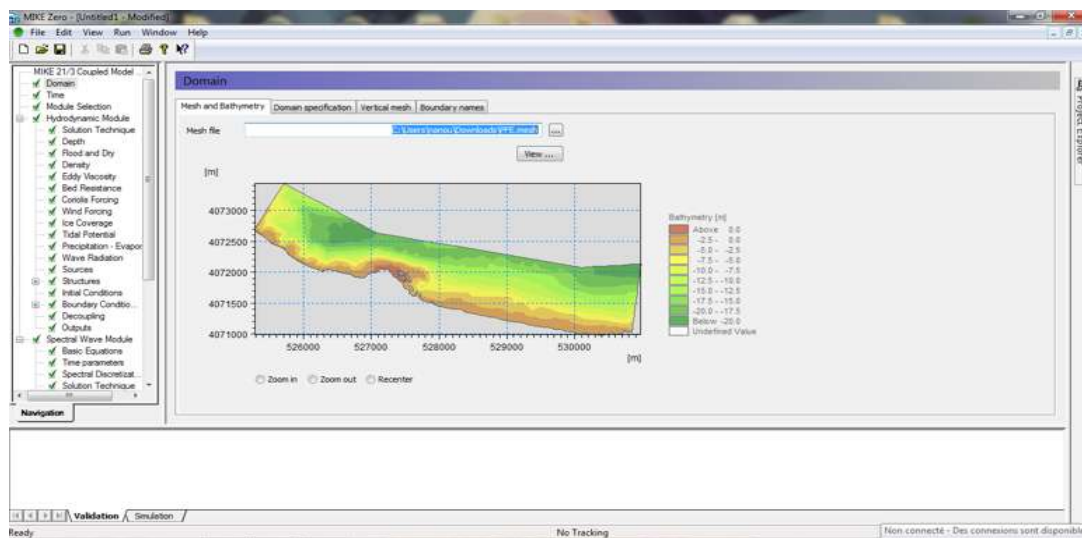


Figure IV-5 Le concept du modèle de MIKE 21/3 Coupled Model FM.

Comme dans la partie simulation « *Flow Model FM* », nous allons décrire pas à pas les différentes informations à compléter.

Tout comme dans le module précédent, il faut charger le maillage et informer les données de temps.

Nous devons alors compléter deux modules successifs. Tout d'abord nous avons accès au module hydrodynamique.

Ce module de couplage prend en compte l'influence de la houle sur l'élévation de surface et vis versa. Les temps de calcul sont parfois longs pour ce module de couplage et les fichiers de sortie volumineux.

2 - 2 - 1 - Simulation de la propagation de la houle par le module SW (Spectral waves model):

MIKE 21 SW est le module de propagation de la houle spectrale. C'est un modèle basé sur la conservation de la densité de l'action d'onde qui permet de simuler la propagation des états de mer (mers de vent et houles océaniques) dans les domaines offshores Côtier. **MIKE 21 SW** prend en compte la génération de la houle par action du vent, la dissipation de la houle par moutonnement et déferlement bathymétrique ainsi que la dissipation de la houle par frottement sur le fond, la réfraction et la levée de la houle

2 - 2 - 1 - 1 - Configuration du module SW:

Pour étudier la propagation de la houle au large, l'équation choisie dans le domaine spectral est la formule directionnelle et dans le domaine temporel est la formule quasi-stationnaire, avec la méthode d'itération de Newton & Raphson.

Les niveaux d'eaux ont été considérés nuls en négligent le forçage par les vents.

La limite nord a été choisie comme étant ouverte avec des paramètres constants dans le temps et tout au long de ces limites.

Le model a concerné 3 directions dominantes déjà traites (chapitre 1):

- les directions **N45°**, **N315°**, et **N360°**.
- la hauteur significative **H_s=2.56, 3, et 1.73m** respectivement.
- la période pique **T_p=8s, 6.2s, et 4.7s** respectivement.
- l'indice d'étalement directionnel **n=4**.

Interprétation

Présentation de la propagation des houles du secteur N45° :

D'après la figure (fig.6) nous remarquons que les houles qui arrivent des directions N45° avec une hauteur significative (H_{s0}) au large de l'ordre 2.56m ont des hauteurs (H_s) à la côte de valeur de 0.02 à 2.23 m, voire des coefficients (H_s/H_{s0}) avec un minimum de 0.007 à proximité des ouvrages de protection, et 0.87 comme maximum.

Nord-est (N45°), la direction des houles la plus importante à étudier, qui apparaisse surtout dans les tempêtes printanières, en remarque dans cette carte un érosion marqué au niveau des plages Surcouf, Deca Plage ce phénomène

créer par les houles qu'abordent la majorité de la côte étudiée perpendiculairement, ce qui engendre des courants de retour dans le sans opposé, par contre au niveau de la partie est de la plage Elkadous, ces houles abordent d'une obliquité de 25°, ce qui explique l'érosion modéré au niveau de cette zone.

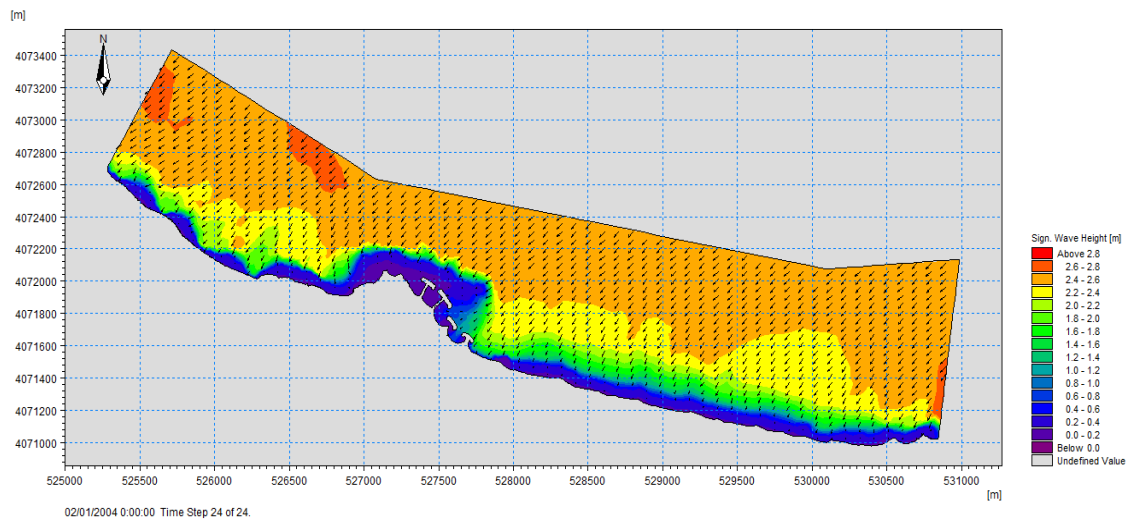


Figure IV-6 Représentation de la propagation des houles du secteur N45° ($H_s=2.56$ $T_p=8$).

Présentation de la propagation des houles du secteur N315:

Les houles de secteur nord 315 d'une hauteur significative au large $H_s=1.73$ m qui arrivent en oblique à la côte avec une obliquité de 10 à 25° et des hauteurs significatives comprise entre 0.0 et 2.8 avec un coefficient de réfraction variant de 0.3 à 0.95, les houles significatives varient entre 2.8 m et 0.0 m du large vers la côte.

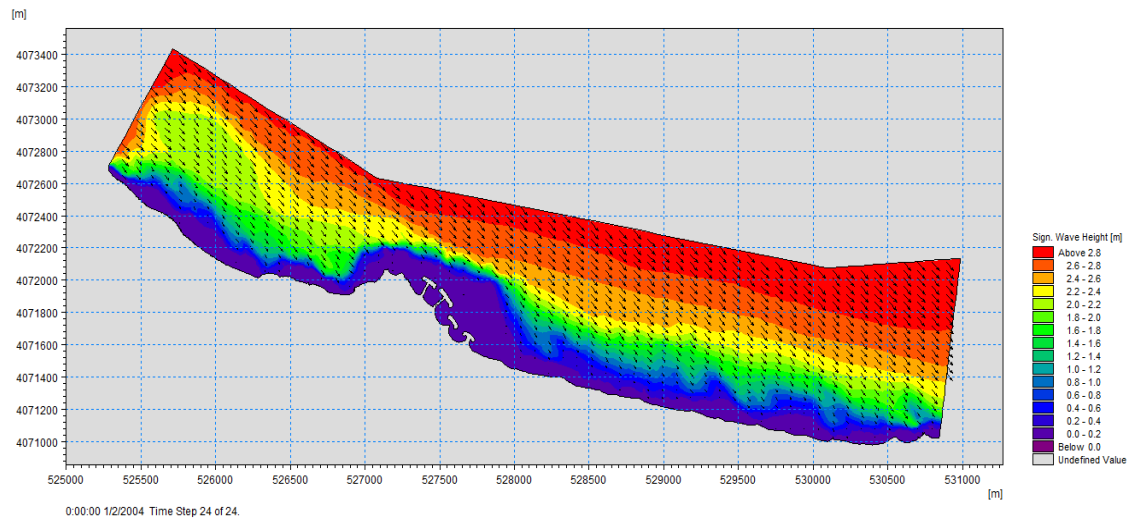


Figure IV-7 Représentation de la propagation es houles du secteur N315 ($H_s0=3$ $T_p=6.2$).

Présentation de la propagation des houles du secteur N360° :

Les houles de secteur Nord 360 d'une hauteur significative au large $H_s= 1.73$ arrivent en oblique à la côte avec un coefficient de réfraction à une valeur maximale de l'ordre 0.82, les houles significatives varient entre 1.65 m et- 0.45m du large vers la côte.

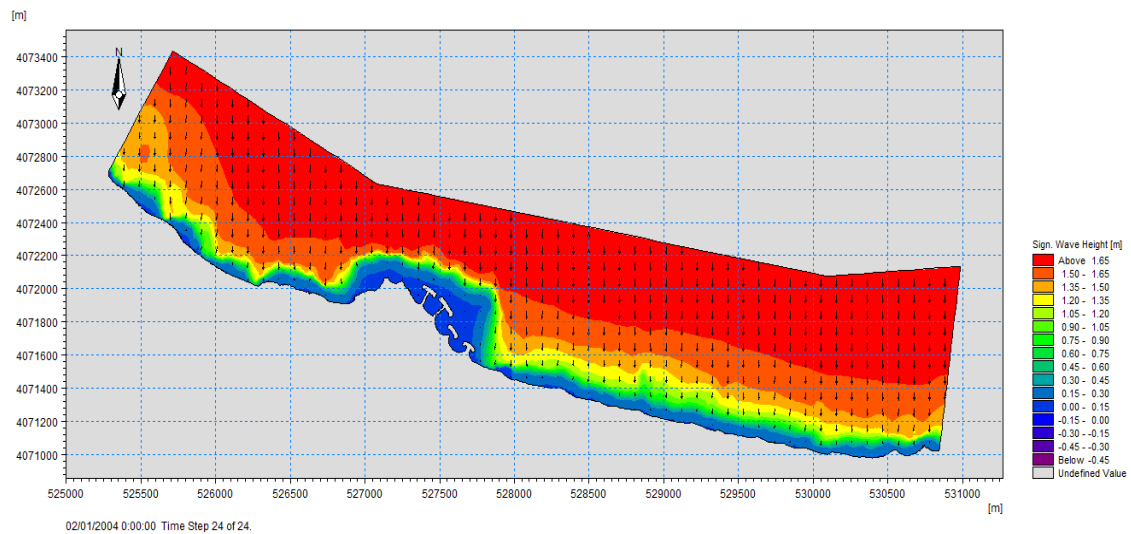


Figure IV-8 Représentation de la propagation des houles du secteur N360° ($H_s0=1.73$ $T_p=6.2$)

2 - 2 - 2 - Simulation des champs de courants générés par la houle et les vents par le module HD:

MIKE 21 HD constitue le cœur de la suite logicielle MIKE21 en fournissant les paramètres hydrodynamiques nécessaires aux autres modules. C'est un modèle bidimensionnel pour les calculs hydrodynamiques à surface libre qui permet de simuler les variations du niveau d'eau et des écoulements, moyennés sur la colonne d'eau, en fonction des paramètres de forçage des zones côtières et du large. Le modèle hydrodynamique de MIKE21 est utilisé pour simuler de nombreux phénomènes hydrauliques dont la marée, les courants induits par le vent et la houle ainsi que les surcôtes.

Configuration du module HD:

- Le niveau de la mer est considéré non variable.
- Les flux tout au long des limites ouverts sont considérés perpendiculaires par rapport aux limites. Par conséquent la surface initiale est considérée nulle aussi.
- La viscosité et la résistance sont considérées comme valeurs par défaut (**0.28 et 32 m^{1/3}/s** respectivement).
- Les vents ne sont pas pris en considération.
- La valeur de la surcôte est prise comme une constante égale à **0.34m**.

Interprétation

Présentation de champ de courant induit par les houles de secteur N45°:

Les vitesses de courants dans notre zone d'étude sont faibles et ne dépassent pas les **0.5m/s**.

L'étude des champs de courants induit par les houles de secteur nord-est (N45°), sous le modèle numérique **Mike 21-HD** montre que notre zone d'étude est exposée aux courants longshore est-ouest générés par les houles en provenance de Nord-est.

On remarque formation des courants longshore de secteur Ouest au niveau des plages Est (Decca plage-Réghaia) induit par les houles de fortes amplitudes au niveau des épis (ouest de la plage de Surcouf), la formation des courants longshore crée des vortex (tourbillons)

Un autre vortex est formé dans les plages Ouest, le premier vortex, forme un courant qui descend vers la côte et remonte vers le large. Tandis que le second, qui descend vers la côte et prend ensuite une direction est-ouest pour ensuite se dévier vers le large au niveau des points et continuer la même direction le long de la côte étudiée.

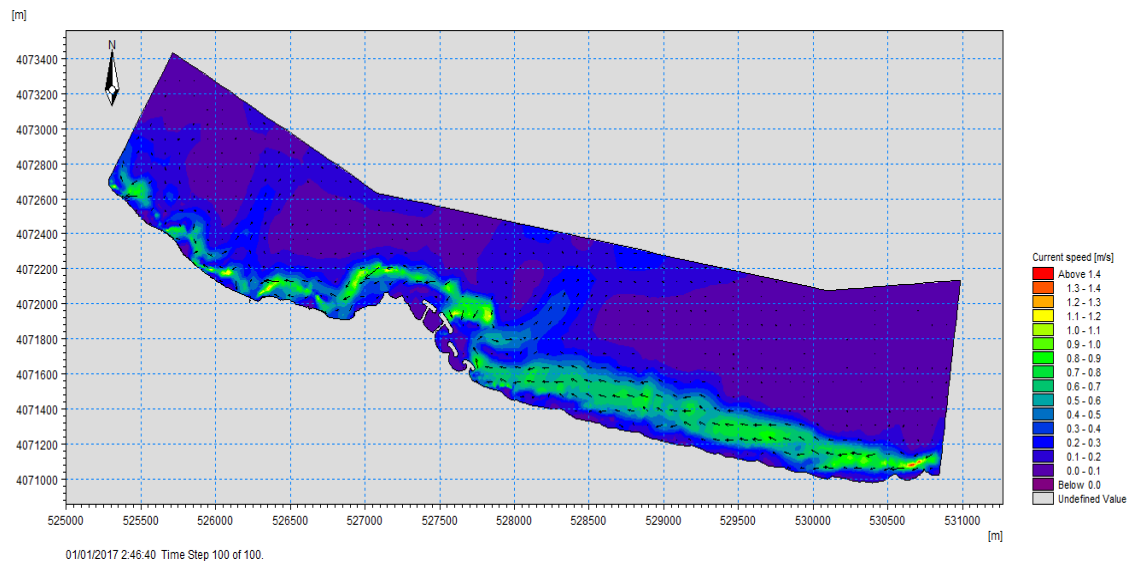


Figure IV-9 Représentation de champ de courant induit par les houles de secteur N45°

Conclusion :

La modélisation numérique de la bathymétrie nous a renseignés sur le fond de nos zones D'études qui se caractérise généralement par une morphologie plus ou moins régulière parallèle à la côte.

L'étude de la propagation des houles du large vers la côte de provenance multiple (N45°, N315°, N360°) nous a permis de mettre en évidence les paramètres responsables de la Génération de courants littoraux qui peuvent charrient des taux importants de sables.

L'analyse des directions de courants simulés nous laissent déduire que la zone d'étude est sujette à un régime de courants prend une forme en vortex génère par le ouvrages de protection au niveau de secteur Surcouf.

Le model numérique Mike 21 donne un espace hydrodynamique bien étudié et donc permet de détermine la transformation des houles que pouvant engendre un dérive littorale.

CHAPITRE V : ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ CÔTIÈRE

CHAPITRE V - Évaluation de la vulnérabilité

Introduction :

La bande côtière constitue un territoire très spécifique en matière de risques (**Paskof, 2001; Meur-Férec, 2002 ; Meur-Férec et Morel, 2004, Robin 2002**). Alors que la dynamique actuelle lui confère une mobilité intrinsèque, l'évolution des installations humaines obéissent à une logique inverse avec la fixation du trait de côte. Cette dynamique convergente est à l'origine des risques côtiers.

La variabilité des phénomènes naturels auxquels est soumise la côte de Ain Taya la diversité et le nombre des activités humaines qui s'y développent (pêche, commerce, tourisme), lui confèrent une vulnérabilité d'un niveau et d'une nature spécifiques.

