

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : AMENAGEMENT DU LITTORAL

Thème :

Evaluation de la Vulnérabilité Côtière du Parc National
de Taza. (Wilaya de Jijel)

Présenté par:

BOUGHERIRA Abdeldjalil

KLIEL Mohamed Amine

Soutenu le 29/06 /2016 devant le jury suivant :

| | | |
|----------------|---|--------------|
| Mr OTMANI H. | Maître assistante B (ENSSMAL) | Président |
| Mme MEHDID S. | Maître assistante A (ENSSMAL) | Promotrice |
| Mr GUERFI M. | Professeur (ENSSMAL) | Co-promoteur |
| Mr MEZOUAR K. | Maître de conférences A (ENSSMAL) | Examineur |
| Mr HEMDANE Y. | Maître de conférences A (USTHB) | Examineur |
| Mme RAMADAN N. | Directrice du Parc National de Taza et de la direction de la pêche et des ressources halieutique de Jijel | Invitée |

Promotion : 2015/2016

Remerciement

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.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à Monsieur **OTMANI H**, Maître assistant B (ENSSMAL), qui nous a fait l'honneur d'accepté de présider ce jury, et de nous avoir aidé à chaque fois qu'on lui demande.

Nos remerciements s'adressent également à Monsieur **HEMDANE Y**, Maître de conférences A (USTHB) pour avoir accepté d'examiner ce travail et pour toutes les notions d'aménagement, de modélisation, de vulnérabilité côtière ...etc, que nous avons acquis avec lui.

Nos remerciements à Monsieur **MEZOUAR K**, Maître de conférences A (ENSSMAL) pour avoir accepté d'examiner ce travail, et pour toutes les notions de modélisation, de génie côtier...etc, que nous avons acquis avec lui.

Nos vifs remerciements vont à Madame **RAMADANE N**, Directrice du Parc National de Taza et de la direction de la pêche et des ressources halieutique de Jijel d'avoir accepté notre invitation pour être présente ici aujourd'hui comme examinatrice, invité d'honneur en même temps et pour l'aide qu'elle nous a accordé.

Nos remerciements également à Madame **MEHDID S**, Maîtresse Assistante A(ENSSMAL), pour avoir accepté d'encadrer ce travail. On la remercie pour avoir toujours été présente et pour ses conseils et ses encouragements.

Nos remerciements aussi à Monsieur **GUERFI M**, Professeur (ENSSMAL), pour avoir accepté de co-encadrer notre mémoire et pour toutes les notions de cartographie que nous avons acquis avec lui.

Nos remerciements spéciaux s'adressent à Madame **ABBAD K**, pour toutes ses remarques précieuses ainsi que pour son encadrement, même si elle n'était pas officiellement notre promotrice, mais elle n'a jamais hésité de nous tendre la main de l'aide à chaque fois qu'on lui demande.

Nous témoignons notre reconnaissance et nous exprimons nos vifs remerciements à tout le personnel du Parc National de Taza de la Wilaya de Jijel, pour leur accueil et leur aide précieuse.

Aussi, on remercie toute l'équipe de l'Agence Nationale des Changements Climatiques et en particulier **BOUGHERIRA F** pour son aide et ces précieux conseils.

On remercie toute personne qui a pu contribuer à ce modeste travail du près ou de loin.

Finalement, merci à vous, lecteurs, pour l'intérêt que vous portez à ce manuscrit.

Dédicaces

« Je dédie ce modeste travail à mes chères parents, à mes frères et sœurs, à toute ma famille et à tous mes amis ».

« BOUGHERIRA Abdeldjalil »

« Je dédie ce modeste travail à mes chères parents, à mes sœurs et à tous mes ami(e)s ».

« KLIEL Mohamed Amine »

Table des matières

| | |
|---|-----|
| Liste des figures | I |
| Liste de photos | II |
| Liste des tableaux | III |
| Liste des abréviations et des acronymes | IV |

Introduction Générale

| | |
|----------------------------|----|
| Introduction générale..... | 12 |
|----------------------------|----|

Chapitre 1: Généralité sur la vulnérabilité et le risque côtiers

| | |
|---|----|
| 1. Définitions..... | 15 |
| 1.1. La vulnérabilité | 15 |
| 1.2. L'aléa..... | 15 |
| 1.3. Le risque..... | 15 |
| 1.4. Enjeux, Exposition, Sensibilité, Resistance et Résilience..... | 16 |
| 1.5. La résilience côtière | 16 |
| 1.6. La vulnérabilité côtière..... | 16 |
| 2. Phénomènes affectant directement la zone côtière (Les aléas littoraux).. | 16 |
| 2.1. L'aléa de submersion marine | 16 |
| 2.2. La submersion marine par un tsunami | 17 |
| 2.3. Le Risque d'érosion | 17 |
| 2.4. L'évaluation de la vulnérabilité côtière..... | 17 |
| 3. Quelques méthodes d'évaluation de la vulnérabilité côtière | 18 |
| 3.1. Les méthodes basées sur la production d'indices de vulnérabilité..... | 18 |
| 3.2. Les méthodes basées sur l'utilisation du SIG..... | 19 |
| 3.3. Les méthodes basées sur des modèles dynamiques informatiques (McLeod et al., 2010)19 | |

Chapitre 2: Présentation de la zone d'étude

| | |
|-----------------------------------|----|
| 1. Situation géographique | 22 |
| 2. Contexte géologique | 23 |
| 3. Contexte géomorphologique..... | 23 |
| 4. Contexte hydrographique..... | 25 |
| 5. Contexte climatique | 25 |
| 5.1. Les précipitations | 25 |
| 5.2. Les températures | 26 |

| | | |
|------|---|----|
| 5.3. | Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен | 26 |
| 5.4. | Le vent..... | 27 |
| 6. | Contexte hydrodynamique | 28 |
| 6.1. | La houle..... | 28 |
| 7. | Contexte socio-économique..... | 28 |
| 5.1. | La démographie..... | 28 |
| 5.2. | Infrastructures | 29 |
| 5.3. | Patrimoine culturel | 30 |

Chapitre 3: Evaluation de la vulnérabilité côtière physique

| | |
|--|----|
| Introduction | 32 |
| 1. L'indice de vulnérabilité côtière physique (IVC_{physique})..... | 32 |
| 1.1. La géologie..... | 33 |
| 1.2. La géomorphologie | 35 |
| 1.3. Pente côtière | 36 |
| 1.4. L'élévation du niveau de la mer | 40 |
| 1.5. L'évolution du trait de côte | 42 |
| 1.6. Le marnage..... | 45 |
| 1.7. La hauteur moyenne des vagues au voisinage de la côte | 46 |
| 2. Calcul de l'indice de vulnérabilité côtière physique..... | 49 |
| 2.1. Détermination des classes de vulnérabilité | 49 |
| 2.2. Résultat et interprétations..... | 50 |
| Conclusion..... | 52 |

Chapitre 4: Evaluation de la vulnérabilité côtière socio-économique

| | |
|---|----|
| Introduction | 54 |
| 3. L'indice de vulnérabilité côtière socio-économique ($IVC_{\text{socio-économique}}$) ... | 54 |
| 3.1. La population : | 55 |
| 3.2. Le patrimoine culturel | 57 |
| 3.3. Routes et voies ferrées..... | 58 |
| 3.4. L'occupation du sol..... | 59 |
| 3.5. La désignation de conservation | 61 |
| 4. Le Calcul de l'indice de vulnérabilité côtière socio-économique ($IVC_{\text{éco}}$)... | 62 |
| | 62 |
| 4.1. Discussion | 63 |
| Conclusion..... | 63 |

Chapitre 5: Stratégies d'adaptation

| | |
|---|----|
| Introduction | 65 |
| 1. Les types de stratégies d'adaptation | 65 |
| 2. Mesure d'adaptation et d'atténuation pour le littoral du PNTaza | 65 |
| 2.1. Les mesures d'adaptation et de protection du court et du moyen terme | 65 |
| 2.2. Les mesures d'accompagnement et recommandations pour le long terme | 67 |
| Conclusion..... | 68 |