Au sens général, la vulnérabilité est la probabilité de voir la zone côtière se dégrader face à l'élévation du niveau de la mer, quel que soit ses caractéristiques physiques ou socio-économiques. Après avoir identifié les risques encourus en cas d'élévation du niveau de la mer, nous allons, dans ce chapitre, analyser la vulnérabilité physique et socio-économique de cette zone côtière à une hausse prévue du niveau des eaux marines en utilisant des indices de vulnérabilité.

Durant ces dernières années, grâce à l'utilisation des bases de données et des Systèmes d'Informations Géographique (SIG) dans les études scientifiques côtières, il y a eu une augmentation substantielle dans le développement d'indices de vulnérabilité pour les littoraux (**Gornitz et al. 1993 ; 1994 ; Leggett and Jones, 1996; Cambers, 1998, McLaughlin et al. 2002**). Ceci est dû au développement intense que connaissent les zones côtières et l'impact des changements climatiques.

D'après l'analyse des impacts physiques et socio-économiques réalisées sur le littoral, il apparaît que cette zone pourrait connaître des dégâts considérables sur le plan physique, écologique et socio- économique à l'occurrence d'une élévation du niveau de la mer. Cependant, tous les secteurs de ce littoral ne présenteront pas les mêmes risques. L'évaluation de la vulnérabilité aussi bien physique que socioéconomique semble être nécessaire. Cette approche permettrait de mieux cerner les zones à forte vulnérabilité à une hausse du niveau marin et aiderait à une meilleure mise en œuvre des directives de la gestion de ce littoral.

V - 1 - Méthodologie :

La vulnérabilité est le degré par lequel un système risque de subir ou d'être affecté négativement par les effets néfastes des changements climatiques, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur, et du rythme des changements climatiques auxquels un système est exposé, ainsi que de sa sensibilité, et de sa capacité d'adaptation (**IPCC, 2001**). L'analyse de la vulnérabilité est une approche prospective pour un territoire à risque qui semble être désormais indispensable. Elle permet des réflexions anticipées quant à la réaction du littoral aux modifications probables suite à une remontée du niveau marin. Puisque même les plus prudents parmi les modèles du climat prévoient que les changements climatiques auront des répercussions importantes au cours du prochain siècle, parmi lesquelles figurent une augmentation du taux et de l'ampleur de l'érosion ainsi qu'une avancée de la mer sur les terres. L'analyse des conséquences a montré que les dégâts seraient considérables sur les plans physiques et socioéconomiques.

L'utilisation du SIG /Arcgis 10.2.2 a permis la cartographie de la vulnérabilité physique et socioéconomique à fin de mieux évaluer les zones à risque.

Avant tout calcul est analyse statistique, une présentation graphique des cellules de calcul est préalablement nécessaire, avec un choix optimal de dimensions de ces entités virtuelles, selon **hammar-Klose et Thieler (2001)**.

En suivant la méthode de **Hammar-Klose et Thieler (2001)** nous avons choisi des cellules de dimensions 200*200m (61 cellules) à fin de mieux illustrer la vulnérabilité de notre zone d'étude par rapport aux facteurs physique et socioéconomique(figureV-1).

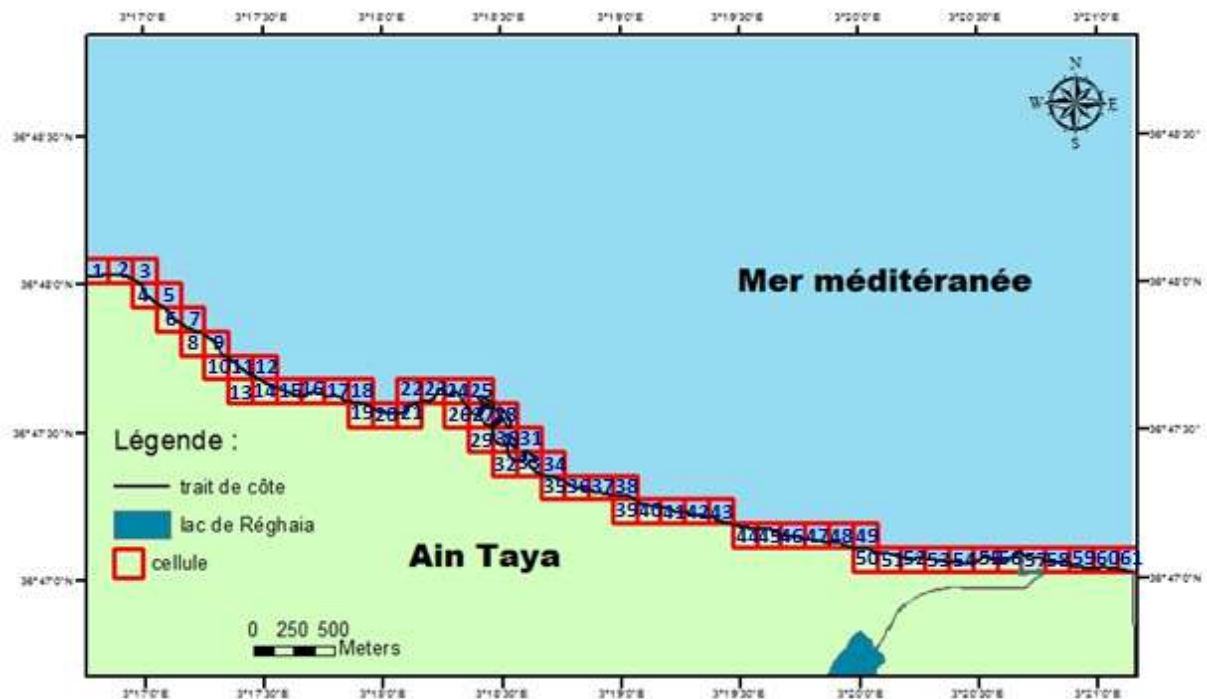


Figure V-1Présentation graphique des cellules de calcul de vulnérabilité

V - 2 - L'indice côtier de vulnérabilité physique (ICV) :

Dans ce contexte, la vulnérabilité signifie quelle mesure dans la zone côtière est susceptible de subir des perturbations d'ordre physique telles que l'inondation, l'érosion, la migration des plages et la déstabilisation des dunes littorales suite à une élévation du niveau de la mer.

Le long de tout le littoral d'Ain Taya, chaque segment côtier ou chaque rivage aura une responsabilité à répondre défavorablement à un risque, c'est le degré de vulnérabilité à une remontée future du niveau marin. Il est défini par l'indice côtier de vulnérabilité -ICV- (**Gornitz et al.1994**). Cet indice peut être employé pour identifier les secteurs à risque et ceux les plus exposés à une élévation du niveau de la mer. Six variables relatives aux risques, contenues dans une base de données (tableau V-1) peuvent être employées pour formuler cet indice :

- La géomorphologie.
- La pente.
- Le taux de recul du trait de côte.
- La vitesse de l'élévation relative du niveau de la mer.
- Les amplitudes moyennes de la marée et de la houle.

Tableau V-1 Les six variables physiques utilisées pour la détermination de l'index côtier de vulnérabilité (d'après Gornitz et al, 1994).

	Classe de l'indice côtier de vulnérabilité (ICV)				
	Très bas	Bas	Modéré	Elevé	Très élevé
Variabes	1	2	3	4	5
Géologie	Roche plutoniques, volcaniques et métamorphiques dures ou moyennes	Roche métamorphique e peu résistantes, grés conglomérâtes	Roches sédimentaires	Sédiments meubles grossiers et/ou mal classés	Sédiment meubles fins, cendres volcaniques
Géomorphologie	falaise et Côte rocheuse	Falaise moyenne et baie	Falaise basse Dépôt glaciaire Plaine alluviale	Plage à galet Estuaire Lagune	Flèche, plage sableuse, marais, dépôt vaseux, delta, récifs à coraux et mangroves
Pente côtière (%)	> 0,115	0,115- 0,055	0,055- 0,035	0,035- 0,022	< 0,022
Remontée relative du niveau de la mer (mm/an)	< 1,8	1,8-2,5	2,5-3,0	3,0-3,4	>3,4
Recul / avancée du trait de côte (m/an)	> (+2,0) Accr	(+1,0)-(+2,0) étion	(-1,0)- (+1,0) Stable	(-1,1- -2,0) Ero	< (-2,0) sion
Amplitude moyenne de la marée	>6,0	4,1-6,0	2,0-4,0	1,0-1,9	<1,0
Amplitude moyenne de la houle (m)	<0,55	0,55-0,85	0,85-1,05	1,05-1,25	>1,25

2 - 1 - Géologie :

L'érosion des côtes dépend en grande partie de la géologie du site étudié car la résistance des roches ou des dépôts sédimentaires qui constituent le littoral détermine sa vulnérabilité vis-à-vis ce phénomène (Xharde R, 2007).

La géologie de cette zone ne diffère de celle de l'ensemble du sahel d'Alger que dans le détail, même les faciès sont pratiquement les mêmes à travers ce secteur.

Les plages sont occupées généralement par des formations sableuses actuelles et sont suivies localement par des dunes ou des cordons dunaires, souvent fixés par des végétations sont le plus vulnérables on suivant l'ordre de vulnérabilité et d'après le tableau N°, c'est plages forment de sédiments meubles grossiers avec un degré 4. Par contre les falaises dans les quelles sont observés des faciès variés allant des marne et des argiles a des grès plaisanciens. Sont moins vulnérable avec un degré de 2(figure V-2).

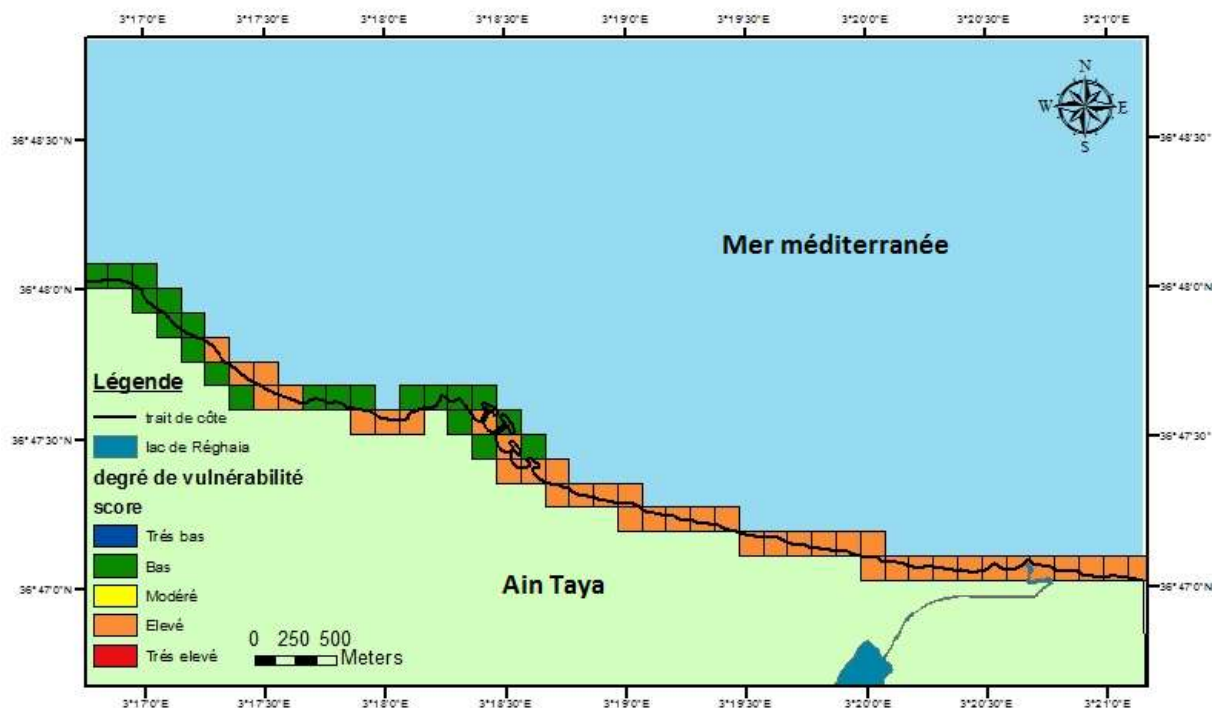


Figure V-2 Carte de vulnérabilité côtière selon la géologie

2 - 2 - La géomorphologie :

Il n'y a pas une grande variation géomorphologique sur le littoral étudié puisqu'il est formé généralement de deux zones la première c'est le secteur ouest il s'étend de la côte Heuraoua jusqu'à Surcouf, dont la topographie ne dépasse pas la hauteur de 15m en présence de falaises basses,

Ce secteur est de vulnérabilité moyen avec un degré de 3, celui-ci est moins vulnérable que le secteur est car il est caractérisé par des accumulations dunaires et de plages rectilignes ce qui rend ce secteur fortement vulnérable avec un degré de 5(figureV-4).

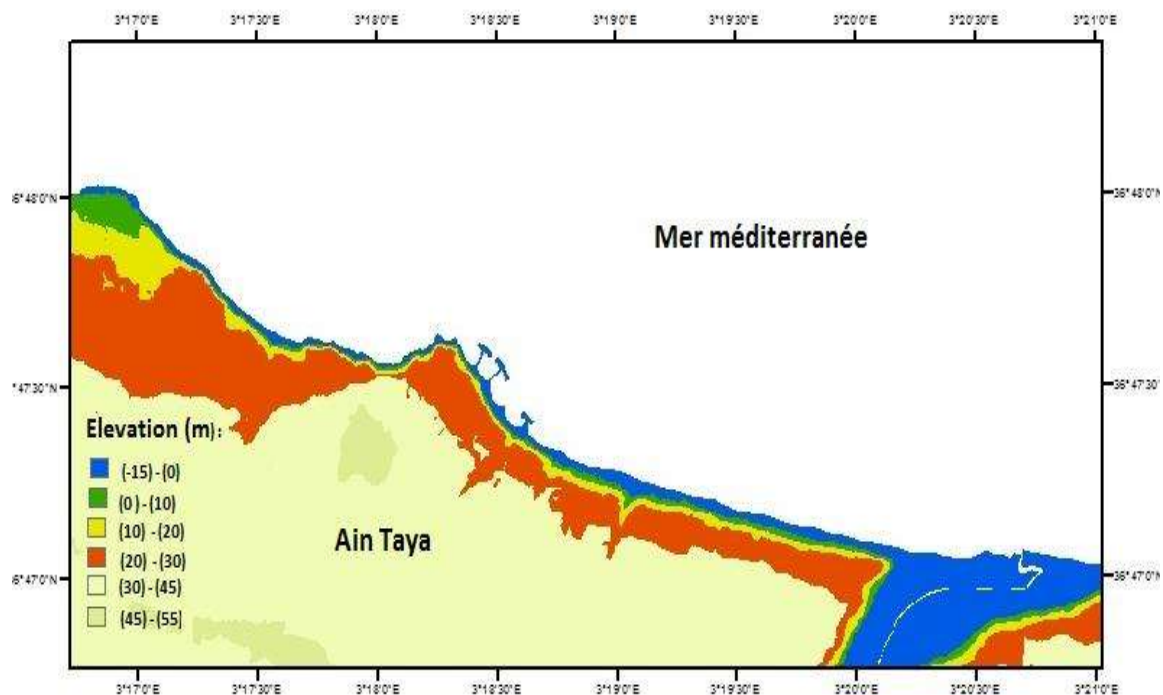


Figure V-3 Carte topographique de la zone d'étude élaborée par un MNT.

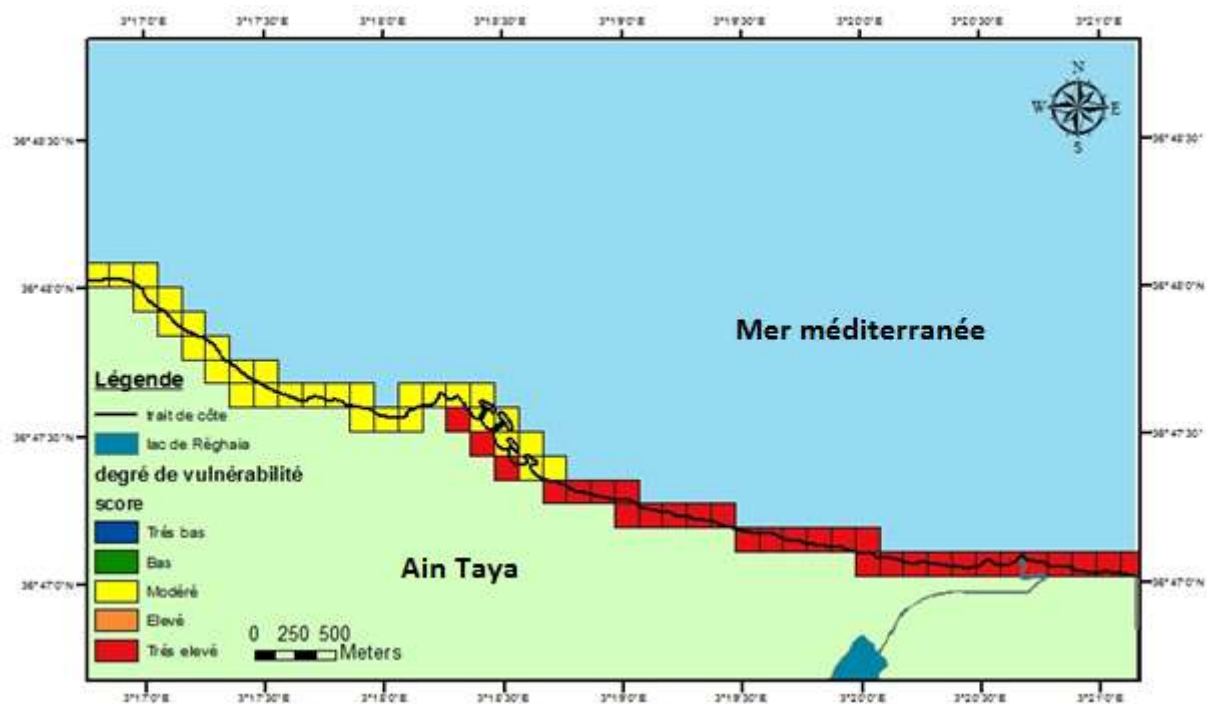


Figure V-4 Carte de vulnérabilité côtière selon la géomorphologie

2 - 3 - La pente côtière :

Elle permet une évaluation non seulement du risque relatif à la rapidité potentielle du recul du trait de côte mais également du risque d'inondation, car les régions côtières à pente faible

devraient régresser plus rapidement que les zones à déclivité plus raide (Pilkey et Davis, 1987). Pour ce qui est de la côte Ain Taya.