Conclusion générale

| | |
|-----------------------------------|----|
| Conclusion générale | 70 |
| Références bibliographiques | 73 |
| Annexes | |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1: Aléas, Enjeux et Risques selon la définition classique. (Henaff A et Philippe M, 2014)..... | 15 |
| Figure 2: Les variables utilisées pour un IVC multi-échelle en Irlande du Nord (McLaughlin et Cooper, 2010). | 19 |
| Figure 3: Limites administrative de la wilaya de Jijel. (PNTaza, Comm. Pers.) | 22 |
| Figure 4: Délimitation et grille de vulnérabilité du Parc National de Taza..... | 22 |
| Figure 5: Carte géologique de la Petite Kabylie. (Djellit H, 1987)..... | 23 |
| Figure 6: Esquisse géomorphologique du secteur Est de l'Algérie. (Boutiba M.)..... | 24 |
| Figure 7: Carte bathymétrique de la zone d'étude..... | 24 |
| Figure 8: Variation des températures moyennes mensuelles à la station de l'Achouat (Période : 1987-2008) (ONM, 2008 in Nechnache F, 2015) | 26 |
| Figure 9: Diagramme ombrothermique de la station de l'Achouat (1987- 2008). (ONM, 2008 in Nechnache F, 2015)..... | 27 |
| Figure 10: Carte des réseaux structurants de la zone côtière du PNTaza..... | 29 |
| Figure 11: Carte géologique de la partie côtière du PNTaza..... | 34 |
| Figure 12: Carte de vulnérabilité côtière selon à la géologie de la côte du PNTaza. | 35 |
| Figure 13: Carte de la vulnérabilité côtière selon à la géomorphologie de la côte..... | 36 |
| Figure 14: Extraction de la zone d'étude à partir de l'image satellitaire sur « <i>QGIS 2.4.0</i> ». ... | 37 |
| Figure 15: Réalisation d'une carte des pentes sur « <i>Global Mapper v 15.2</i> »..... | 38 |
| Figure 16: Carte des pentes du PNTaza..... | 38 |
| Figure 17: Carte de vulnérabilité côtière selon à la pente côtière. | 39 |
| Figure 18: Elévation moyenne du niveau des mers entre 1900-2010 à gauche et l'élévation du niveau moyen des mers entre 2010-2100 à droite. (GIEC, 2013) | 40 |
| Figure 19: Différence d'élévation du niveau des eaux sur la période 1961-1990 et 2070-2099. (Tsimplis et al, 2008)..... | 41 |
| Figure 20: Carte de la vulnérabilité côtière selon l'élévation du niveau de la mer du PNTaza. | 41 |
| Figure 21: Création des répertoires et superposition des traits de côte sous <i>Google Earth Pro</i> | 43 |
| Figure 22: Géoréférencement et digitalisation des traits de côte sous <i>ArcMap 10.2</i> | 43 |
| Figure 23: Carte de l'évolution du trait de côte au niveau de la plage de Bourdj Blida Est Jusqu'à Késsir entre 2011 et 2016..... | 44 |
| Figure 24 : Carte de la vulnérabilité côtière selon l'évolution du trait de côte du PNTaza. | 45 |

| | |
|--|----|
| Figure 25: Carte de vulnérabilité côtière selon le marnage. | 46 |
| Figure 26: Organigramme du déroulement des étapes de la réalisation de la réfraction. (Assassi C et Otmani H, 2010) | 48 |
| Figure 27: Réfraction d'une houle du secteur ouest (270°) pour une période de 6s. | 48 |
| Figure 28: Carte de vulnérabilité côtière selon la hauteur des vagues au niveau de la côte..... | 49 |
| Figure 29: Courbe des fréquences cumulées de l'IVC. | 50 |
| Figure 30: Carte de vulnérabilité côtière physique du PNTaza. | 51 |
| Figure 31: Pourcentage du linéaire côtier du PNTaza pour chaque niveau de vulnérabilité physique..... | 52 |
| Figure 32: Extrait de la carte de concentration de la population selon la dispersion et les communes. (PATW Jijel, 2010) | 55 |
| Figure 33: Carte de vulnérabilité côtière selon la population..... | 56 |
| Figure 34: Extrait d'une carte de potentialité de la Wilaya de Jijel. (PNTaza, comm. Pers) ... | 57 |
| Figure 35: Carte de vulnérabilité côtière selon le patrimoine culturel du PNTaza. | 58 |
| Figure 36: Cartes de vulnérabilité côtière relative aux routes et voies ferrées..... | 59 |
| Figure 37: Carte d'occupation du sol du PNTaza du 13 décembre 2015. (Lamani B, Mouissi K, 2016)..... | 60 |
| Figure 38: Carte de vulnérabilité côtière selon l'occupation du sol du PNTaza. | 61 |
| Figure 39: Carte de la vulnérabilité socioéconomique du PNTaza. | 62 |
| Figure 40: Evolution du trait de côte au niveau de la plage des Aftis entre 2011 et 2016. | 78 |
| Figure 41: Evolution du trait de côte au niveau des plages du Rocher Noir jusqu'à Bourdj Blida Ouest entre 2011 et 2016. | 78 |
| Figure 42: Evolution du trait de côte au niveau des plages de Bourdj Blida Est jusqu'à Késsir entre 2011 et 2016. | 79 |
| Figure 43: Evolution du trait de côte au niveau de la plage d'El Aouana entre 2011 et 2016.. | 79 |
| Figure 44: Evolution du trait de côte au niveau de la plage de Dar El Oued entre 2011 et 2016. | 80 |
| Figure 45: Réfraction d'une houle du secteur nord-est (45°) pour une période de 6s..... | 83 |
| Figure 46: Réfraction d'une houle du secteur nord (360°) pour une période de 6s. | 84 |
| Figure 47: Réfraction d'une houle du secteur nord-ouest (315°) pour une période de 6s..... | 84 |

Liste des photos

| | |
|---|----|
| Photo 1: Echantillonnage et relevé géologique. | 33 |
| Photo 2: Réhabilitation des espaces dunaire. (Expérience aux Cabanes de Fleury, France) ... | 66 |
| Photo 3: Route nationale N° 43 traversant les falaises du PNTaza. | 67 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1: Caractéristiques des principaux Oueds du réseau hydrographique du Parc National de Taza. (DHW Jijel, 2005 in DEW Jijel, 2007) | 25 |
| Tableau 2: Régime saisonnier annuel des précipitations dans la région de Jijel. (L.E.M, 2011). | 25 |
| Tableau 3: Températures moyennes mensuelles à la station d'Achouat (Période : 1987-2008). (ONM, 2008 in Nechnache F, 2015) | 26 |
| Tableau 4: Directions et vitesses du vent dans la région de Jijel (entre 04/2010 et 03/2015) (Nechnache F, 2015)..... | 27 |
| Tableau 5: Fréquence mensuelle de la houle au large par direction. (L.E.M, 2011)..... | 28 |
| Tableau 6: Classification des variables de la vulnérabilité côtière physique. (Thieler et Hammar-Klose, 1999, 2000a et 2000b) | 32 |
| Tableau 7: Caractéristiques de la houle au large dans la région de Jijel. | 47 |
| Tableau 8: Classes de vulnérabilité selon les valeurs de l'IVC _{phy} | 50 |
| Tableau 9: Classe des caractéristiques socio-économiques utilisées pour le calcul de l'indice de vulnérabilité selon une échelle régionale. (Mclaughlin et al., 2010)..... | 54 |
| Tableau 10: Classes pour les désignations de la conservation utilisées dans l'indice de vulnérabilité socio-économique..... | 61 |
| Tableau 11: Les différentes classes de la vulnérabilité côtière socio-économique. | 62 |
| Tableau 12: Les différentes classe de la vulnérabilité socioéconomique selon les six variables utilisées pour l'évaluation dans le PNTaza | 63 |
| Tableau 13: Evolution du trait de côte au niveau des Aftis entre 2011 et 2016..... | 80 |
| Tableau 14: Evolution du trait de côte au niveau des plages du Rocher Noir jusqu'à Bourdj Blida Ouest entre 2011 et 2016. | 81 |
| Tableau 15: Evolution du trait de côte au niveau des plages de Bourdj Blida Est jusqu'à Késsir entre 2011 et 2016. | 81 |
| Tableau 16: Evolution du trait de côte au niveau de la plage d'El Aouana entre 2011 et 2016. | 82 |
| Tableau 17: Evolution du trait de côte au niveau de la plage de Dar El Oued entre 2011 et 2016. | 83 |
| Tableau 18: Scores de vulnérabilité côtière physique. | 85 |
| Tableau 19: Scores de vulnérabilité côtière socioéconomique..... | 88 |

Liste des abréviations et acronymes

A.M.P. : Aire Marine Protégée.