À l'aide de Google Earth pro on put obtenir l'élévation et la pente dans chaque cellule Le Modèle Numérique de Terrain (MNT) du logiciel Google Earth, est basé sur les données issues de la mission SRTM réalisée par la NASA. La résolution actuelle de ces données est de 90 mètres. (Il se peut que cette résolution soit améliorée par la suite, grâce à la mission ASTER).

La version Google Earth v.6.0 et suivantes permet la création d'un profil topographique et/ou bathymétrique directement pour cela on a procédé comme suit :

Créer un trajet dans la région de Ain Taya, puis l'enregistrer. Accéder alors aux propriétés du trajet (clic droit / Propriétés) et choisir, dans l'onglet "Altitudes" l'option "Par rapport aux fonds marins" et dans l'onglet "Mesures" l'unité "kilomètres". Cliquer sur "OK". Effectuer de nouveau un clic droit sur votre trajet, puis choisir "Afficher le profil d'élévation". Ce dernier apparait en bas de l'écran (figure V-5).

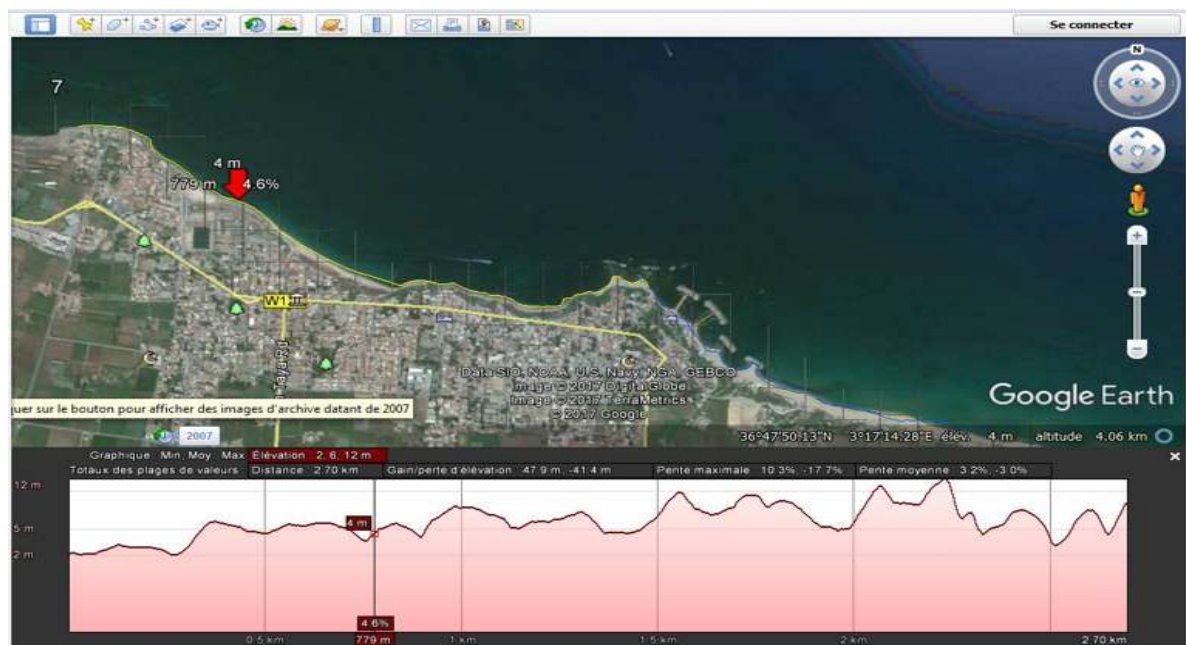


Figure V-5 Illustration du profil d'élévation et de la pente à partir Google Earth pro

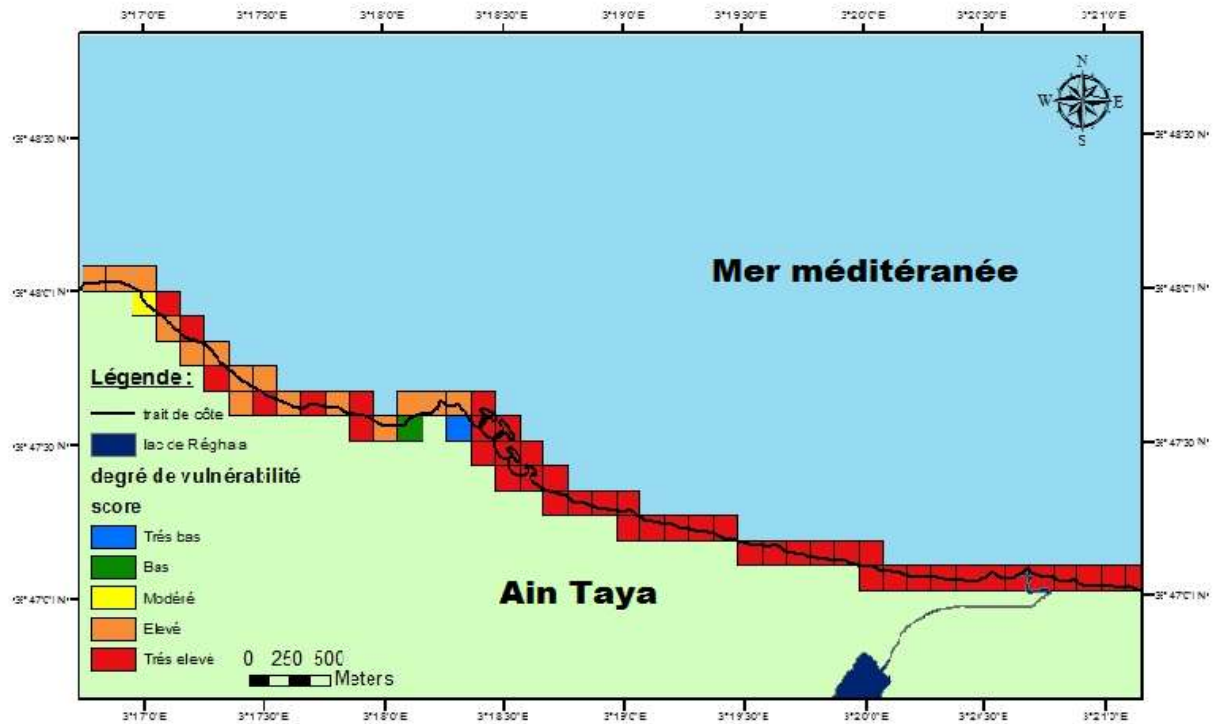


Figure V-6 Carte de vulnérabilité côtière selon la variable pente

2 - 4 - Le recul du trait de côte :

Ce paramètre est un des plus utilisés pour les prédictions de risque à moyen terme. Tout comme la géomorphologie côtière, il résulte à la fois de l'influence de la géologie, du vent des vagues, des marées (xharde R, 2007) cette variation constitue donc un autre bon indicateur de la résistance des cotés à l'érosion et de leurs évolutions a plus ou moins long terme. Les côtes en accrétion sont relativement moins vulnérables par rapport aux côtes en érosion.

La vulnérabilité physique selon le recul de trait côte a été faite à partie des résultats obtenus par le calcul DSAS dans le chapitre précédant (figure III-16).

A partir de la figure N°, que le degré de vulnérabilité selon cette indice est élevé sur le rivage de notre zone précisément dans les plages sableuses, ainsi une vulnérabilité modéré répartis sur la zone au niveau de Surcouf, Zerzouria (ouvrage de protection), Plage Réghaia. Aussi on observant une vulnérabilité faible dans quelque site de notre zone(figure V-7).

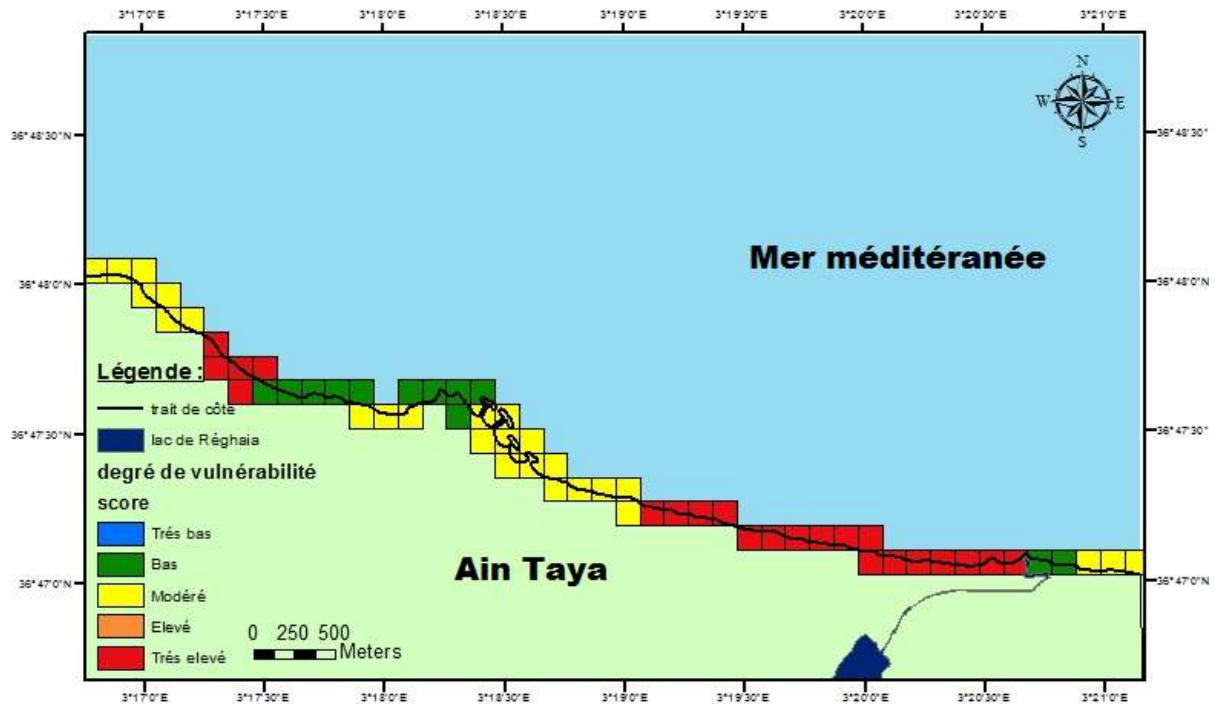


Figure V-7 Carte de vulnérabilité côtière selon la variable trait de côte

2 - 5 - Le taux de la remontée du niveau marin:

Comme le littoral algérien y compris celui de la zone côtier Ain Taya est soumis à la même vitesse d'élévation du niveau du bassin occidental de la méditerranée qui est de l'ordre de 1.7 mm/an, la vulnérabilité par rapport à cette variable est très faible (figure V-8).

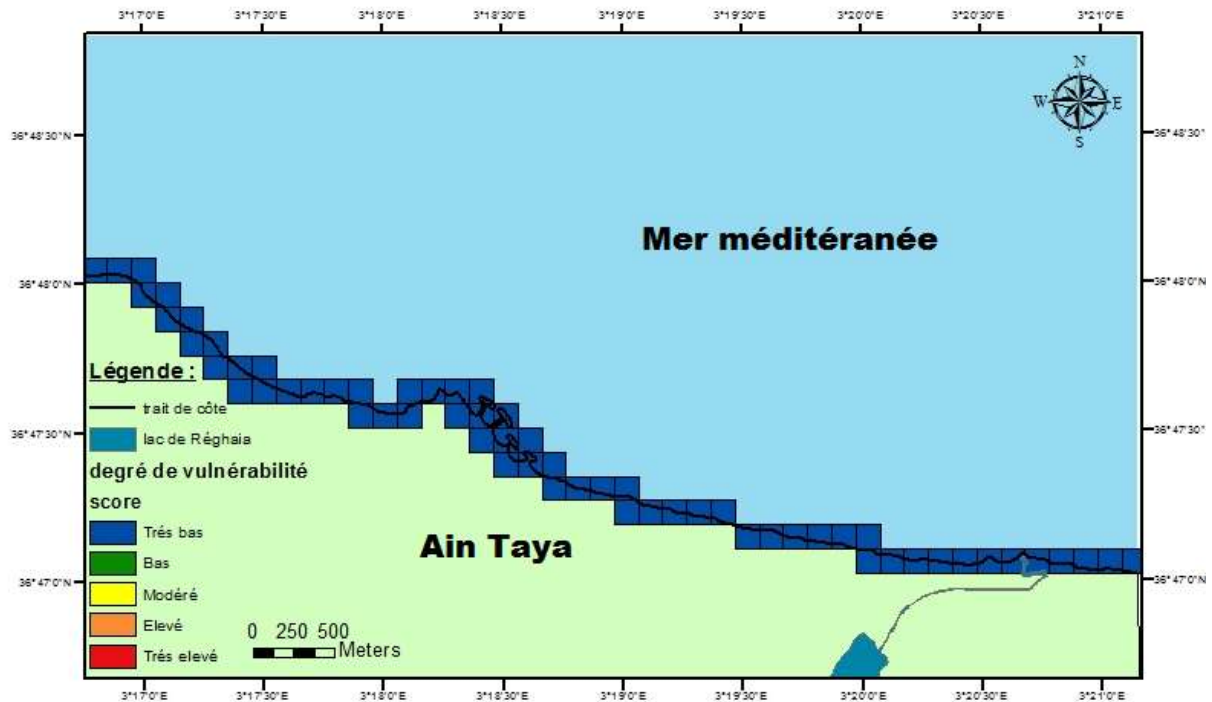


Figure V-8 Carte de vulnérabilité côtière selon la variable remontée du niveau marin

2 - 6 - L'amplitude de la marée:

La marée est de type microtidal, elle rend ce littoral à risque très élevé selon la base de données de Gornitz et al. (1994).

Le marnage sur la côte algérienne est très faible. Elle est de l'ordre de 35cm, et de type microtidale. La marée de type microtidale rend la côte de Ain Taya très vulnérable avec un degré de vulnérabilité d'ordre 5 .selon le tableau de Gornitz (figure V-10).

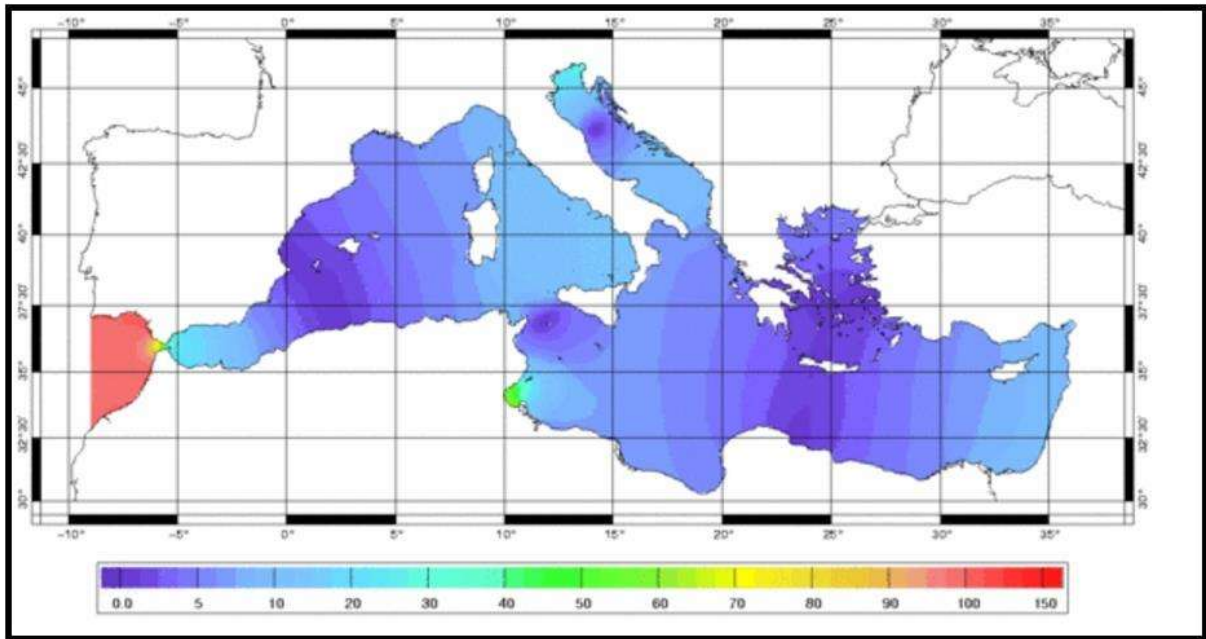


Figure V-9 Amplitude de la marée lunaire principale sur le méditerranée prédites par le modèle CEFMO (crédits lego)

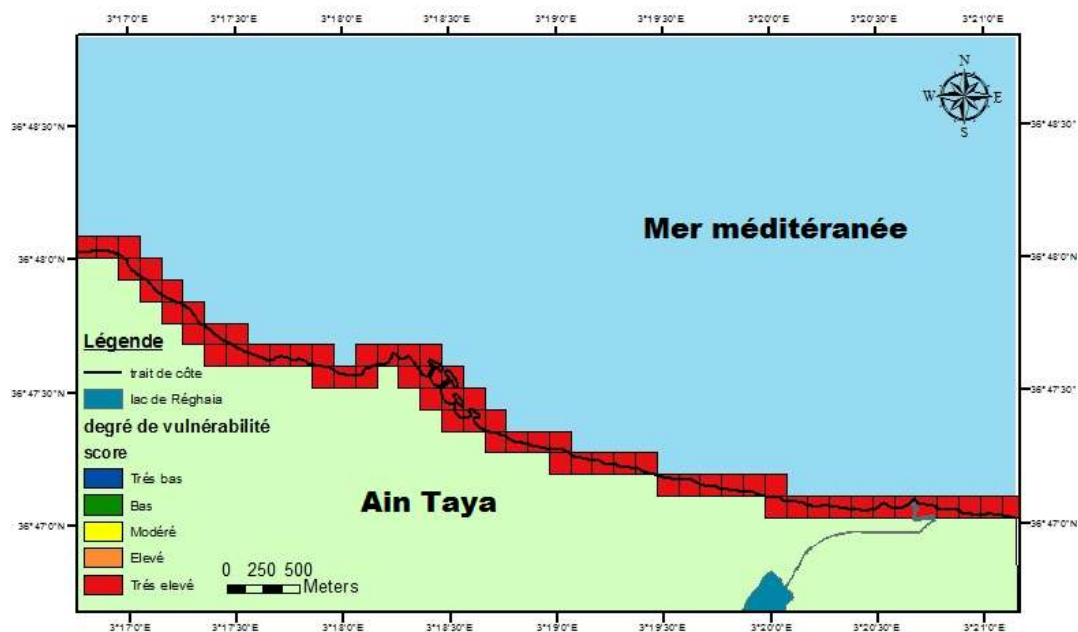


Figure V-10 Carte de vulnérabilité côtière selon le variable marnage

2 - 7 - L'amplitude de la houle :

Les segments du littoral avec des valeurs d'indice élevées auront des reliefs bas, un substrat facilement érodable, un recul du trait de côte important, et seront exposés à des énergies élevées de vagues (Gornitz et al. 1994). Cependant, quand plusieurs facteurs de risque, n'ont pas de données, alors n'importe quel indice calculé sous estimera le risque de la zone en question.

Chaque variable est dotée d'une valeur relative de risque basée sur l'importance potentielle de sa contribution aux changements physiques sur la côte pendant que le niveau de la mer monte. Ces six variables ont été sélectionnées en raison de leur utilisation dans la mesure des risques pour le littoral. Elles sont classées selon une échelle linéaire de 1 à 5, et suivant un ordre de vulnérabilité croissant dû à la montée du niveau de la mer : la valeur 1 correspondrait à un risque très faible, et 5 au plus élevé (Gornitz et al, 1994) (figure V-12).

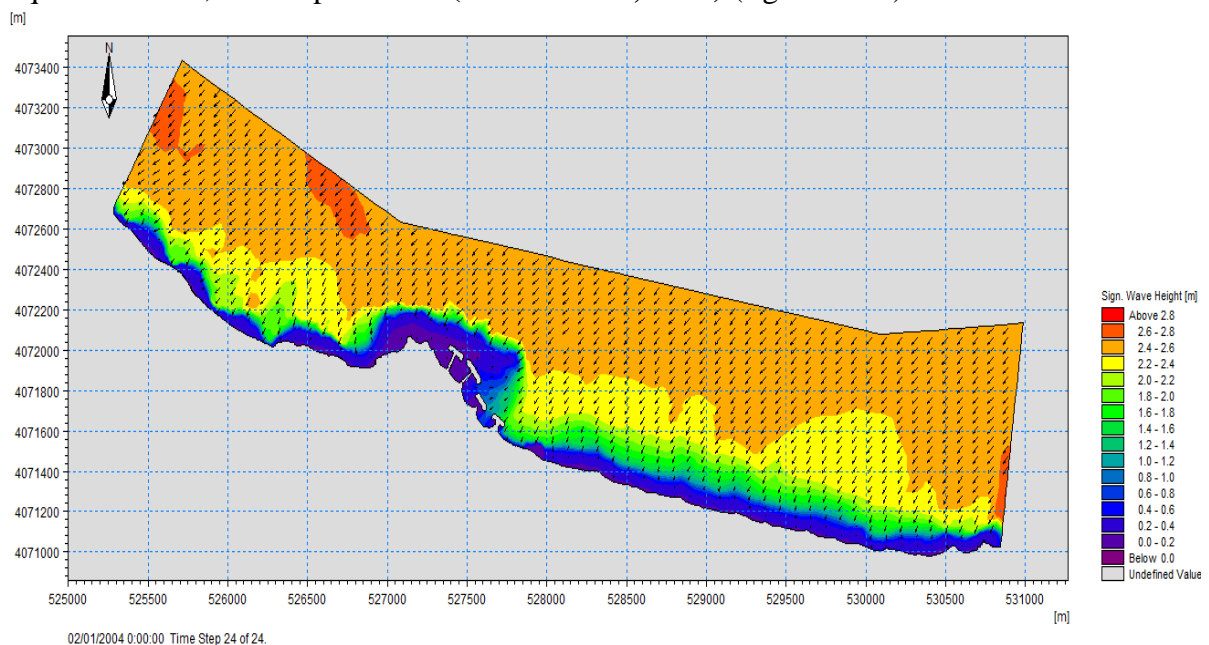


Figure V-11 Représentation de la propagation des houles du secteur N45° (Hs0=2.56 Tp=8)

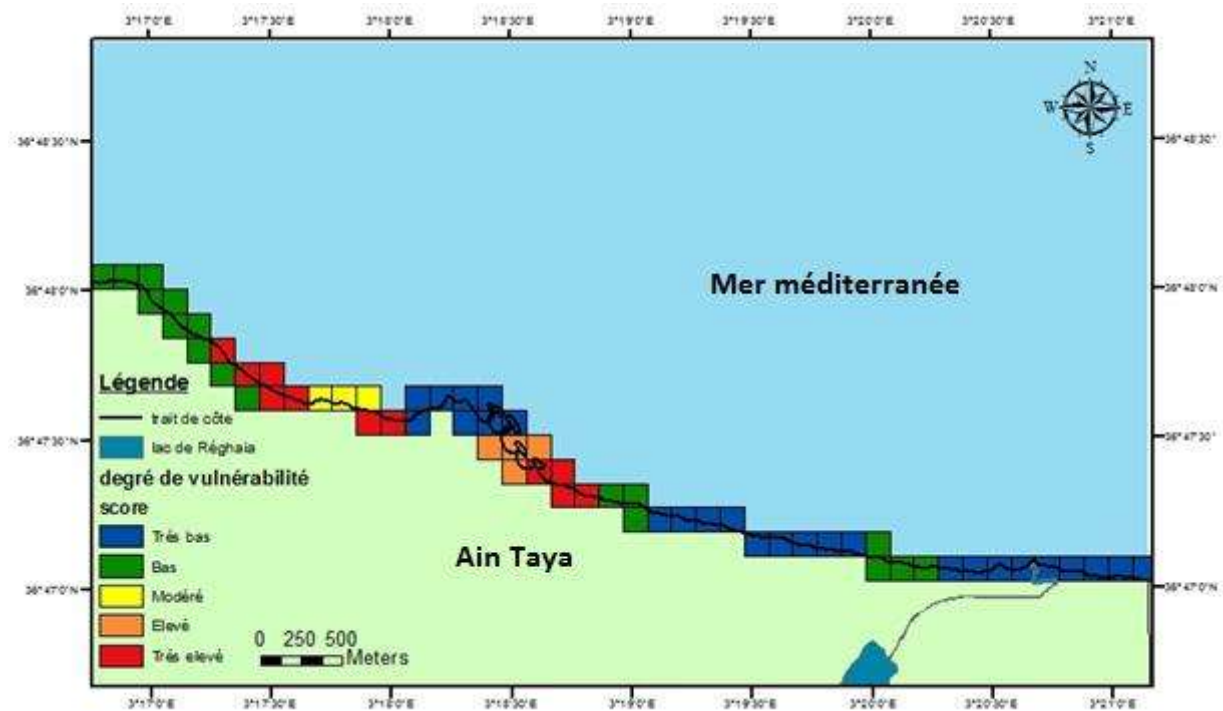


Figure V-12 Carte de vulnérabilité côtière selon l'amplitude de la houle

2 - 8 - La Calcul de l'indice de vulnérabilité côtière physique :

Une fois que chaque section de littoral est assignée d'une valeur de risque basée sur chaque variable spécifique de données, l'indice côtier de vulnérabilité est calculé d'après la formule de Gornitz et al. (1994). C'est la racine carrée du produit des différentes variables divisée par le nombre de variables utilisées :

$$ICV = \sqrt{a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e \cdot f \cdot g / 7}$$

a : géologie.

b : géomorphologie.

c : pente côtière.

d : taux relatif d'élévation de niveau de la mer.

e : taux du recul du trait de côte.

f : gamme moyenne de marée.

g : amplitude moyenne de la houle.

La combinaison de toutes ces variables a permis de déterminer l'indice côtier de vulnérabilité selon la formule de Gornitz et al. (1994). Il révèle alors une vue d'ensemble sur les régions où il serait possible que les changements physiques relatifs à une érosion côtière et aux inondations se produisent suite à la future montée du niveau de la mer.

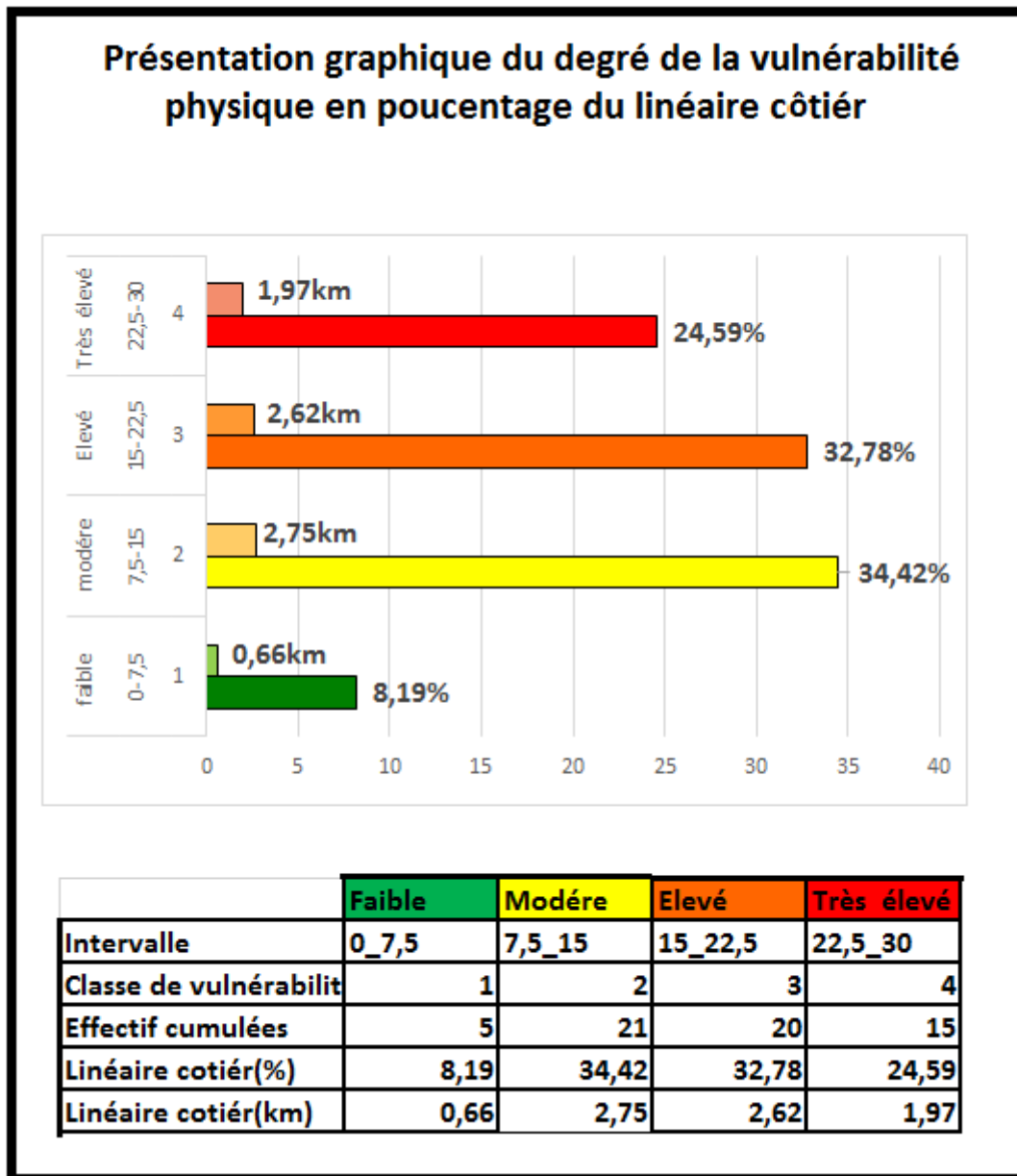


Figure V-13 Présentation graphique du degré de la vulnérabilité physique en pourcentage du linéaire côtier

Les valeurs d'indice de vulnérabilité physique au niveau de la côte Ain Taya, varient entre 7.5 et 30 avec une moyenne de 16.99 et une valeur médiane de 18.89.

Les CVI calculés sont classés dans un intervalle égaux, afin de leur donner des niveaux de vulnérabilités, les résultats du traitement statistique sont présentés sous forme de tableaux, graphe et cartes afin d'illustrer les résultats obtenus des calculs d'indice de vulnérabilités physique de la zone Ain Taya.

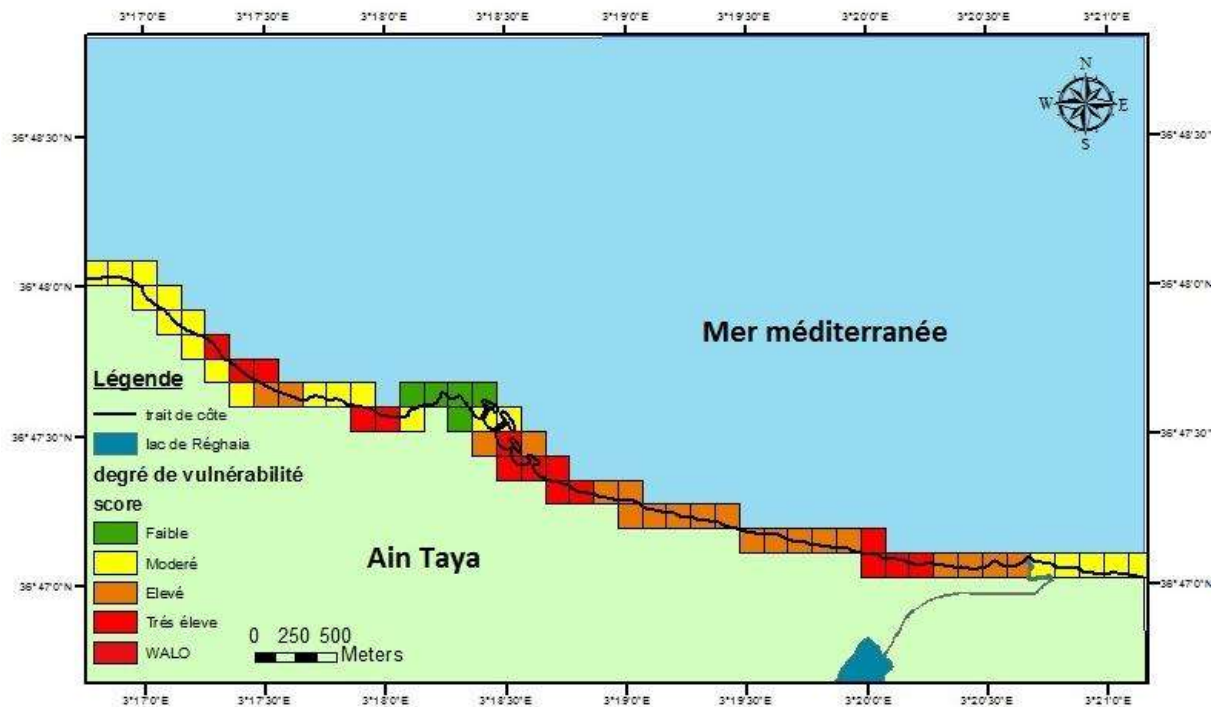


Figure V-14 Carte de synthèse représentant l'ICV de la zone de physique Ain Taya

2 - 9 - Évolution de la vulnérabilité physique du littoral de Ain Taya :

Du point de vue global, la zone d'étude avec une frange littorale de 8 Km selon indice de vulnérabilité physique, la présentation sur la figure au-dessus renseigne. Sur l'intensité et l'étendue de la vulnérabilité

Le tableau sur la figure montre que :

- 8.1% du linéaire côtier est classé comme à faible risque sur une distance de 0.66Km.
- 34.42% du linéaire côtier est classé modéré sur une distance de 2.75 Km
- 33% du linéaire côtier est classé à risque élevé sur une distance de 2.62Km.
- 24.59% du linéaire côtier est classé à risque très élevé sur une distance de 1.97Km.