B.T.P. : Bâtiment et Travaux Publics.

D.A.T.E. : Direction de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

D.D.T.V. : Direction Départementale des Territoires de la Vienne.

D.E.W.J. : Direction de l'Environnement de la Wilaya de Jijel.

D.P.A.T. : Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire.

D.P.R.H. : Direction de la Pêche et des Ressources Halieutiques.

E.N.S.S.M.A.L. : Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral.

G.I.E.C. : Groupe Inter-gouvernemental d'Études sur le Climat.

G.I.Z.C. : Gestion Intégrée des Zones côtières.

G.P.S. / D.G.P.S. : Global Positioning System / Differentiel Global Positioning System.

I.V.C. / C.V.I. : Indice de Vulnérabilité Côtière/Coastal Vulnerability Index.

M.A.T.E. : Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

M.E.D.D.T.L. : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement.

O.M.M. : Organisation Météorologique Mondiale.

O.N.U.E. : Organisation des Nations Unies pour l'éducation.

P.A.T.W. : Plan d'Aménagement du Territoire de la Wilaya.

P.N.Taza : Parc National de Taza.

P.N.U.E. : Programme des Nations Unies pour l'Environnement.

P.P.R.L. : Plan de Prévention de Risques Littoraux.

R.R.A. : Regional Risk Assesment.

S.I.G. : Système d'Information Géographique.

S.W.A.N. : Simulating WAVes Nearschore.

Z.E.S.T. : Zones d'Expansion et Sites Touristiques.

Introduction générale

Introduction générale

Les littoraux constituent des environnements fragiles dans lesquels se manifestent de multiples facteurs d'évolution aux actions, interactions et rétroactions complexes. Les hommes doivent savoir utiliser ces milieux sans en abuser. (Paskoff R, 1992)

Les problèmes liés à l'érosion côtière sont une source de préoccupation croissante et les prédictions concernant les changements climatiques et la hausse du niveau marin ne font qu'accroître les inquiétudes à ce sujet (Xhardé R, 2007). Il existait depuis longue durée des variations du niveau de la mer, à l'échelle du siècle ou du millénaire, qui peuvent atteindre des amplitudes de plusieurs mètres ou de plusieurs dizaines de mètres et avoir, par là même, des conséquences importantes sur les établissements humains. (Paskoff R, 1992)

Selon le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), actuellement, 40 % de la population mondiale vit à moins de 100 km de la mer. C'est pourquoi la protection de ces régions contre les risques naturels côtiers revêt une importance majeure.

En effet, la conjugaison des forts aléas littoraux et d'enjeux considérables concentrés sur un espace réduit crée une grande vulnérabilité sur la frange côtière.

Le Parc National de Taza (PNTaza) qui se situe à l'Est de l'Algérie dans la wilaya de Jijel et qui fait l'objet de notre mémoire de fin d'étude, s'étend sur une trentaine de kilomètre de linéaire côtier, qui revêt une importance économique, sociale et écologique, a été touché par un séisme désastreux le 21 et le 22 Aout 1856 engendrant ainsi un tsunami qui a pu araser la ville de Jijel.

Le tourisme, la pêche et l'agriculture étant les activités économiques majeures de la côte du PNTaza, leur développement est conditionné par leur vulnérabilité. Cette dernière, qui a fait l'objet de plusieurs études et travaux de recherches scientifiques, est devenu une préoccupation mondiale.

La gestion des risques côtiers implique l'évaluation de la vulnérabilité dans les milieux naturels et humains. Pour cela plusieurs méthodes ont été développées afin d'évaluer le degré de vulnérabilité. Dans notre travail trois questions de base se posent :

- Quelle méthode peut-on prendre pour évaluer la vulnérabilité de la côte du PNTaza ?
- Comment peut-on évaluer la vulnérabilité côtière du PNTaza ?
- Quelles mesures peut-on prendre pour s'adapter ou atténuer les dégâts que puissent provoquer une élévation du niveau de la mer ?

Le présent travail, consiste à suivre une démarche afin de répondre aux questions précédentes. Pour cela, un indice de vulnérabilité côtière a été élaboré, pour évaluer le degré de vulnérabilité de notre zone d'étude.

Ce mémoire est subdivisé en cinq chapitres, qui se déroulent comme suit :

Chapitre 1 : Présentation des généralités sur les concepts de la vulnérabilité et le risque côtiers.

Chapitre 2 : présentation de notre zone d'étude.

Chapitre 3 : Evaluation de la vulnérabilité côtière, à travers l'élaboration d'un indice combinant des variables physiques afin d'identifier les secteurs à risque et ceux les plus exposés à une élévation du niveau de la mer.

Chapitre 4 : Evaluation de la vulnérabilité côtière, à travers l'élaboration d'un indice combinant des variables socio-économiques, afin d'identifier les secteurs ayants des valeurs sociales et économiques, et qui présentent un enjeu qui doit être protégé face aux risques de l'élévation du niveau de la mer.

Chapitre 5 : Mettre en place une stratégie d'adaptation, à travers des mesures de protection à court et à moyen terme, ainsi que des mesures de gestion et d'accompagnement à long terme, destiné à la partie prenante.

Chapitre 1
Généralités sur la vulnérabilité et le risque
côtiers

1. Définitions

1.1. La vulnérabilité

Le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat (GIEC) définit la vulnérabilité climatique comme « le degré auquel 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 ».

1.2. L'aléa

C'est la conséquence physique résultante d'un scénario d'événements. La transcription spatiale de l'aléa permet de le représenter et de le qualifier. L'aléa est caractérisé par son occurrence et son intensité. (DDTV, 2012)

1.3. Le risque

Plusieurs définitions ont été données par plusieurs auteurs relatives au concept du risque, mais ils convergent vers une seule opinion.

Le risque est défini en tant qu'un événement dommageable, doté d'une certaine probabilité, conséquence d'un aléa survenant dans un milieu vulnérable. (Bourrelier P H, 1997). (Fig.01)

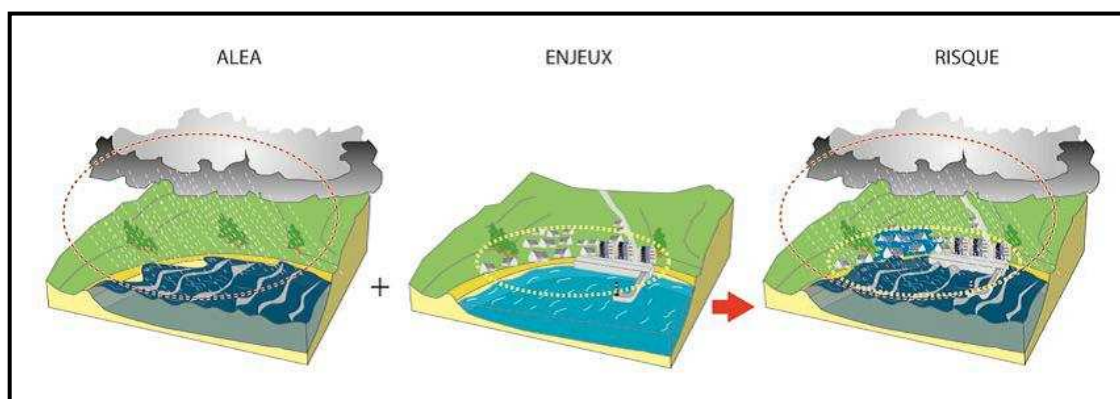


Figure 1: Aléas, Enjeux et Risques selon la définition classique. (Henaff A et Philippe M, 2014)

Aussi, le risque est défini par l'équation suivante :

$$\text{Risque} = (\text{Aléa} * \text{Vulnérabilité}) / \text{Résilience}.$$

Si le milieu où l'aléa surgit est vulnérable et sa résilience est faible, le risque augmente. Donc on essaye de jouer sur la résilience afin de réduire le risque.