V - 3 - L'indice de vulnérabilité socio-économique :

La vulnérabilité socio-économique est définie comme : "la sensibilité différentielle, dans un sens général, parmi des groupes sociaux et des lieux risquant de supporter des pertes dues aux risques" (Dow, 1993). Ainsi le développement d'indices côtiers de la vulnérabilité à l'élévation du niveau de la mer nécessite aussi l'utilisation de variables socio-économiques de la zone d'étude. Selon, Gornitz et al. (1993), ce sont surtout les valeurs sociales et économiques des ressources d'une zone à risque qui détermineront la nécessité pour qu'elle soit protégée. C'est donc le coût économique de la perte de maisons et infrastructures qui

influenceront fondamentalement la vulnérabilité d'une région. Par conséquent, le paramètre socio-économique est un élément essentiel dans tout indice de vulnérabilité.

Dans cette étude, la méthode de **McLaughlin et al (2002)** a été utilisée pour l'évaluation de la vulnérabilité socioéconomique du littoral de Ain Taya Ces auteurs utilisent plusieurs indicateurs potentiels des valeurs socio-économiques. Les variables choisies sont celles dont les données pourraient être obtenues facilement, et celles qui sont jugées pour être des composantes essentielles des régions côtières. Les six variables socio- économiques sélectionnées sont les suivantes :

- La population.
- Le patrimoine culturel.
- Les routes.
- Les voies ferrées.
- L'occupation du sol.
- Les désignations de conservation.

De ces six variables, les routes et les voies ferrées sont les éléments de l'environnement les plus simples à incorporer dans un indice. Ils occupent un espace défini, ont de largeurs définies et les coûts de protection, en les remplaçant ou les déplaçant sont relativement simples à évaluer. Par contre les quatre autres variables, suscitent quelques complications dans leurs utilisations.

Tableau V-2 Classe des caractéristiques socio-économiques utilisées pour le calcul de l'indice de vulnérabilité.

Variables	1	2	3	4	5
Communauté de population (Type d'habitat)	Sans habitat	Village	Petite ville	Grande ville	Centre urbain
Patrimoine culturel	Absent				Présent
Route	Absent				-Autoroute -Route à deux chaussées
Voie ferrée	Absent				Présent
Occupation du sol	-Roches dénudées - Végétation clairsemée - Marais, marécage et lande - Plan d'eau	-Zone côtière - Prairies	Forêt	Agriculture	-Urbain et industriel - Infrastructure
Désignation de conservation	Absent		Inter nationale		Nationale

3 - 1 - La Communauté de population :

La population est une variable qui n'est pas très commune dans les indices de vulnérabilité publiés. Certains auteurs (**Hughes and Brundrit, 1992**) considèrent qu'une zone avec une population élevée à une valeur économique importante d'où la nécessité de se concentrer sur la dynamique de la population et l'urbanisation croissante.

Les problèmes qui se posent dans l'utilisation de la population ou les données sur les habitats sont liés à la taille de l'unité utilisée (village, petite ville, agglomération urbaine) et à la densité de population qui peut varier avec le temps. Des erreurs potentielles peuvent alors se produire dans les calculs statistiques.

D'après **McLaughlin et al. (2002)**, la variable de la population caractérise les habitats et les agglomérations. Il a été classé sur une base de 1 à 5, avec l'hypothèse que le plus grand nombre de personnes qui serait affecté par l'érosion et/ou l'inondation le cas de la zone côtière Ain Taya, caractérisé par la fort population , le dernier Sandage en 2008 a données un chiffre de 34 501 qui est un nombre très élevé par rapport au 2 Sandage précédent (tableau V-3) , présente une vulnérabilité élevée. Cette hypothèse suscite des critiques, étant donné que certaines villes ou agglomérations littorales présentent des défenses côtières et que les effectifs de la population à risque et les habitats peuvent changer au cours des années(figure V-15).

1987	1998	2008
21 067	29 515	34 501

Tableau V-3Évolution démographique de la commun Ain Taya

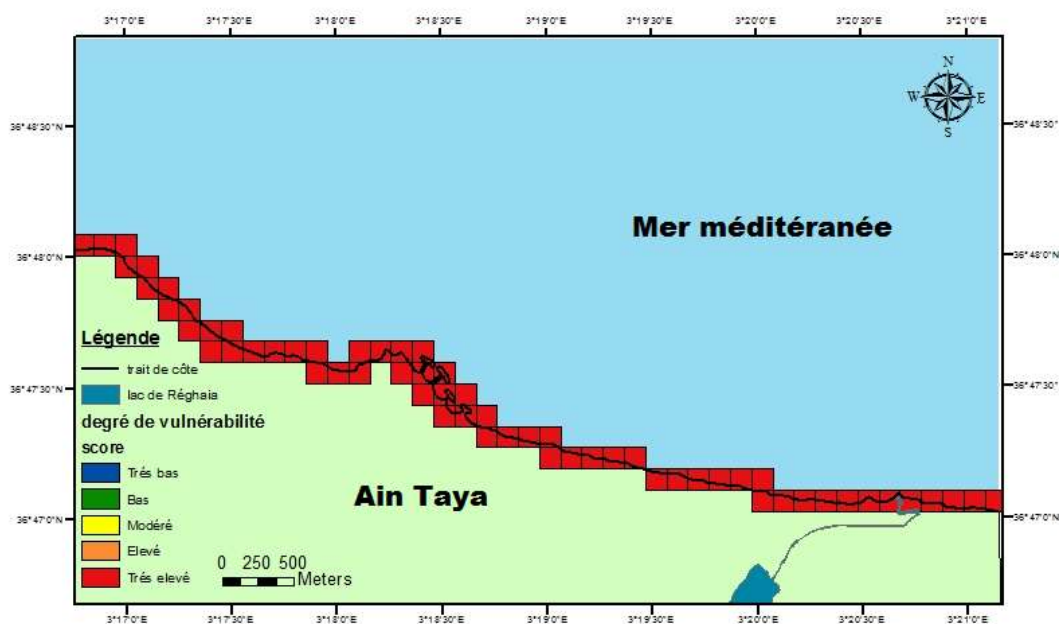


Figure V-15Carte de vulnérabilité côtière selon la variable population

3 - 2 - Le patrimoine culturel :

Cette variable inclut les monuments historiques et les sites archéologiques ; ces derniers ne sont pas importants en terme économique mais le sont considérablement en termes sociaux et culturels. Ils font partie des ressources culturelles et sont irremplaçables. Hopley (1992) a noté que bien que l'érosion côtière dans quelques régions soit inévitable en raison de la hausse du niveau de la mer, la protection est nécessaire pour certains sites "à cause de la valeur d'investissement, celle historique de l'héritage culturel, ou à cause du manque d'alternatives". Cela fait ressortir l'importance de la vulnérabilité du patrimoine culturel dans la zone côtière. Bien qu'un site puisse être mieux conservé qu'un autre, cela ne veut pas dire qu'il est plus important. Vu la difficulté de donner une valeur à une ressource de l'héritage culturel, les sites sont alors classés soit dans la plus haute catégorie (5), ou bien pour une région sans site archéologique (1).

LA zone d'étude ne présente aucun héritage culturel, dans ce fait la partie côtière de Ain Tata est considéré comme étant faiblement vulnérable avec un degré de 1 par rapport à cette variable (figure V-16).

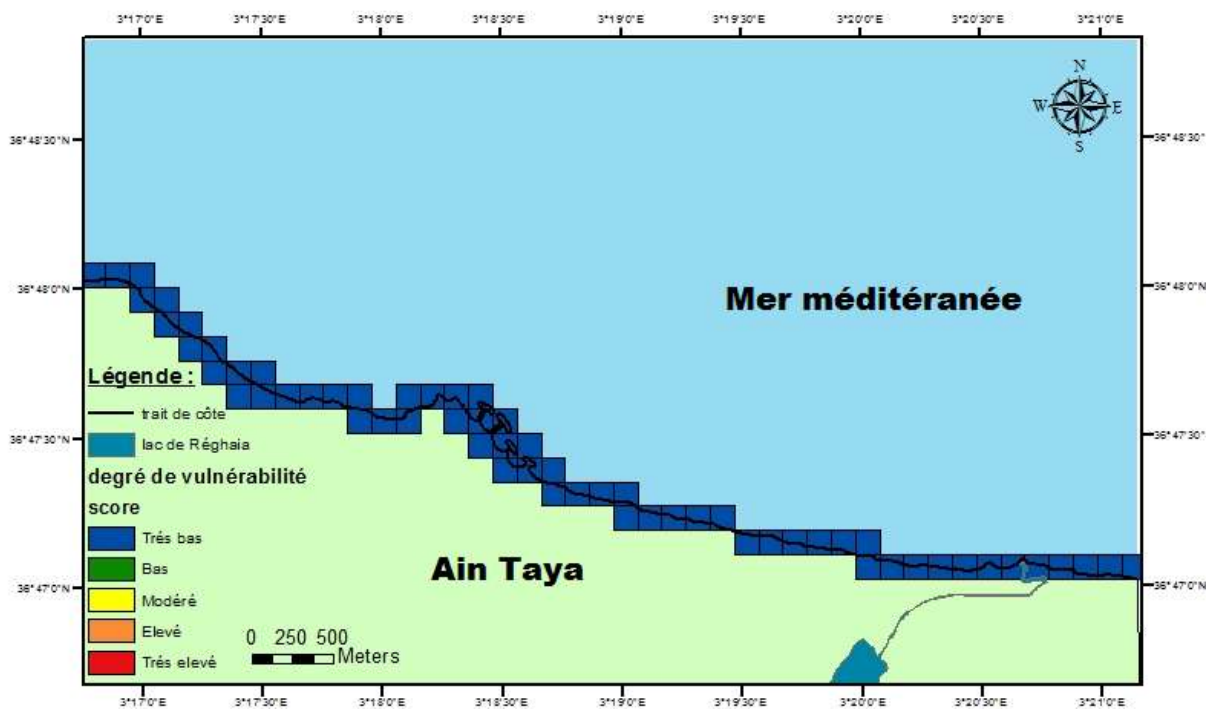


Figure V-16 Carte de vulnérabilité côtière selon la variable patrimoine culturel

3 - 3 - Les routes :

Le degré de vulnérabilité selon la route est divisé en premier degré dans le cas d'absence de route et cinquième degré dans le cas de présence de route selon le tableau V-2

Dans notre zone d'étude et d'après la carte représentative de la vulnérabilité selon la route on remarque que la limite ouest est plus vulnérable avec un degré de cinq par les routes que la partie Est avec un degré un (figure V-17).

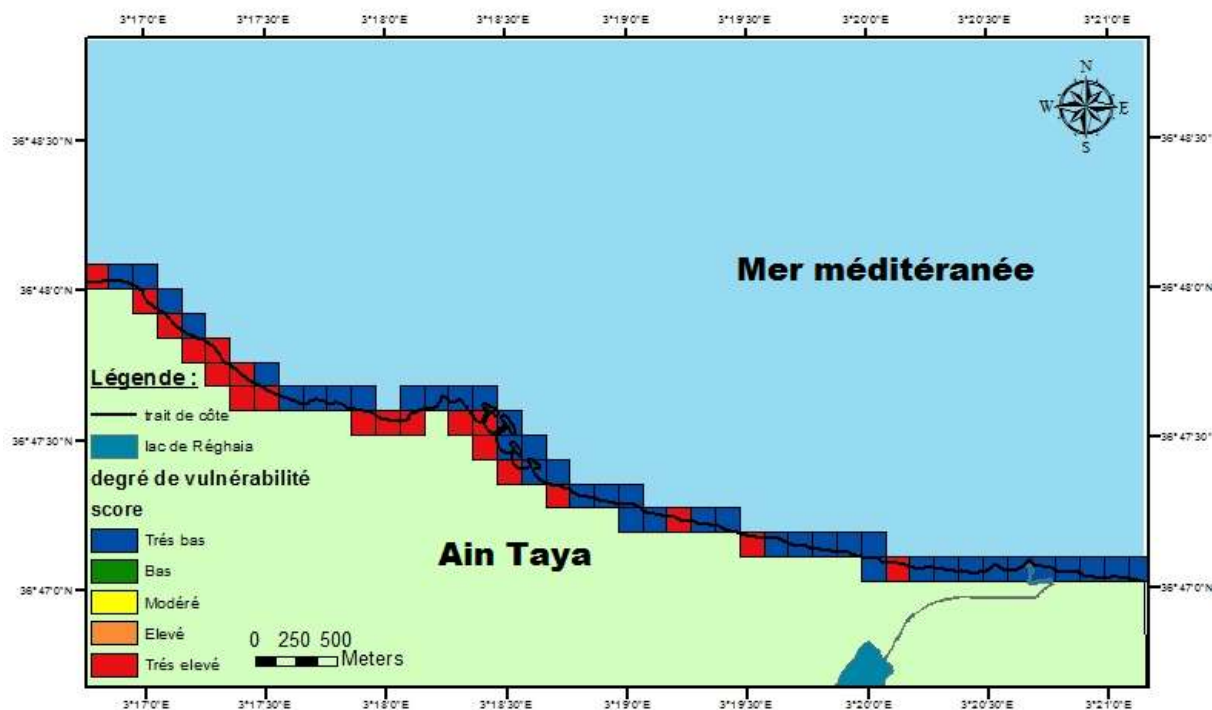


Figure V-17 Carte de vulnérabilité côtière selon la variable route

3 - 4 - Les voies ferrées :

Notre zone présente un degré de vulnérabilité très basse selon les voies ferrées (Figure V-18).

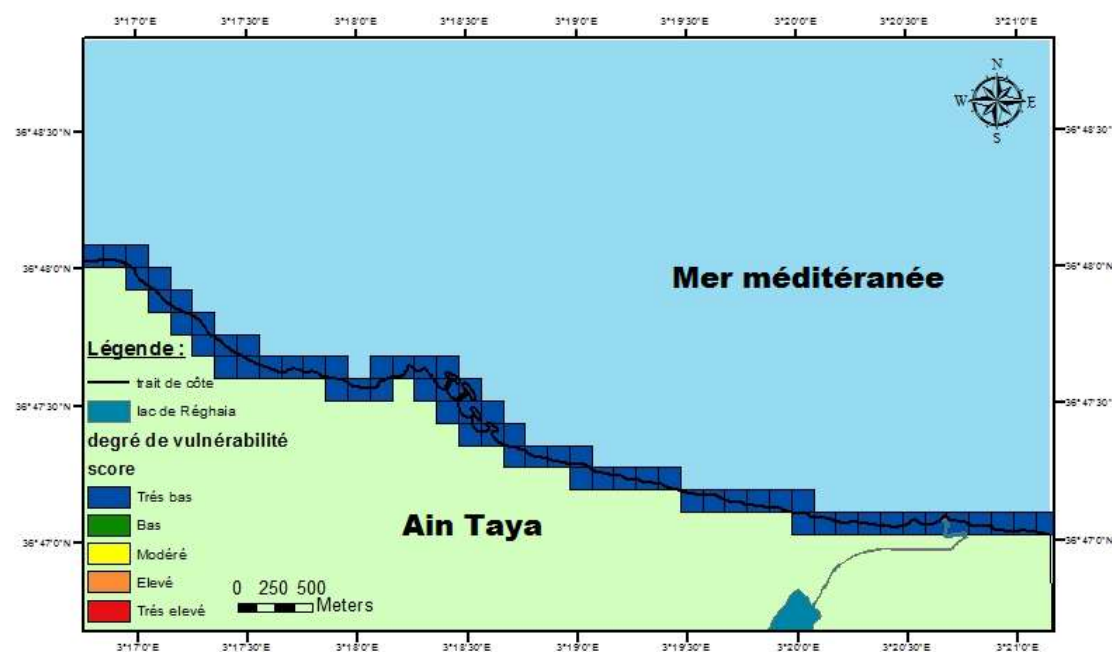


Figure V-18 Carte de vulnérabilité côtière selon la variable les voies ferrées

3 - 5 - L'occupation du sol :

La protection d'une région jugée vulnérable sera prise en considération seulement si la région est suffisamment « importante » en termes économique, culturel ou environnemental, pour justifier sa protection. Par conséquent le type d'occupation du sol est significatif dans la détermination de la vulnérabilité. La « valeur » de la terre peut être définie selon différents critères, soit en terme monétaire, ou bien en termes esthétiques ou encore en valeur de conservation foncière. Mais étant donné la difficulté d'acquérir ces données, **McLaughlin et al. (2002)** suggèrent que le classement économique soit basé sur une estimation subjective de l'utilisation des terres qui peuvent être plus ou moins précieuses (ou utiles) que d'autres. L'analyse globale a relevé que notre zone d'étude est fortement urbanisée sur la majorité du littoral de Ain Taya précisément sur la partie ouest de cette zone est qui présente presque 50% de ce littoral avec une vulnérabilité de cinquième degré, le reste de littoral est distribuer entre vulnérabilité basse à très basse(figure V-19).

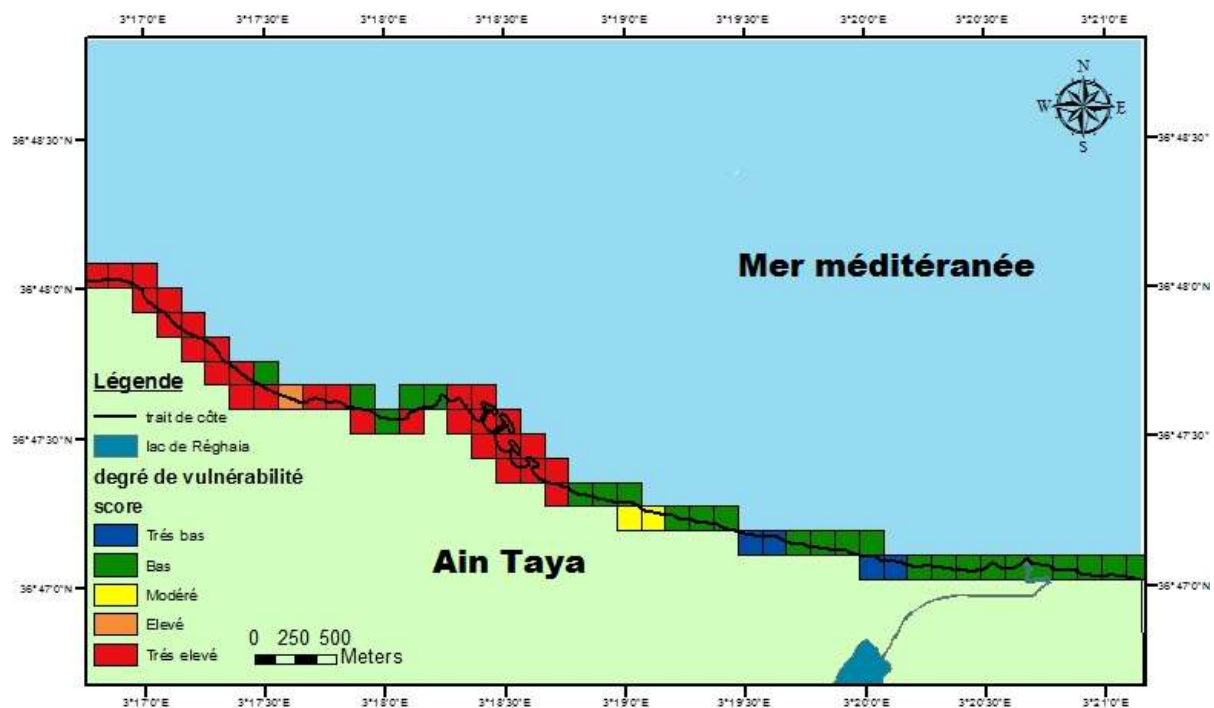


Figure V-19 Carte de vulnérabilité côtière selon la variable occupation du sol

3 - 6 - La désignation de conservation :

La désignation identifie une région d'importance internationale ou nationale, où les efforts de conservation et de développement durable sont déployés. Il s'agit des aires délimitées, protégées et gérées en fonction d'objectifs de conservation. La classification de ces aires désignées est représentée sur le tableau.

Sur notre zone d'étude, La réserve naturelle du lac de Réghaia, avec son écosystème et sa faune, sont grandement menacés par la pollution industrielle, provenant des zones d'activités

économiques et d'habitat de la zone est de la wilaya d'Alger, mais aussi par les rejets domestiques.

Pour lutter contre les effets de la pollution sur cette réserve humide, classée site protégée par la Convention de RAMSAR, en Iran, signée en 1975 par 171 pays. Classés «Site RAMSAR d'importance internationale» en juin 2003, la zone humide de Réghaia et son lac qui s'étend sur 75 hectares.

La présentation d'un site protégé au niveau international comme la zone humide de Réghaia, rend l'extrême est de la zone d'étude vulnérable au troisième degré (figure V-20).

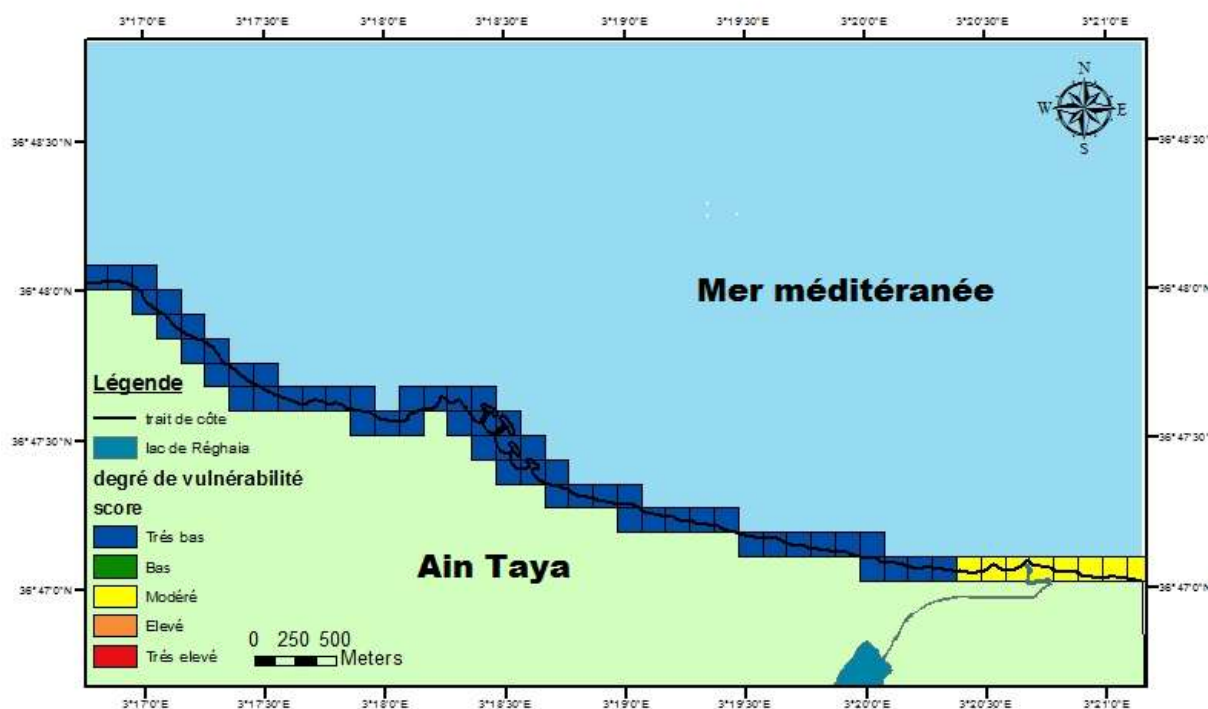


Figure V-20 Carte de vulnérabilité côtière selon la variable désignation de conservation

3 - 7 - Le Calcul de l'indice socio-économique :

Les variables totales et leurs classements sont donnés dans le tableau. Une fois que les six variables sont déterminés, les valeurs obtenues sont additionnées ensemble. Le score obtenu est ensuite divisé par 30 et finalement multiplié par 100. Le classement de l'indice de la vulnérabilité socioéconomique noté (IVéco) est minimal pour une valeur de 6 et maximal pour une valeur de 30.

3 - 8 - Évolution de la vulnérabilité socio-économique du littoral de Ain Taya :

L'indice de vulnérabilité socio-économique a été calculé pour l'ensemble du littoral de Ain Taya. Les résultats sont résumés sur La représentation graphique de l'Indice Côtier de Vulnérabilité socio- économique (IVC éco.) du littoral de Ain Taya(FigureV-21) révèle que la zone côtière de limite ouest jusqu'à la plage surcouf montrerait une vulnérabilité socio-

économique élevé à modéré suite à une élévation du niveau de la mer. Ainsi un degré de vulnérabilité faible à modéré sur la frange limitée du l'ouvrage de surcoul jusqu'au lac de Réghaia.

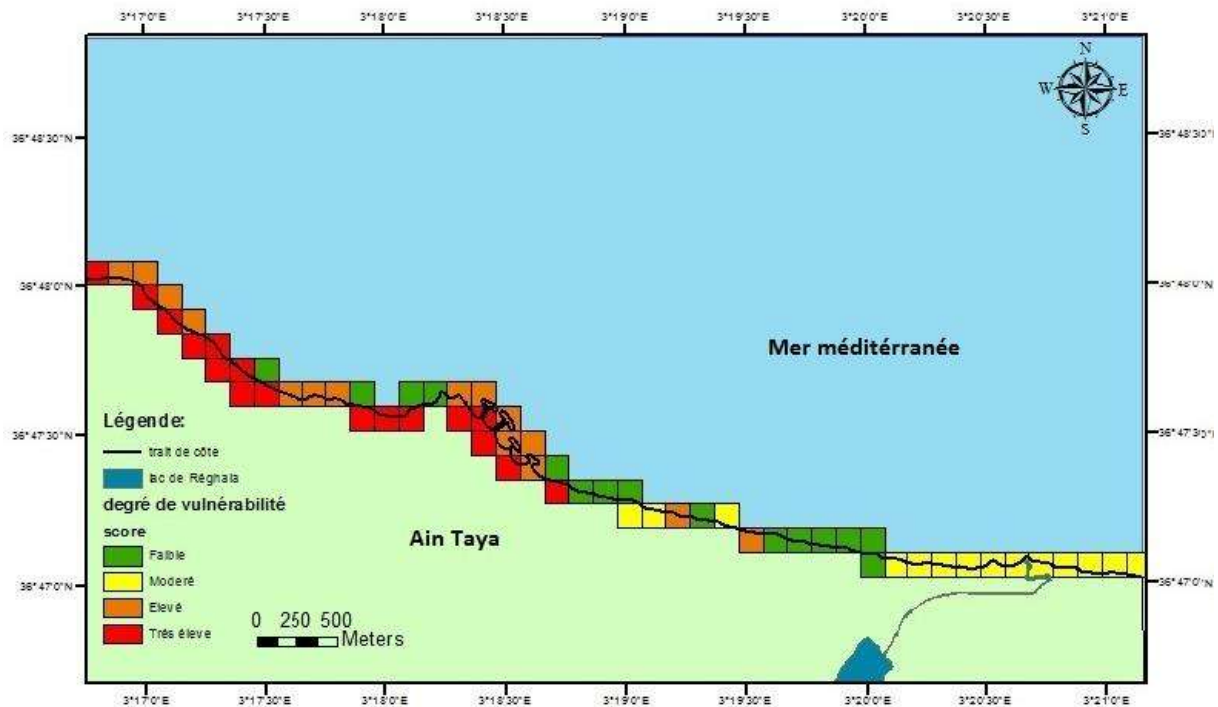


Figure V-21 Carte de synthèse représentant l'ICV socioéconomique de la zone de Ain Taya

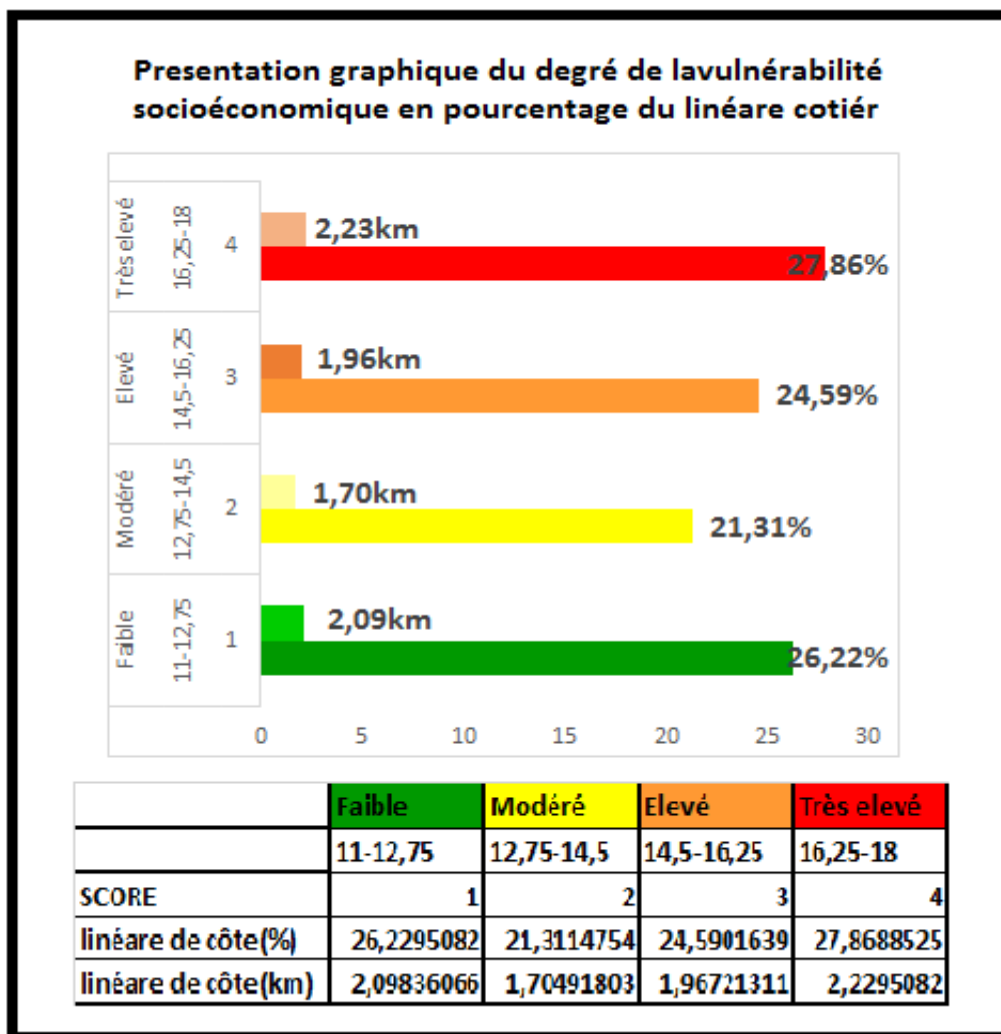


Figure V-22 Pourcentage du linéaire côtier de la zone Ain Taya pour chaque niveau de la vulnérabilité socio-économique

Du point de vue global, la zone d'étude avec une frange littorale de 8 Km selon indice de vulnérabilité socio-économique, la présentation sur la figure renseigne. Sur l'intensité et l'étendue de la vulnérabilité

Le tableau sur la figure montre que :

- 26.22% du linéaire côtier est classé comme à faible risque sur une distance de 2.09 Km.
- 21.22% du linéaire côtier est classé à risque modéré sur une distance de 1.74Km ce qui représente plus que la moitié de la ligne de rivage de notre zone d'étude.
- 24.59% du linéaire côtier est classé à risque élevé sur une distance de 1.96Km.
- 27.87% du linéaire côtier est classé très élevé sur une distance de 2.32Km.

V - 4 - Évolution de la vulnérabilité physique et socio-économique du littoral de Ain Taya :

La zone d'étude est soumise à des facteurs de forçage naturel et des caractéristiques qui la rendent moyennement vulnérable, avec des fluctuations d'intensité locales, à noter que la zone n'est pas soumise qu'aux pressions du forçage côtier ou les facteurs physique sont mieux abordé, mais aussi aux facteurs socio-économique, qui doivent être pris en considération.

Afin de donner des résultats finaux sur l'évaluation d'état de la zone côtière Ain Taya, selon les deux volets physique et socioéconomique ; une superposition des deux cartes est faite (figure) comme suit :

On prend la carte de vulnérabilité physique en modifiant le paramètre de transparence des cellules de vulnérabilités sur Arcgis (figure V-23) , sur la carte de vulnérabilité socioéconomique, on superpose l'une sur l'autre pour finalement avoir une carte globale de vulnérabilité qui prend en considération les deux volets, socioéconomique aussi que physique.

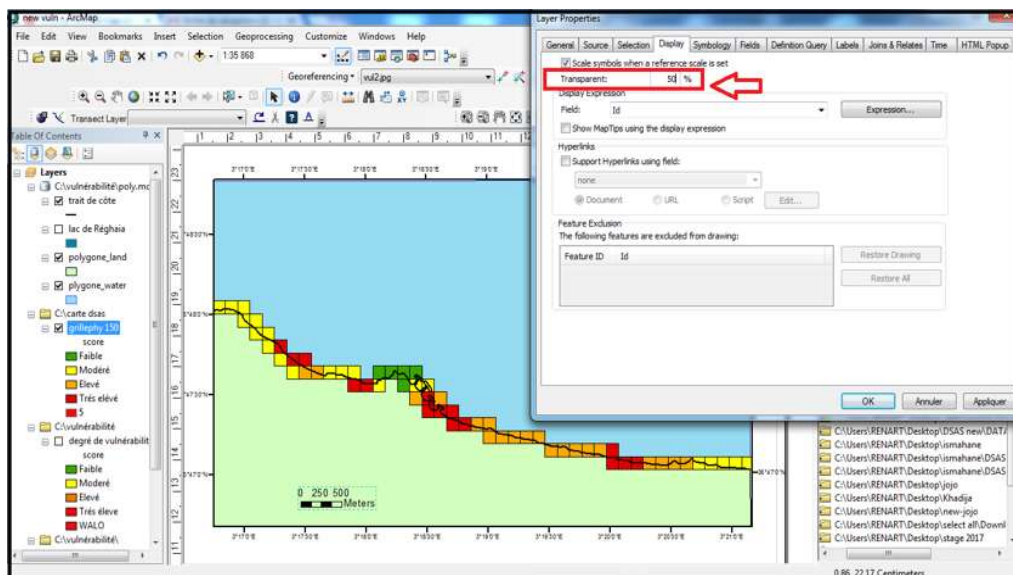
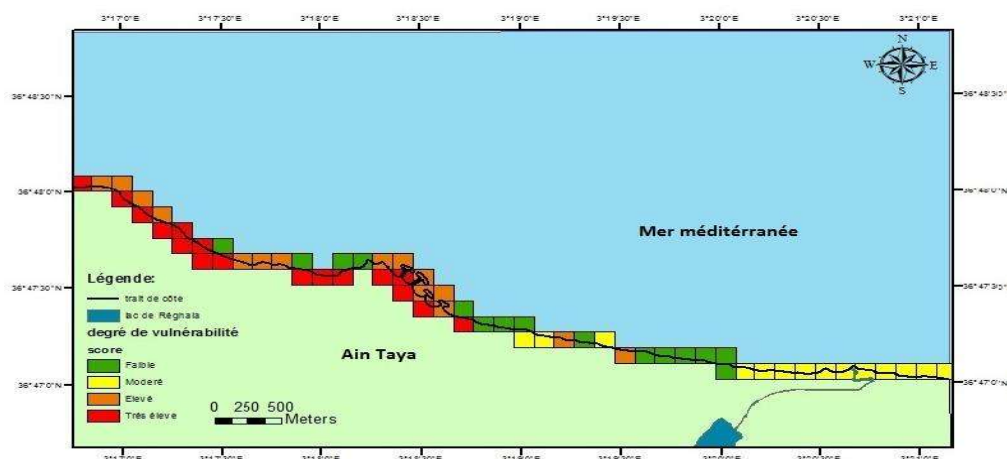
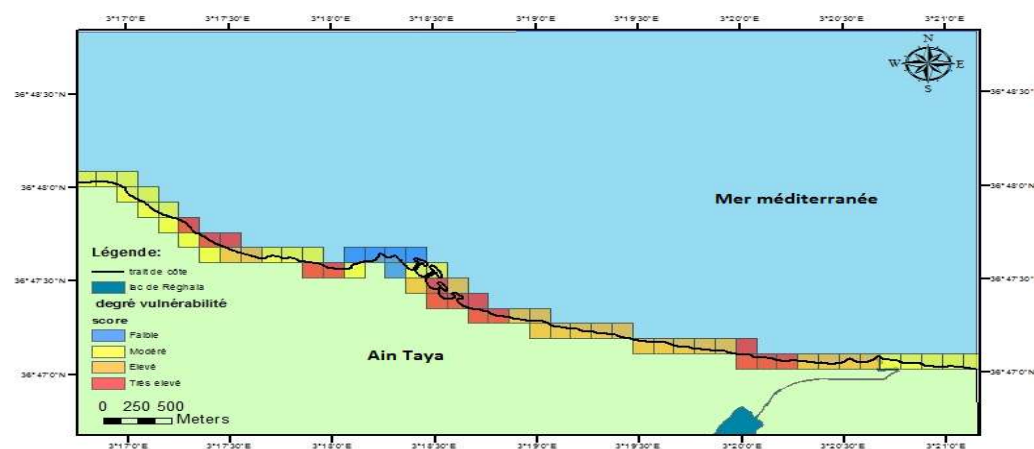