Généralités sur la vulnérabilité et le risque côtiers

1.4. Enjeux, Exposition, Sensibilité, Résistance et Résilience

- **Les enjeux** sont les Personnes, les biens, les activités, les moyens, le patrimoine...etc, susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel. (DDTV, 2012)
- **L'exposition** est la probabilité de subir des pertes dues à un risque (Dow, 1993).
- **La sensibilité** est la probabilité qu'un changement physique se produise (Shaw et al., 1998). Cette notion apparaît donc assez proche de celle de la vulnérabilité si ce n'est qu'elle n'intègre pas la composante sociale et économique généralement incluse dans cette dernière.
- **La résistance** est la capacité d'un système à résister face à un événement ou phénomène non souhaité.
- **La résilience** est, pour sa part, plus difficile à définir. De façon générale, elle désigne la capacité d'un système à revenir dans son état initial après avoir subi un stress (Klein et al., 2003). Cependant, cette définition peut varier selon les domaines d'application.

1.5. La résilience côtière

Est définie comme « la capacité auto-organisante de la côte à conserver ses fonctions actuelles et potentielles lors de modifications des conditions hydrauliques et géomorphologiques » (Klein et al., 2003). Cependant, bien que certains présentent la résilience comme une composante déterminante de la vulnérabilité, elle demeure, selon Klein et al. (2003), un concept relativement vague et mal défini ne pouvant pas encore être considéré comme un outil de gestion efficace.

La résilience ↗ → Le risque ↘

1.6. La vulnérabilité côtière

C'est la probabilité des enjeux côtiers tels les Enjeux patrimoniaux (culturel et naturel) et anthropique comme (les bâties, les pressions démographiques, les activités industrielles,...) à subir des dommages due à l'exposition de Ces derniers.

2. Phénomènes affectant directement la zone côtière (Les aléas littoraux)

2.1. L'aléa de submersion marine

Les submersions marines sont des inondations temporaires de la zone côtière par la mer lors de conditions météorologiques et océaniques défavorables (basses pressions atmosphériques et fort vent d'afflux agissant, pour les mers à marée, lors d'une pleine mer). (PPRL, 2014)

Généralités sur la vulnérabilité et le risque côtiers

Selon le guide méthodologique des PPRL (2014); trois modes de submersion marine sont distingués :

- Submersion par débordement, lorsque le niveau marin est supérieur à la cote de crête des ouvrages ou du terrain naturel
- Submersion par franchissements de paquets de mer liés aux vagues, les paquets de mer dépassent la cote de crête des ouvrages ou du terrain naturel après déferlement de la houle.
- Submersion par rupture du système de protection, lorsque les terrains situés en arrière sont en dessous du niveau marin : défaillance d'un ouvrage de protection ou formation de brèche dans un cordon naturel, suite à l'attaque de la houle (énergie libérée lors du déferlement), au mauvais entretien d'un ouvrage, à une érosion chronique intensive, au phénomène de surverse, à un déséquilibre sédimentaire du cordon naturel, etc.

2.2. La submersion marine par un tsunami

Les grandes ondes marines d'origine sismique, que l'on appelait « raz de marée » et désignées actuellement universellement du nom japonais « tsunamis » (vague de mort), sont parmi les phénomènes physiques d'origine hydraulique les plus frappants. Tous les peuples vivant près des mers ont des histoires, des traditions et des légendes relatives à de tels phénomènes. (Bonnefille R, 2010)

2.3. Le Risque d'érosion

L'érosion littorale est considérée comme un aléa dès lorsqu'elle se traduit par un recul du trait de côte pouvant occasionner des dommages.

Le recul du trait de côte est le déplacement vers l'intérieur des terres de la limite entre le domaine marin et le domaine continental. Généralement, c'est la conséquence d'une perte de matériaux sous l'effet de l'érosion marine, érosion naturelle induite par les forces marines, combinée parfois à des actions continentales, ou d'une érosion générée ou accélérée par l'homme (sur-fréquentation, extraction, aménagements et ouvrages de protection, urbanisation proche du littoral entraînant des ruissellements de surface et la présence de réseaux,...etc.).(PPRL, 2014)

2.4. L'évaluation de la vulnérabilité côtière

Toute planification en zone côtière nécessite une évaluation quantitative du degré de vulnérabilité. Cette évaluation a pour objectif de réduire la vulnérabilité à d'éventuels risques pour l'environnement et la société.

Généralités sur la vulnérabilité et le risque côtiers

L'évaluation de la vulnérabilité est un processus d'estimation, pour une zone côtière donnée, de la probabilité d'occurrence d'un phénomène potentiellement dangereux d'une amplitude donnée et à une période donnée.

3. Quelques méthodes d'évaluation de la vulnérabilité côtière

Plusieurs méthodes ont été développées pour l'évaluation de la vulnérabilité côtière face aux changements climatiques contemporains et leurs effets, parmi ces méthodes on cite les plus couramment utilisées. Leur description est structurée en trois grandes catégories :

3.1. Les méthodes basées sur la production d'indices de vulnérabilité

Les indices produits peuvent être visualisés sous forme de carte de vulnérabilité de code couleur pour mettre en évidence les régions où les facteurs qui contribuent à une modification du littoral peuvent avoir le plus grand potentiel.

- **Indice de vulnérabilité côtière IVC**

L'indice de vulnérabilité côtière (IVC) est l'une des méthodes les plus couramment utilisées et simples pour évaluer la vulnérabilité des côtes, notamment en raison de l'érosion et / ou inondation (Gornitz, 1991).

- **Indice de vulnérabilité côtière pour l'élévation du niveau de la mer « CVI SLR »**

Özyurt et al. (2009) a développé un indice de vulnérabilité côtière pour évaluer les impacts induits par l'élévation du niveau de la mer. L'indice est déterminé par l'intégration de 5 sous-indices, chacun correspondant à un impact spécifique à une éventuelle élévation du niveau de la mer.

- **Indice de vulnérabilité côtière composé**

Szlafsztein et Sterr (2007) ont formulé un indice combinant un certain nombre de variables distinctes qui reflètent les caractéristiques naturelles et socio-économiques qui contribuent à la vulnérabilité côtière due aux risques naturels. La méthode de classification utilisée est l'algorithme de pauses naturelles de Jenks. Par conséquent, chacune de ces variables est pondérée en fonction de son importance dans la détermination de la vulnérabilité des zones côtières aux risques naturels.

- **Indice de vulnérabilité côtière multi-échelle « CVI multi-scale »**

McLaughlin et Cooper (2010) ont développé un IVC multi-échelle. L'indice intègre trois sous-indices: (1) un sous-indice caractéristique côtière, décrivant la résilience et la vulnérabilité du littoral à l'érosion, (2) un sous-indice de forçage côtier, caractérisant les variables de forçage qui contribuent à l'érosion côtière induite par les vagues, (3) et un sous-indice socio-économique, décrivant des cibles potentiellement à risque.

Généralités sur la vulnérabilité et le risque côtiers

Le calcul de chaque sous-indice est déterminé sur la base de diverses variables, dont l'identification spécifique (nombre et typologie) dépend de l'échelle de l'application considérée. La figure 2 illustre les variables utilisées pour calculer les trois sous-indices.

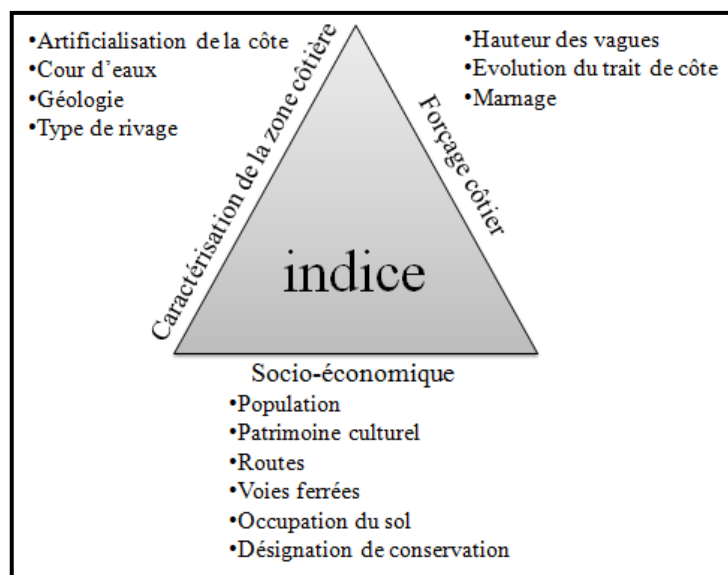


Figure 2: Les variables utilisées pour un IVC multi-échelle en Irlande du Nord (McLaughlin et Cooper, 2010).