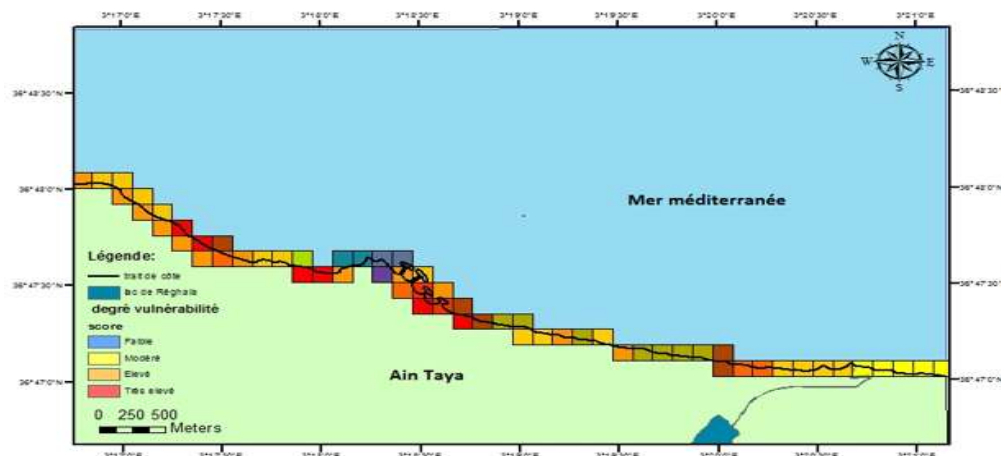
Figure V-23 Illustration des démarches suivis pour la modification de la transparence d'une carte sur Arcgis



Carte de vulnérabilité socioéconomique de la zone Ain Taya



Carte de vulnérabilité physique de la zone Ain Taya (degré de transparence 50%)



Carte de vulnérabilité de la zone d'étude Ain Taya selon le paramètre physique et le paramètre socioéconomique

Figure V-24 Carte de vulnérabilité physique et socio-économique du littoral de Ain Taya.

Conclusion :

L'utilisation d'un indice côtier de vulnérabilité (ICV) s'est révélée être :

Une approche prospective qui combine la susceptibilité d'un système côtier aux changements avec sa capacité normale de s'adapter aux nouvelles conditions environnementales. Elle reflète ainsi une mesure relative de la vulnérabilité des écosystèmes aux effets de l'élévation de niveau de la mer.

Une technique objective pour l'évaluation des risques et pour une planification plus adéquate à long terme par les décideurs.

La détermination de l'indice côtier de vulnérabilité physique selon Gornitz et al (1994) a montré une vulnérabilité élevée à l'élévation du niveau de la mer dans la zone côtière sur le secteur ouest ,partie Est de la plage tamaris et sur les plages du secteur Est ,deca plage et la plage Réghaia, une vulnérabilité très élevée au niveau du rivage du secteur ouest partie ouest de la plage tamaris ,sur le secteur Est plage surcouf ,les flots bleus et la plage El Kadous ; où la zone topographiquement basse, des risques physiques élevés. Quant à l'indice de vulnérabilité socio-économique, il a été calculé pour l'ensemble du littoral de Ain Taya sur la base de composantes essentielles des régions côtières suivant la méthode de McLaughlin et al (2002) ; il a montré une forte vulnérabilité sur la majorité du secteur ouest.

Le jumelage des paramètres physique et socioéconomique nous permet de déterminer que les zones : partie importante du secteur ouest (les plages, les falaises), la partie Est (les flots bleus, deca plage, plage El Kadous) une zone protéger 2 brise lames et 2 épis, les plus vulnérables le long de de la frange littorale du littoral de Ain Taya.

CHAPITRE VI : STRATÉGIE D'ADAPTATION

CHAPITRE VI - Stratégie d'adaptation

Introduction :

L'influence de l'augmentation des concentrations de gaz à Effet de serre (GES) sur le climat et l'inévitabilité de cette influence font l'objet d'un large consensus au sein de la Communauté scientifique et des instances politiques internationales. Cette influence se fait d'ailleurs déjà sentir et pourrait s'intensifier: les températures sont à la hausse presque partout, les glaciers reculent, le couvert de neige diminue, le niveau de la mer augmente et les aires de répartition (habitats) de certaines espèces végétales et animales commencent à changer.

VI - 1 - L'adaptation aux changements climatiques:

L'adaptation aux changements climatiques est un processus par lequel les communautés et les écosystèmes s'ajustent aux changements et effets associés, afin de limiter les conséquences négatives et de profiter des bénéfices potentiels. Pour les milieux humains, l'adaptation permet de se préparer aux nouvelles conditions climatiques. Dans les milieux naturels, les populations végétales et animales s'adapteront également, mais de façon réactive, et subiront davantage d'impacts négatifs à court terme des changements climatiques.

L'adaptation concerne tous les niveaux décisionnels (individuel, local, régional, national, international) et exige une approche globale et très intégrée car les enjeux touchent plusieurs secteurs et vont souvent au-delà des limites administratives.

VI - 2 - Stratégies d'adaptation à l'élévation du niveau de la mer:

L'adaptation est la capacité d'un système à s'ajuster au changement climatique (incluant la variabilité climatique et les extrêmes) à des dommages potentiels modérés, et à faire face aux conséquences. Trois catégories classiquement (Retrait, Accommodation et Protection) envisagées dans la plupart des études de vulnérabilité (GIEC, 1990) sont présentées dans la figure VI-1:

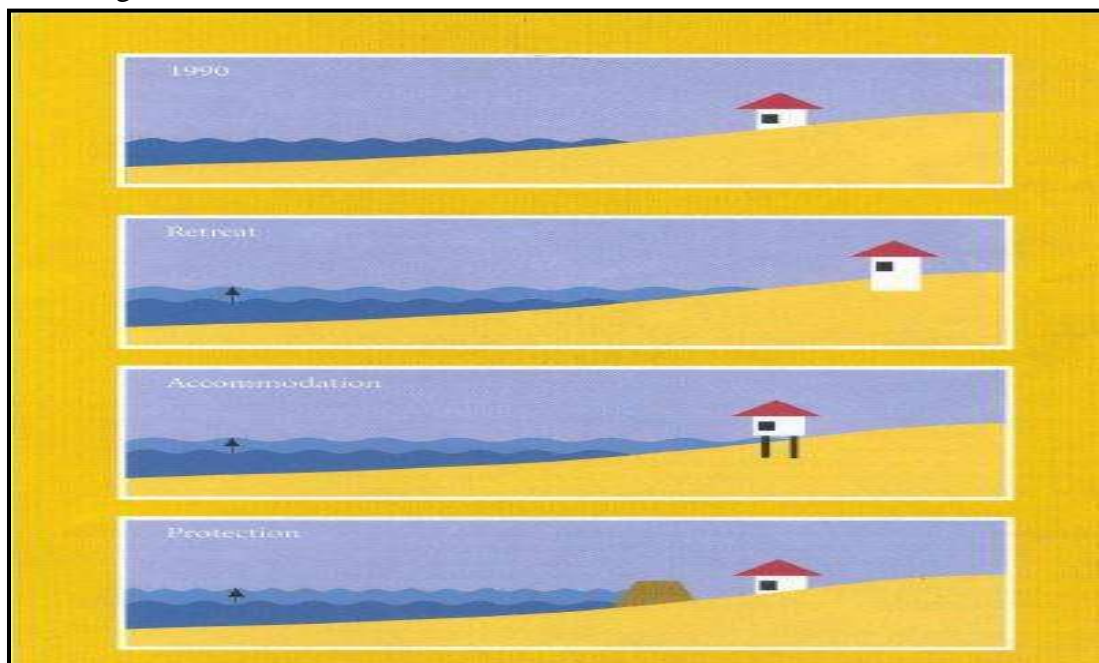


Figure VI-1 Stratégies d'adaptation à l'élévation du niveau de la mer. (GIEC, 1990).

2 - 1 - Le retrait :

(Pour éviter le danger) représente une forme d'adaptation proactive d'élimination d'impacts directs. Au lieu de tenter de protéger les terres contre l'empiétement de la mer, la stratégie consiste à abandonner les terres menacées lorsque les conditions deviennent intolérables, à déplacer et reloger les populations.

2 - 2 - L'accommodation :

(Ou adaptation) consiste à poursuivre l'occupation des terres côtières tout en apportant des réajustements aux activités humaines et aux infrastructures afin d'atténuer les impacts de l'élévation du niveau de la mer. Elle représente une action intermédiaire entre la protection et le retrait.

2 - 3 - La protection :

C'est tenter de prévenir les effets de la mer sur la terre en utilisant des structures de défense appropriées (douces et/ou en dur). C'est une réponse à l'érosion qui menace des propriétés ou des infrastructures côtières.

VI - 3 - Les étapes d'élaboration d'un plan d'adaptation aux changements climatique:

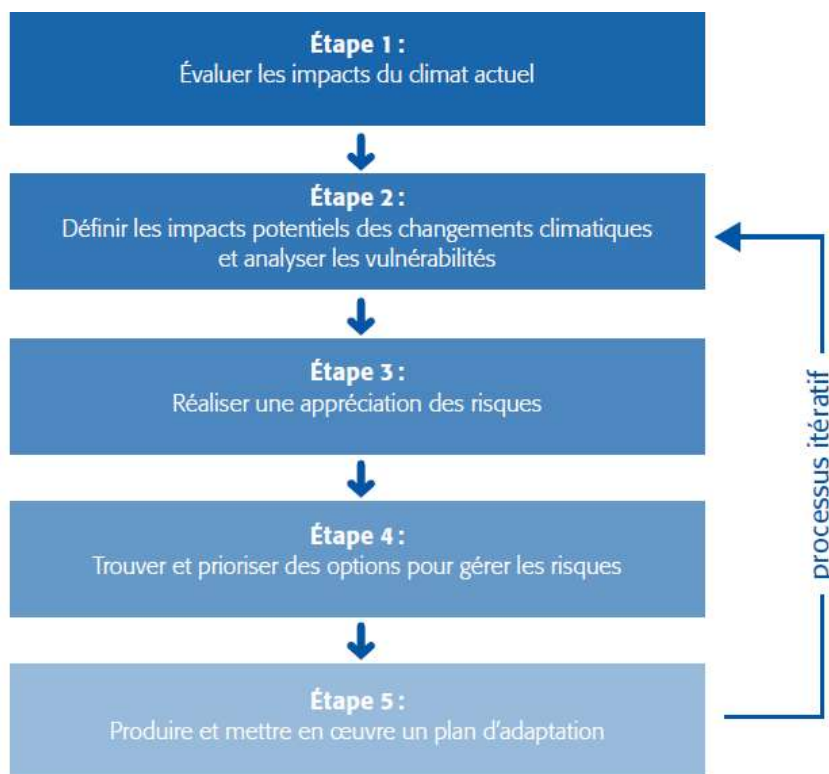


Figure VI-2 Les étapes d'élaboration d'un plan d'adaptation aux changements climatique. (2006-2012 PACC du gouvernement du Québec).

La figure VI-2 illustre les étapes d'élaboration d'un plan d'adaptation. Il est important de retenir que la planification en adaptation nécessite une vision à long terme, puisqu'elle vise à réduire les risques futurs sur un horizon de temps relativement long et dans un contexte où ce risque évolue avec le temps.

Étape 1:

Évaluer les impacts du climat actuel sur la municipalité ou la région:

Au terme de cette étape, il sera possible de connaître les systèmes et activités qui ont déjà été affectés par des conditions climatiques particulières, et ce, dans les différents champs de responsabilité municipale.

Étape 2:

Prévoir les changements climatiques, anticiper leurs impacts potentiels et analyser les vulnérabilités:

La fin de cette étape, il sera possible de connaître les Changements climatiques appréhendés et leurs impacts probables pour la municipalité. On devrait pouvoir déterminer les vulnérabilités liées à ces changements, en tenant compte du degré de sensibilité ainsi que de la capacité d'adaptation de la municipalité. Pour comprendre de quelle manière les changements.

Étape 3:

Appréciation des risques:

La fin de cette étape, il sera possible de dégager les risques puis de les classer et de les prioriser. L'appréciation des risques comprend une identification des risques, une classification puis une priorisation, en tenant compte de l'analyse de vulnérabilité faite à l'étape 2.

Étape 4:

Trouver et hiérarchiser des options pour la gestion des risques:

La fin de cette étape, il sera possible de fixer et de prioriser les objectifs d'adaptation qui serviront à dégager les options possibles pour gérer les risques priorisés à l'étape précédente. Afin de déterminer les options d'adaptation, il est important de déterminer au préalable quels sont les objectifs d'adaptation poursuivis.

Étape 5:

Produire et mettre en œuvre un plan d'adaptation:

Au terme de cette dernière étape, il sera possible de rédiger et de diffuser le plan d'adaptation aux instances concernées.

VI - 4 - Mesure d'adaptation pour la zone Ain Taya :

Les mesures d'adaptation et de protection proposées seront envisagées, au niveau du court, moyen et du long terme.

4 - 1 - Les stratégies à court et à moyen termes:

Correspondent à des actions de restauration et de protection par la combinaison de méthodes douces et dures, telle que:

- La construction de murs de protection et/ou le renforcement des enrochements pour protéger les zones urbanisées.

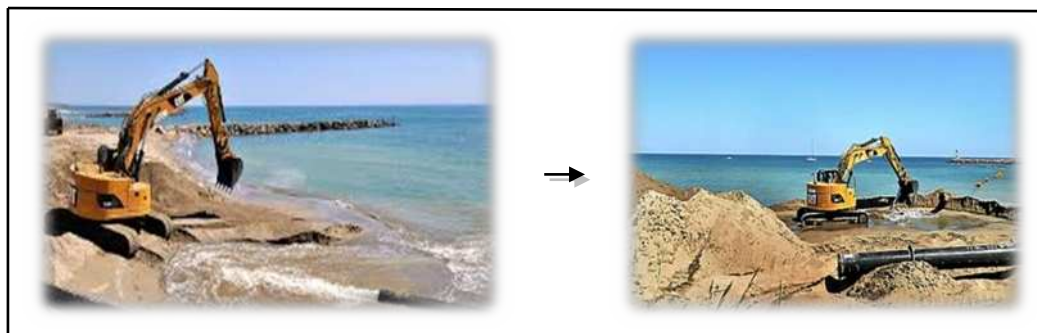


a- Construction de mur de protection



b- des enrochements de protection

- Le rechargement artificiel en sable pour la réhabilitation des plages particulièrement, à partir des dragages soit des ports, quand ces derniers répondent aux critères de qualité, soit de sable offshore.



FigureVI-3 photo de rechargement artificiel en sable

4 - 2 - Les stratégies à long termes :

Toutes ces stratégies de réponse aux changements climatiques ne pourront être efficaces que dans le cadre plus global d'une gestion intégrée des zones côtières (GIZC) qui représente un outil incontournable pour le développement durable du ce littoral.

Conclusion:

L'élaboration d'un plan d'adaptation, comme tout exercice de planification, est un exercice complexe. Pourtant, il s'agit d'un exercice essentiel pour faire face aux grands défis posés par les changements climatiques. Plusieurs documents et plans existants seront d'une grande utilité dans la préparation du plan d'adaptation, et les personnes désignées responsables de cette démarche devraient s'en inspirer. L'exercice exigera également une implication des différents services de la municipalité et devrait se faire avec une équipe multidisciplinaire. La réalisation d'un plan d'adaptation aux changements climatiques entraîne certes des coûts, néanmoins il s'agit d'un bon investissement. En effet, un tel d'outil de prévention permet d'atténuer les impacts prévus, donc de réduire les risques et conséquemment le coût des assurances, le montant des réclamations ainsi que les dépenses associées à la réparation d'infrastructures inadéquates

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion :

Cette étude, dont l'objectif était d'évaluer les impacts potentiels des Changement climatique et de l'élévation du niveau de niveau de la mer sur le littoral de Ain Taya, a révélé une forte vulnérabilité physique et socio- économique de ce littoral face à ces impacts.

L'étude rétrospective de l'évolution morphologique du trait de côte, a montré que ce littoral a été fortement sollicité depuis ces dernières années, par les activités de développement, notamment urbain ; Celles-ci ont interféré avec la dynamique hydro-sédimentaire du système côtier et causé une forte érosion des plages,

L'état environnemental actuel, fortement dégradé de ce littoral, présage des difficultés majeures à s'adapter en cas d'élévation du niveau de la mer, si aucune mesure n'est entreprise pour le protéger de ce phénomène pourtant inéluctable.

L'étude hydro sédimentaire a montré que les vagues sont moins dissipées sur les petits-fonds des côtes rocheuses (caps), contrairement aux zones côtières meubles (sableuses) où les vagues y perdent une grande partie de leur énergie en raison de leur déferlement loin de la côte

La vulnérabilité de cette zone côtière risque de s'accroître avec les futurs projets programmés le long du littoral. Ces valeurs ne devraient pas être considérées comme statiques, car parfois les variables sociales de la vulnérabilité changent beaucoup plus rapidement (quelques décennies) que les changements climatiques. Face à de telles menaces, le littoral de Ain Taya serait confronté à des difficultés socio-économiques et environnementales majeures. Par conséquent, des mesures d'adaptation s'imposent.

La majorité de la communauté scientifique considère en effet que le réchauffement climatique est l'enjeu majeur du 21ème siècle. Il faut donc agir, et agir vite car l'adoption du scénario de l'indifférence serait très lourde de conséquences. Seule une prise de conscience, générale et concertée entre les acteurs socio-économiques, permettra la réussite de telles stratégies, ainsi que la mise en place de mesures pertinentes de conservation de la côte comme garantie de protection des populations et infrastructures côtières contre les impacts potentiels des changements climatiques et de la remontée du niveau de la mer.

ANNEXE

Annexe 1 :
Score de vulnérabilité côtière physique

cellules	pente	évolution du TC	Élévation NM	géomorphologie	Hs (m)	marnage	géologie	ICV PHYSIQUE
1	5	3	1	3	2	5	2	11,33893419
2	4	3	1	3	2	5	2	10,14185106
3	4	3	1	3	2	5	2	10,14185106
4	3	3	1	3	2	5	2	8,783100657
5	5	3	1	3	2	5	2	11,33893419
6	4	3	1	3	2	5	2	10,14185106
7	5	3	1	3	2	5	2	11,33893419
8	4	3	1	3	2	5	2	10,14185106
9	4	5	1	3	5	5	4	29,27700219
10	5	5	1	3	2	5	2	14,63850109
11	4	5	1	3	5	5	4	29,27700219
12	4	5	1	3	5	5	4	29,27700219
13	4	5	1	3	2	5	2	13,09307341
14	5	2	1	3	5	5	4	20,70196678
15	4	2	1	3	5	5	4	18,516402
16	5	2	1	3	3	5	2	11,33893419
17	4	2	1	3	3	5	2	10,14185106
18	5	2	1	3	3	5	2	11,33893419
19	5	3	1	3	5	5	4	25,35462764
20	4	3	1	3	5	5	4	22,67786838
21	5	3	1	3	1	5	4	11,33893419
22	4	2	1	3	1	5	2	5,855400438
23	4	2	1	3	1	5	2	5,855400438
24	4	2	1	3	1	5	2	5,855400438
25	5	2	1	3	1	5	2	6,546536707
26	5	2	1	3	1	5	2	6,546536707
27	5	3	1	3	1	5	4	11,33893419
28	5	3	1	3	1	5	2	8,017837257
29	5	3	1	3	4	5	2	16,03567451
30	5	3	1	3	4	5	4	22,67786838
31	5	3	1	3	4	5	2	16,03567451
32	5	3	1	3	4	5	4	22,67786838
33	5	3	1	3	5	5	4	25,35462764
34	5	3	1	3	5	5	4	25,35462764
35	5	3	1	3	5	5	4	25,35462764
36	5	3	1	3	5	5	4	25,35462764
37	5	3	1	3	2	5	4	16,03567451
38	5	3	1	5	2	5	4	20,70196678
39	5	3	1	5	2	5	4	20,70196678
40	5	5	1	5	1	5	4	18,89822365
41	5	5	1	5	1	5	4	18,89822365

42	5	5	1	5	1	5	4	18,89822365
43	5	5	1	5	1	5	4	18,89822365
44	5	5	1	5	1	5	4	18,89822365
45	5	5	1	5	1	5	4	18,89822365
46	5	5	1	5	1	5	4	18,89822365
47	5	5	1	5	1	5	4	18,89822365
48	5	5	1	5	1	5	4	18,89822365
49	5	5	1	5	2	5	4	26,72612419
50	5	5	1	5	2	5	4	26,72612419
51	5	5	1	5	2	5	4	26,72612419
52	5	5	1	5	2	5	4	26,72612419
53	5	5	1	5	1	5	4	18,89822365
54	5	5	1	5	1	5	4	18,89822365
55	5	5	1	5	1	5	4	18,89822365
56	5	5	1	5	1	5	4	18,89822365
57	5	2	1	5	1	5	4	11,95228609
58	5	2	1	5	1	5	4	11,95228609
59	5	3	1	5	1	5	4	14,63850109
60	5	3	1	5	1	5	4	14,63850109
61	5	3	1	5	1	5	4	14,63850109

Annexe 2 :

Score de vulnérabilité côtière socioéconomique

cellules	ferreux	route	occupation du sol	désignation de conservation	patrimoine culturel	population	ICV socio
1	1	5	5	1	1	5	18
2	1	1	5	1	1	5	14
3	1	1	5	1	1	5	14
4	1	5	5	1	1	5	18
5	1	1	5	1	1	5	14
6	1	5	5	1	1	5	18
7	1	1	5	1	1	5	14
8	1	5	5	1	1	5	18
9	1	5	5	1	1	5	18
10	1	5	5	1	1	5	18
11	1	5	5	1	1	5	18
12	1	1	2	1	1	5	11
13	1	5	5	1	1	5	18
14	1	5	5	1	1	5	18
15	1	1	4	1	1	5	13
16	1	1	5	1	1	5	14
17	1	1	5	1	1	5	14
18	1	1	2	1	1	5	11
19	1	5	5	1	1	5	18
20	1	5	5	1	1	5	18

21	1	5	5	1	1	5	18
22	1	1	2	1	1	5	11
23	1	1	2	1	1	5	11
24	1	1	5	1	1	5	14
25	1	1	5	1	1	5	14
26	1	5	5	1	1	5	18
27	1	5	5	1	1	5	18
28	1	1	5	1	1	5	14
29	1	5	5	1	1	5	18
30	1	1	5	1	1	5	14
31	1	1	5	1	1	5	14
32	1	5	5	1	1	5	18
33	1	1	5	1	1	5	14
34	1	1	2	1	1	5	11
35	1	5	5	1	1	5	18
36	1	1	2	1	1	5	11
37	1	1	2	1	1	5	11
38	1	1	2	1	1	5	11
39	1	1	3	1	1	5	12
40	1	1	3	1	1	5	12
41	1	5	2	1	1	5	15
42	1	1	2	1	1	5	11
43	1	1	2	1	1	5	11
44	1	5	1	1	1	5	14
45	1	1	1	1	1	5	10
46	1	1	2	1	1	5	11
47	1	1	2	1	1	5	11
48	1	1	2	1	1	5	11
49	1	1	2	1	1	5	11
50	1	1	1	1	1	5	10
51	1	5	1	1	1	5	14
52	1	1	2	3	1	5	13
53	1	1	2	3	1	5	13
54	1	1	2	3	1	5	13
55	1	1	2	3	1	5	13
56	1	1	2	3	1	5	13
57	1	1	2	3	1	5	13
58	1	1	2	3	1	5	13
59	1	1	2	3	1	5	13
60	1	1	2	3	1	5	13
61	1	1	2	3	1	5	13

Annexe 3 :

Tableau d'évolution surfacique du trait de côte du secteur Ouest :

	Superficies gagnées (m ²)	superficies perdues (m ²)	superficies des ouvrages (m ²)
mètre cubes (m ²)	3842	1489	10631
pourcentage (%)	29,62	11,6	81,3

Annexe 4 :

Tableau d'évolution surfacique du trait de côte du secteur Est :

	superficies gagnées (m ²)	superficies perdues (m ²)	superficies des ouvrages (m ²)
mètre cubes (m ²)	20486	26920	2705
pourcentage (%)	40,88124364	53,72073996	5,398016404

Annexe 5 :

Tableau d'évolution surfacique totale du trait de côte de la zone Ain Taya :

	superficies gagnées (m ²)	superficies perdues (m ²)	superficies des ouvrages (m ²)
mètre cubes (m ²)	24328	28409	13336
pourcentage (%)	36,81988104	42,99638279	20,18373617

BIBLIOGRAPHIE

- AGGAD, L., CHEBREK, S. (2004).** Les travaux de protection de la cote de Ain Taya. *Mémoire d'ingénieur*. Aménagement du littoral. Alger: ENSSMAL, 92 p.
- AHFIR, Y., MEZIEN, I. (2016).** Modélisation numérique de la cinématique du trait de côte et la dynamique sédimentaire des plages sableuses (Oran, Bou-Ismaïl, Alger, Bejaïa et Skikda) Cas d'étude : Sidi Fredj. *Mémoire d'ingénieur*. Aménagement du littoral. Alger: ENSSMAL, 171 p.
- ALEM, A., AMALOU, A., BENYETTOU, Y. (2016).** Etude grandeur nature de mode de fonctionnement des ouvrages de protection des plages de Bourdje EL Kiffan et Surcouf (Est-Algérois). *Mémoire de Master 2. Géomorphologie Appliquée*. Alger : USTHB, 87 p.
- BENGOUFA, S. (2016).** Etude et évaluation de l'état de la vulnérabilité du système côtier de la zone Est-algéroise. *Mémoire d'ingénieur*. Aménagement du littoral. Alger: ENSSMAL, pp 30-53.
- BOUGHERIR, A., KLIEL, M. (2016).** Évaluation de la vulnérabilité de la côte du PNTaza (wilaya de Jijel). *Mémoire d'ingénieur*. Aménagement du littoral. Alger: ENSSMAL, 88 p.
- BAAZIZ, M., SIACI, K. (2005)** Synthèse hydrosédimentaire de Cap-Matifou (El-Marsa) a Boumerdes. *Mémoire d'ingénieur*. Géologie marine. Alger : USTHB, 95 p.
- BONTE, Y. (2013).** Effet du swash sur l'érosion d'un escarpement de haut de plage. Interface continentale. *Thèse de doctorat*. Environnement. France : Université de Caen, pp 10-24.
- DHI. (2003).** Mike11 modeling system for Reverse and Channels [En ligne]. France : ENSEEIHT (consulté le 12/08/2017). Disponible sur le web : [\[http://hmf.enseeiht.fr/travaux/CD0708/beiere/4/html/estuaire-surcotes.htm\]](http://hmf.enseeiht.fr/travaux/CD0708/beiere/4/html/estuaire-surcotes.htm).
- DORE, A. Lohier, S., GRUNNET, N. (2009).** Liaison Perré de la Loire -Les Eloux Réalisation d'une étude hydro sédimentaire et d'impact [En ligne]. France (consulté le 16/08/2017). Disponible sur le web : [\[http://www.cdciledenoirmoutier.com/sites/cdcnoirmoutier/files/u199/ii4_annexe_1_memoire_complementaire_modelisation_numerique_phase_2.pdf\]](http://www.cdciledenoirmoutier.com/sites/cdcnoirmoutier/files/u199/ii4_annexe_1_memoire_complementaire_modelisation_numerique_phase_2.pdf)
- DHI Software. (2008).** Description de la méthodologie suivie pour traiter une simulation MIKE [En ligne] .France : ENSEEIHT (consulté le 16/08/2017). Disponible sur le web: [\[https://fr.scribd.com/document/251568342/Tutorial-Mike-Dhi.\]](https://fr.scribd.com/document/251568342/Tutorial-Mike-Dhi)
- MEDATLAS. (1999-2004):** European Directory of Marine Environmental Data. Zone Algérienne.
- NAIZI, S. (2007).** Evaluation des impacts des changements climatiques et de l'élévation du niveau de la mer sur le littoral de Tétouan (Méditerranée occidentale du Maroc): Vulnérabilité

et Adaptation. *Thèse de doctorat*. Changements climatiques et zones côtières. Maroc : Université Mohammed V-Agdal Faculté des sciences Rabat ,pp 208-217.

N'DJAJA OUAGA, H. (2009). Vulnérabilité, impacts et stratégie d'adaptation de la population locale à la variabilité et aux changements climatique [En ligne]. Niger: AGRHYMET (consulté le 03/09/2017). Disponible sur le web :
[http://www.sifec.org/static/uploaded/Files/ressources/contenu-ecole/niamey/volet-4/02_N_DJAJA_OUAGA/N_DJAJA_OUAGA_ppt.pdf]

OTMANI, H. (2014). Impact des infrastructures maritimes sur le littoral : Cas du port de Cap Djinet. Mémoire de magister. *Mémoire d'ingénieur*. Aménagement du littoral. Alger: ENSSMAL, 178 p.

ORANUS. (2010). Elaboration d'un plan d'adaptation aux changements climatiques [En ligne]. Montréal : Québec (consulté le 16/09/2017). Disponible sur le web :
[<http://www.mdelcc.gouv.qc.ca/programmes/climat-municipalites/Plan-adaptation.pdf>].

PASKOFF, R. (1994). Les littoraux. Impact des aménagements sur leur évolution. (Ed.2). Paris : Masson, 98 p.

STEPANIA, A. (2002). Evolution morpho dynamique d'une plage macrotidale. *Thèse de doctorat*. Sciences de la Terre et de l'Univers, Espace. France : Université de Caen/BASSE-NORMANDIE, pp 19-29.

YOUNES, H., ZINE, A. (2017). Calcul de l'indice de vulnérabilité côtière de la baie d'El Djamila. *Mémoire d'ingénieur*. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, 96 p.

Résumé :

Le littoral de Ain Taya est une zone particulièrement intéressante pour l'étude et la compréhension de l'influence des processus naturels et anthropiques sur l'évaluation de la ligne de rivage. L'augmentation des activités industrielles et de l'urbanisation ont conduit ces dernières années à la construction de nombreux ouvrages le long de la côte, la vulnérabilité se définit comme la sensibilité d'un territoire à un aléa. Cette sensibilité se décline en termes de dommages et de perturbation de l'activité socio-économique. Effectuer un diagnostic de vulnérabilité au changement climatique est une première étape, préalable à l'élaboration d'un plan d'adaptation adéquat. dont l'objectif est de réduire la sensibilité du système et par conséquent, réduire sa vulnérabilité. L'action anthropique conduit à des modifications dans la distribution des sédiments et à une dégradation de l'environnement naturel. Avec l'exemple de Ain Taya, nous avons appréhendé la mobilité du littoral et les facteurs influençant sa dynamique. L'étude pluriannuelle ne donne qu'une image moyennée de cette dynamique : il est donc difficile d'attribuer une période d'érosion à un facteur particulier.

Abstract :

The coastline of Ain Taya is a particularly interesting area for the study and understanding of the influence of natural and anthropogenic processes on the assessment of the shoreline. The increase in industrial activities and urbanization have led in recent years to the construction of numerous works along the coast, vulnerability is defined as the sensitivity of a territory to a hazard. This sensitivity is expressed in terms of damage and disruption of socio-economic activity. Making a diagnosis of vulnerability to climate change is a first step, prior to the development of an adequate adaptation plan. the aim of which is to reduce the sensitivity of the system and thereby reduce its vulnerability. Anthropogenic action leads to changes in sediment distribution and degradation of the natural environment. With the example of Ain Taya, we have apprehended the mobility of the littoral and the factors influencing its dynamics. The multi-year study gives only a mean image of this dynamic: it is therefore difficult to attribute an erosion period to a particular factor

ملخص

إن الخط الساحلي عين طاية هو مجال مثير للاهتمام بشكل خاص لدراسة وفهم تأثير العمليات الطبيعية والبشرية على تقييم الشاطئ. وقد أدت الزيادة في الأنشطة الصناعية والتحضر في السنوات الأخيرة إلى بناء العديد من الأعمال على طول الساحل، ويعرف الضعف على أنه حساسية إقليم إلى خطر. ويعبر عن هذه الحساسية من حيث الضرر وانقطاع النشاط الاجتماعي والاقتصادي. وتشكل عملية تشخيص التعرض للتغير المناخي خطوة أولى، قبل وضع خطة تكيف ملائمة. والهدف منها هو تقليل حساسية النظام، وبالتالي الحد من ضعفه. ويؤدي العمل البشري إلى تغييرات في توزيع الرواسب وتدهور البيئة الطبيعية. مع مثال عين طاية، أوقفنا حركة السواحل والعوامل المؤثرة على ديناميتها. وتعطي الدراسة المتعددة السنوات صورة متوسطة لهذه الديناميكية: ولذلك يصعب عزو فترة تآكل إلى عامل معين