Les variables identifiées sont ensuite classées selon une échelle 1-5 (selon Gornitz, 1990)

L'IVC finale est calculé par la moyenne des trois valeurs de sous-index, comme indiqué dans la formule ci-dessous :

$$\text{IVC} = (\text{Sous indice de caractérisation de la zone côtière} + \text{sous indice des forçages côtiers} + \text{sous indice socio- économique})/3$$

3.2. Les méthodes basées sur l'utilisation du SIG

L'évaluation de la vulnérabilité à risque est une composante clé pour les zones côtières. Par exemple, les analyses de risque multi-modèles décrivent et analysent dans le livre édité par Marcomini et al. (2009), et en se concentrant sur les zones côtières, des fins de gestion de l'eau.

Une méthodologie intégrée d'évaluation des risques régionale (RRA) a été développée et incluse dans le système de soutien basé sur le SIG pour l'évaluation des incidences des changements climatiques des zones côtières (Torresan et al., 2008).

3.3. Les méthodes basées sur des modèles dynamiques informatiques (McLeod et al., 2010)

- Méthodes sectorielles : Des méthodes basées sur des secteurs particuliers, des thèmes ou échelle d'application;
- Modèles multi échelles et multisectoriels (SIMCLIM ; est un logiciel qui permet d'évaluer les risques relatifs aux changements climatiques).

Généralités sur la vulnérabilité et le risque côtiers

Dans notre étude le choix est tombé sur la méthode de l'évaluation d'un indice de vulnérabilité côtière (IVC), car il vise à simplifier et à présenter l'information dans une forme facilement compréhensible, et par conséquent il sera recommandé pour une éventuelle intervention et de prise de décision des gestionnaires du littoral. Aussi, l'indice de vulnérabilité côtière prend en considération des variables que se soit physiques et/ou socio-économique, pour élaborer deux indices (IVC physique et IVC socio-économique), qui peuvent être pertinentes pour la représentation de l'état d'une zone donnée.

Chapitre 2
Présentation de la zone d'étude

1. Situation géographique

Le Parc National de Taza (PNTaza) se trouve dans la wilaya de Jijel qui est située au Nord-Est de l'Algérie, entre les latitudes 36° 30' N et 37° N et les longitudes est 6° 20' et 5° 35' (Fig.3).

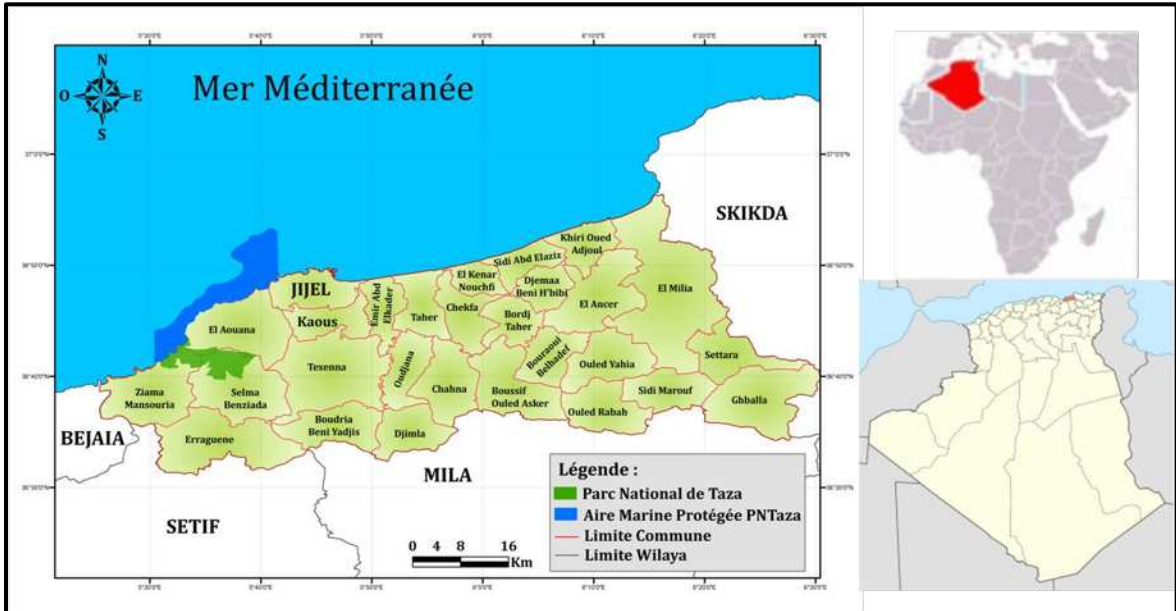


Figure 3: Limites administrative de la wilaya de Jijel. (PNTaza, Comm. Pers.)

Le Parc national de Taza a été créé par Décret n° 84-328 du 03/11/1984. Sa superficie totale est de 3 807 hectares, répartis sur les communes d'El-Aouana, de Selma, de Ziam Mansouriah et de Jijel. Il s'ouvre sur la mer avec 9 kilomètres de plage et de corniche (DPAT de la wilaya de Jijel, 2006 in Chakour, 2012), L'extension marine du PNTaza s'étend sur 35 km de linéaire côtier. (Fig.04)

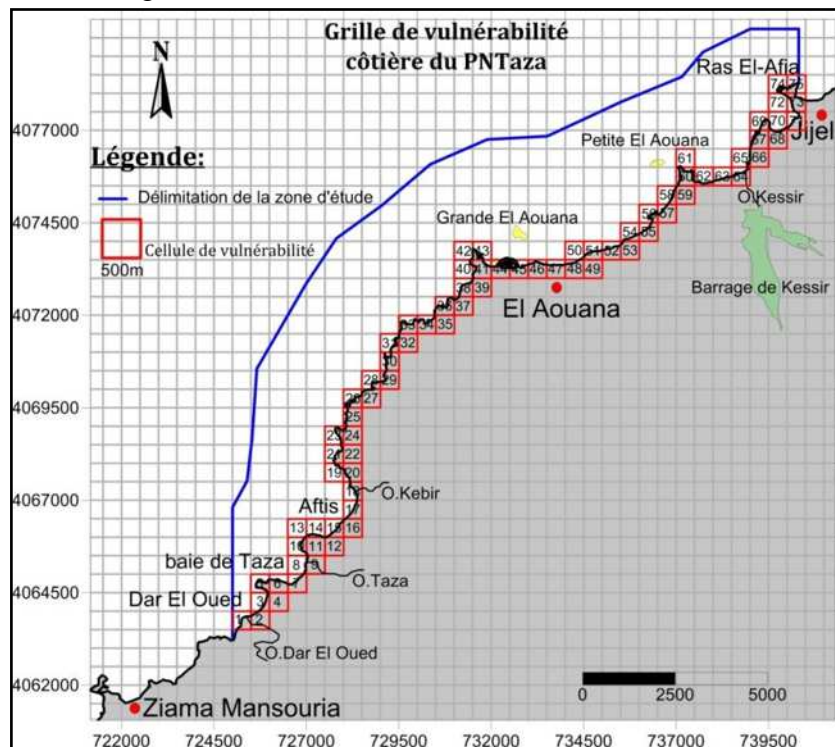


Figure 4: Délimitation et grille de vulnérabilité du Parc National de Taza.

2. Contexte géologique

De l'est vers l'ouest le PNTaza est façonné dans des roches d'âges et de types différents, comme le montre la figure 5.

Du cap Ras El-Afia à El Aouana (Cavallo) : on trouve des roches sédimentaires d'une alternance entre le grès et l'argile qui s'appelle grès Numidien d'âge Méocène ($23 \text{ Ma} \pm 5\text{Ma}$). La morphologie de cette zone présente un relief bas.

Au niveau d'El Aouana (Cavallo) : on trouve des roches magmatiques, essentiellement des granites d'âge Miocène ($23 \text{ Ma} \pm 5\text{Ma}$).

A partir des Aftis : on assiste à une dominance des roches sédimentaires calcaires, d'âge Jurassique, qui appartiennent aux unités Telliennes de la chaîne de montagnes des Babors.

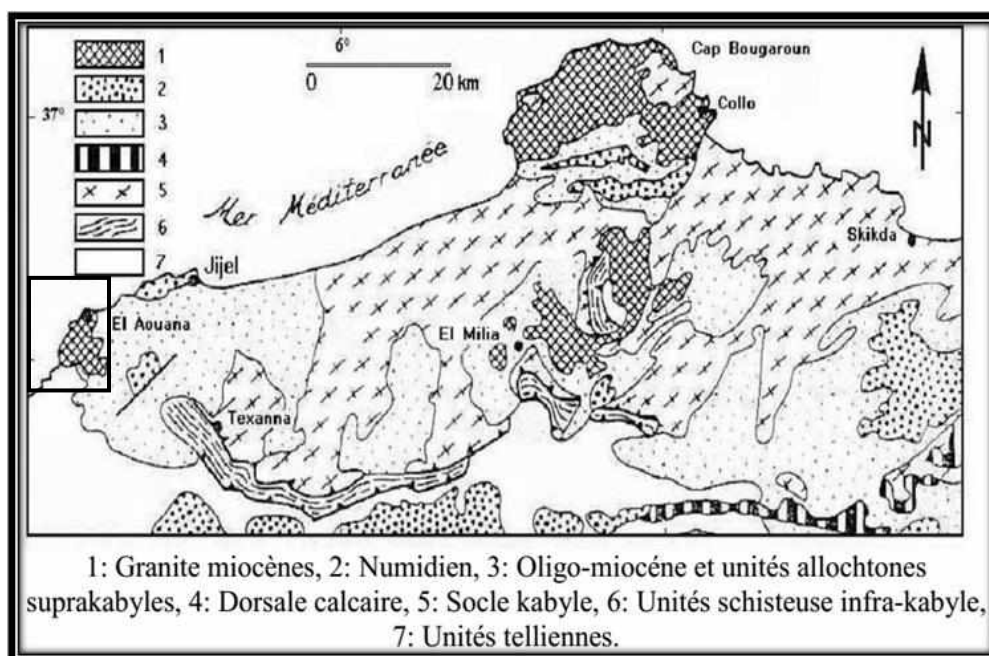


Figure 5: Carte géologique de la Petite Kabylie. (Djellit H, 1987)

3. Contexte géomorphologique

La côte du PNTaza occupe la partie est du golf de Bougie.

Cette côte se présente sous forme d'une succession de petites baies tels que la baie de Taza, de criques, de plages à faciès sédimentaire diversifier (plage à sable fin des Aftis, ou graveleuse de l'Aouana) et de falaises comme les falaises des Grottes Merveilleuses. (Fig.06)

La côte entre Ziama Mansouria et El-Aouana est de type rocheuse à falaise abrupte, taillée dans :

- Des roches sédimentaire à relief karstique, qui ont formé des grottes.
- Des roches magmatiques à l'instar des celles qui longent le massif d'El-Aouana.

A l'est, entre El-Aouana et Ras El Afia, la côte est plutôt basse et taillée dans une roche sédimentaire.

Présentation de la zone d'étude

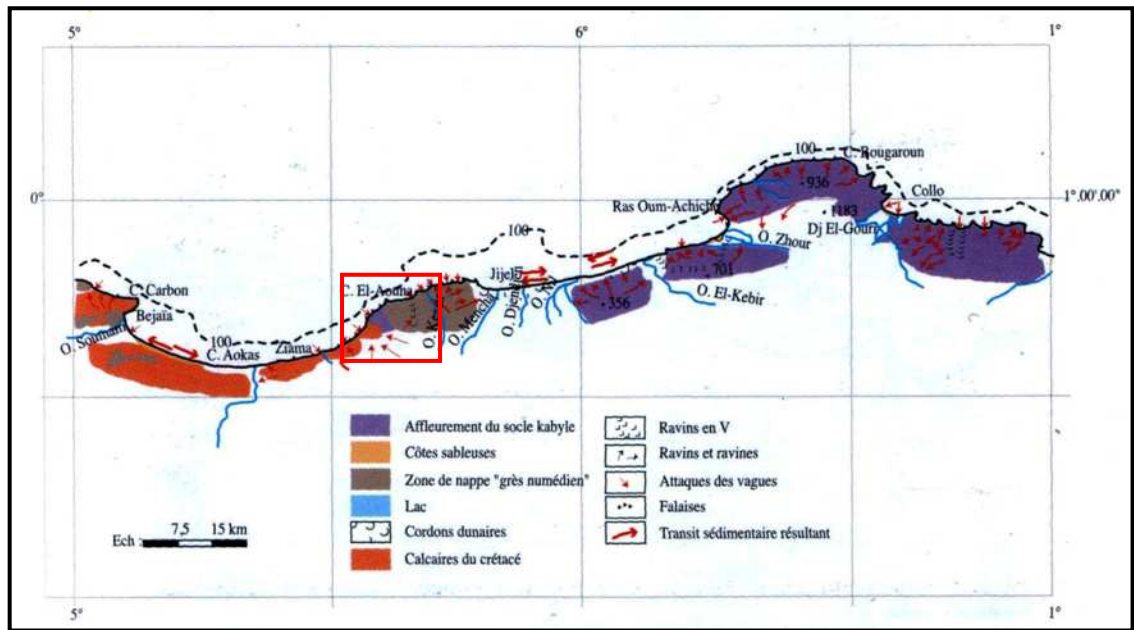


Figure 6: Esquisse géomorphologique du secteur Est de l'Algérie. (Boutiba M.)

Dans la partie marine on retrouve des îles et îlots, tel que L'île «Grande El Aouana ou Grande Cavallo» et L'île « Petite El Aouana ou Petite Cavallo ».

D'après la carte (Fig.07) on remarque l'existence d'un corniche a bord indenté, plonge vers la plaine abyssale, encadrée par deux vallées sous-marines : celles de Ziama et de Cavallo en confluence vers 2000 mètres au pied du massif.

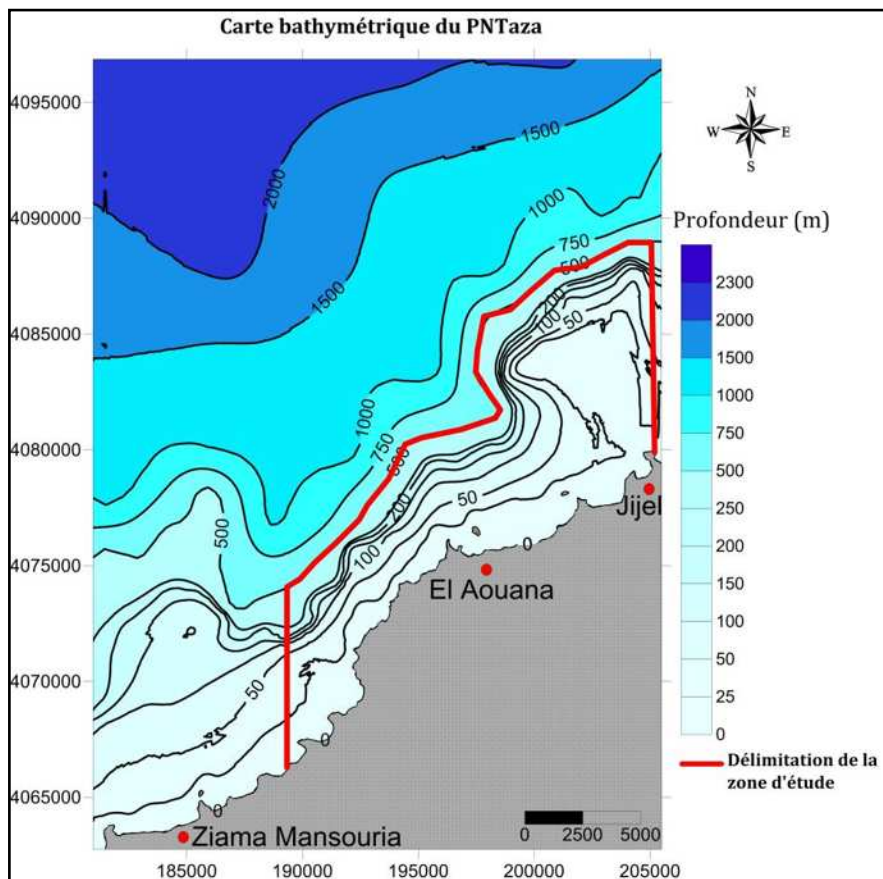


Figure 7: Carte bathymétrique de la zone d'étude. (PNTaza, comm. Pers.)

4. Contexte hydrographique

Le réseau hydrographique de PNTaza est constitué essentiellement de quatre (04) oueds. (Tab.1)

Tableau 1: Caractéristiques des principaux Oueds du réseau hydrographique du Parc National de Taza. (DHW Jijel, 2005 in DEW Jijel, 2007)

| Nom de l'oued | Sous Bassin versant (Km ²) | Longueur Km | Débit moyen annuel Hm ³ /An | Situation par rapport aux agglomérations |
|-------------------------|--|-------------|--|--|
| Kessir | 868 | - | 27,3 | 8 Km Ouest Agglomération Jijel |
| Bourchaid | 26,8 | - | - | 4,5 Km Agglomération El Aouana |
| Taza | 68,4 | - | - | 7 Km Est Agglomération Ziama |
| Oued Dar El Oued | 49,2 | 60 | - | 4.5 Km Est Agglomération Ziama |

Ces oueds constituent la principale source d'alimentation en matériaux d'origine terrigène des plages, et par voie de conséquence ils interviennent dans la morpho-dynamique des plages que le PNTaza comprend.

5. Contexte climatique

L'analyse du climat se fait essentiellement sur la base des précipitations et de la température, qui s'avèrent les paramètres les plus importants, en raison de la facilité de leur représentation spatio-temporelle.

5.1. Les précipitations

La wilaya de Jijel est l'une des régions les plus arrosées de l'Algérie. La région reçoit des précipitations abondantes. On note que le nombre de jours pluvieux par an est de 111 jours et cette précipitation correspond à 1200 mm/an. (LEM, 2011).

Tableau 2: Régime saisonnier annuel des précipitations dans la région de Jijel. (L.E.M, 2011).

| Saison | Hiver | Printemps | Eté | Automne |
|------------------|-------|-----------|-----|---------|
| Précipitation(%) | 40 | 18 | 5 | 37 |

D'après le tableau 2, l'hiver et l'automne constituent les périodes les plus pluvieuses de l'année dans la région de Jijel.

5.2. Les températures

Les températures maximales et minimales moyennes enregistrées dans la station d'Achouat durant 1987 et 2008 sont respectivement 25,58°C pendant le mois d'Août et 11,46°C en Février. (Tab.3 et Fig.8)

Tableau 3: Températures moyennes mensuelles à la station d'Achouat (Période : 1987-2008). (ONM, 2008 in Nechnache F, 2015)

| Station \ Mois | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | "T" moy |
|----------------|-------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| L'Achouat | 24,16 | 21,1 | 14,96 | 12,5 | 11,7 | 11,46 | 13,62 | 15,23 | 18,47 | 21,61 | 24,83 | 25,56 | 17,93 |

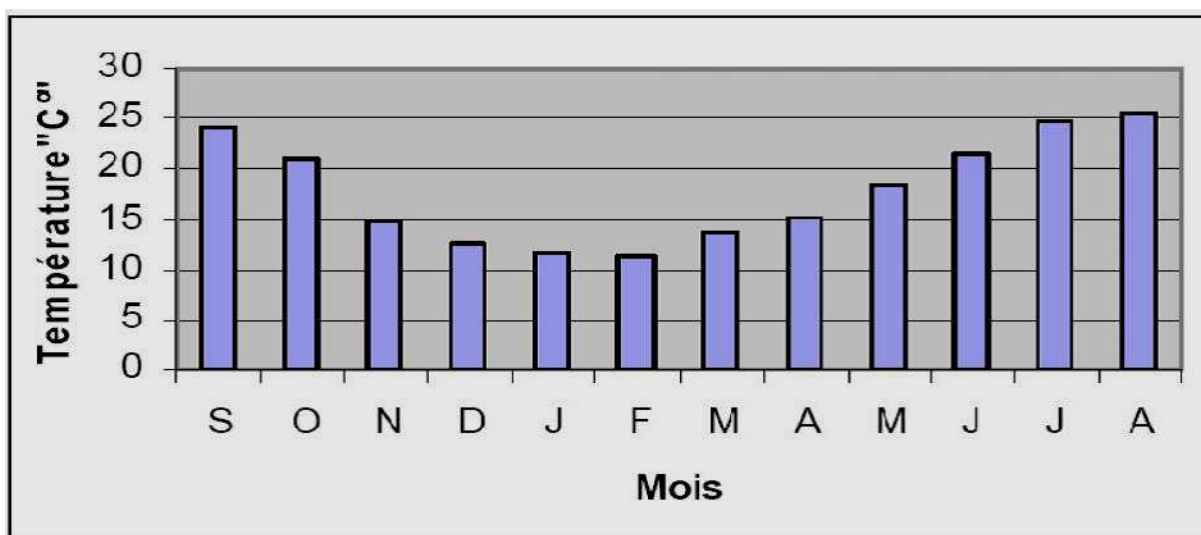


Figure 8: Variation des températures moyennes mensuelles à la station de l'Achouat (Période : 1987-2008) (ONM, 2008 in Nechnache F, 2015)

5.3. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

La combinaison des données des précipitations et celles des températures permet de mettre en évidence les périodes sèches et humides au cours de l'année grâce au diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen. (ONUE, 1963)

A partir de ce diagramme, on constate que l'année hydrologique de cette zone est caractérisée par deux saisons bien distinctes (fig.09) : L'une humide s'étale du mois de septembre jusqu'au mois de mai, et l'autre saison sèche s'étale du mois de juin au mois d'août.

Présentation de la zone d'étude

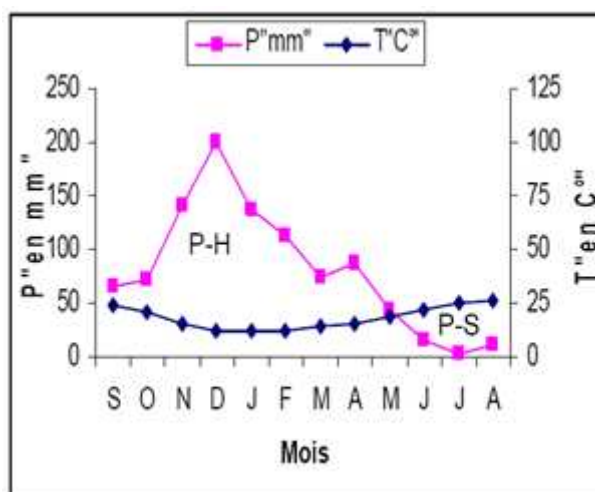


Figure 9: Diagramme ombrothermique de la station de l'Achouat (1987- 2008). (ONM, 2008 in Nechnache F, 2015)

‘P-H : période humide / P-S : période sèche’

5.4. Le vent

Le vent constitue un élément primordial à prendre en considération dans toute étude relative à la zone côtière car il provoque non seulement l'agitation de la mer qui est elle-même génératrice de certains phénomènes tels que les houles et les courants de surface, mais aussi le déplacement d'importantes quantités de sable le long de la côte dans les régions à climat sec. (ONUE, 1963)

Les statistiques se basent sur les observations allant d'avril 2010 à mars 2015 au niveau de la station d'Achouat.

Les vents dominants dans la région d'étude sont ceux du nord-ouest et nord-est. Ils sont plus fréquents durant la période novembre-mai.

Tableau 4: Directions et vitesses du vent dans la région de Jijel (entre 04/2010 et 03/2015) (Nechnache F, 2015)

| Mois | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Jui | Aou | Sep | Oct | Nov | Dec | An |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| Direction du Vent dominant | → | → | → | → | ↘ | ↘ | ↘ | → | ↘ | ↘ | → | → | ↘ |
| Vitesse du vent (m/s) | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

Au niveau de la wilaya de Jijel et durant le premier 1^{er} et le 4^{ème} trimestre de l'année, les vents de l'ouest sont dominants (plus de 25% du temps) et une grande partie de ces vents a une vitesse supérieure à 8 m/s. Dans le 2^{ème} et le 3^{ème} trimestre, ce sont les vents du Nord Est et Est qui prédominent.

6. Contexte hydrodynamique

6.1. La houle

L'analyse statistique des données de houle au large de Jijel a permis de définir les secteurs de houle prédominants et leurs amplitudes respectives.

Tableau 5: Fréquence mensuelle de la houle au large par direction. (L.E.M, 2011)

| Mois | nord | nord-est | est | ouest | nord-ouest |
|------------------|-------|----------|-------|-------|------------|
| Janvier | 11.50 | 7.20 | 16.40 | 30.80 | 14.00 |
| Février | 8.40 | 6.00 | 12.40 | 39.60 | 14.50 |
| Mars | 8.50 | 5.50 | 12.90 | 35.50 | 20.40 |
| Avril | 8.40 | 8.80 | 15.20 | 39.40 | 18.60 |
| Mai | 8.60 | 15.90 | 17.30 | 31.70 | 13.10 |
| Juin | 10.10 | 15.30 | 19.50 | 30.10 | 14.60 |
| Juillet | 12.30 | 19.80 | 22.50 | 20.10 | 17.10 |
| Aout | 12.40 | 19.90 | 24.90 | 18.50 | 16.90 |
| Septembre | 12.00 | 14.20 | 29.20 | 17.70 | 15.80 |
| Octobre | 8.20 | 11.00 | 19.00 | 30.40 | 11.10 |
| Novembre | 4.20 | 3.60 | 7.90 | 40.10 | 19.60 |
| Décembre | 6.70 | 4.50 | 6.00 | 38.60 | 19.20 |
| Annuelle | 9.10 | 11.00 | 16.85 | 31.00 | 17.10 |

(Source: Summary of Synoptic Setéorologique Observation SSMO)

D'après le tableau 5, on remarque que les fréquences d'apparition de la houle au large sont comme suit :

- les houles d'Ouest, d'Est et de Nord–Ouest sont les plus fréquemment observées,
- les fréquences d'observations sur l'année des houles d'ouest sont prédominantes,
- les fréquences d'apparition sont plus faibles pour le secteur nord et nord–est.

7. Contexte socio-économique

5.1. La démographie

La densité moyenne de la population locale de la wilaya de Jijel est de 277 Hab / Km² (PATW Jijel, 2011). Si l'on tient compte du relief de cette dernière et de son taux de boisement, on considère que cette densité est relativement élevée.

Toutefois, comme le poids démographique des communes, la densité de la population est très disparate d'une commune à l'autre, elle varie entre 07 à 20 habitants au km² (Selma Benziada) et 2251 habitants au km² (Jijel).

Présentation de la zone d'étude

On constate une densité très élevée au niveau des communes littorales soit 482 Hab / Km² (PATW Jijel, 2011). Quant à notre zone d'étude, qui comprend les communes suivantes : Jijel, El Aouana et ZiamaMansouria, on constate une disparité entre la densité de population dans la commune de Jijel qui est très élevée et comparé aux autres communes, en effet, elle est moyenne au niveau de El Aouana, ZiamaMansouria et très faible à Selma Benziada.

5.2. Infrastructures

Les infrastructures jouent un rôle très important dans le développement socio-économique d'une région, mais elles peuvent avoir des conséquences en même temps sur l'équilibre côtier, surtout le domaine de la mer qui est si fragile. Le PNTaza contient quelques infrastructures qui peuvent avoir des conséquences sur l'environnement.

5.2.1. Réseau de communication (route et voie ferrée)

Les communes littorales de la wilaya de Jijel sont confortées par un réseau d'infrastructures techniques appréciables. La R.N.43 et 77, le chemin de fer desservant toute la région Nord de la wilaya, sont en mesure de garantir le développement de toute la région. (ANAT, 2006)

La partie ouest du littoral Jijilien, est reliée par la R.N 43 qui forme une corniche tout au long de la côte. (Fig.10)

Bien que la wilaya de Jijel dispose d'un réseau ferroviaire qui assure la liaison entre la wilaya de Skikda et Constantine jusqu'à la ville de Jijel, ce dernier ne parcourt pas notre zone d'étude. Car le réseau du chemin de fer s'arrête au niveau de la ville de Jijel. (Fig.10)

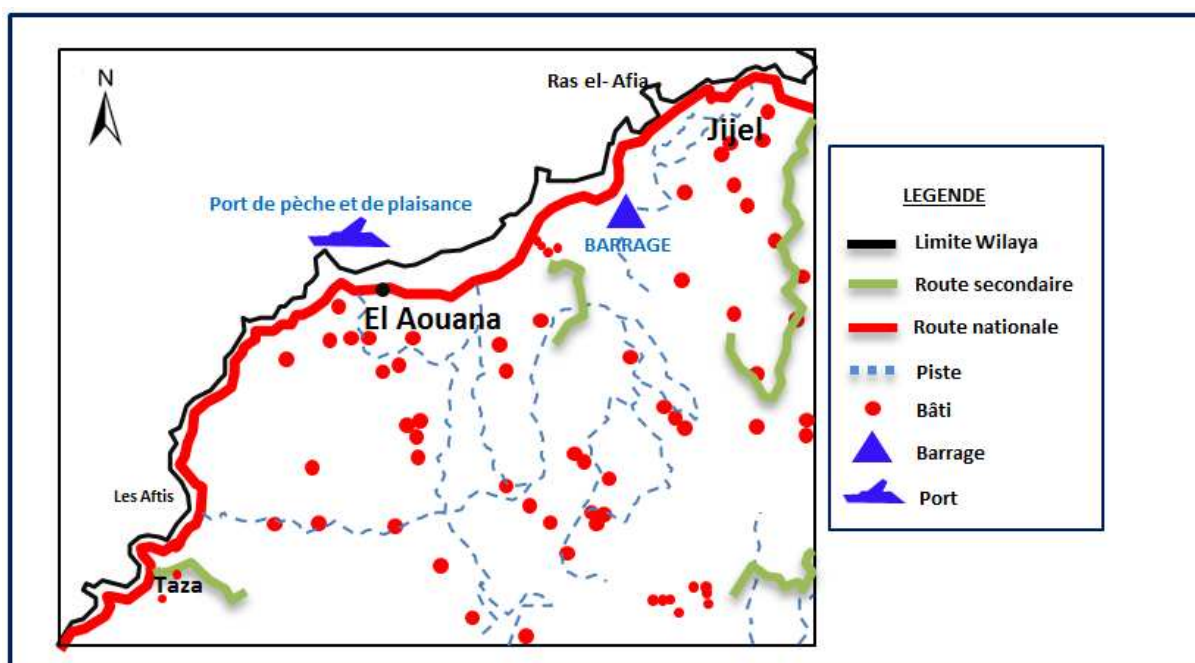


Figure 10: Carte des réseaux structurants de la zone côtière du PNTaza.

5.2.2. Ports et barrage

Notre zone d'étude comprend deux ports de pêche et un barrage. Le port de pêche de Ziama Mansouria est en cours d'exploitation par contre les travaux de celui d'El Aouana ne sont pas encore finalisés. (Fig.10)

Quant au barrage de Kessir qui a une capacité de 68 millions de m³/an (PATW Jijel, 2011), il se trouve dans la commune d'El Aouana, à environ 500m de l'embouchure de l'Oued de Kessir (distance calculé sur « *Google Earth Pro* »).

5.3. Patrimoine culturel

Le patrimoine culturel littoral englobe à la fois le patrimoine maritime et celui qui est issu de toutes les activités liées de près ou de loin à la mer. Il peut être matériel (architecture balnéaire, constructions militaires) ou immatériel (savoir-faire, modes d'existence, culture pratiquée dans une région...etc.). (Frémaux C, 2007)

Le PNTaza et son extension marine sont dotés d'un patrimoine culturel riche diversifié, ainsi qu'un patrimoine archéologique qui remonte à la civilisation Ibéro mauricienne.

Les éléments faisant partie du patrimoine culturel de notre zone d'étude sont à titre d'exemple le phare du cap Ras El Afia, les grottes merveilleuses, la caverne de Ghar El Bèz...etc.

Chapitre 3
Evaluation de la vulnérabilité côtière
physique

Introduction

L'analyse de la vulnérabilité est une analyse prospective pour un territoire à risque qui semble être indispensable pour les décideurs. Elle permet d'avoir une idée sur les modifications probables d'un littoral suite à une remontée du niveau marin. Elle permet aussi de savoir comment agir pour pouvoir atténuer les dégâts qui peuvent surgir suite à cette remontée du niveau marin, parmi ces dégâts on cite ; l'érosion côtière (le recul du trait de côte) suivi par une avancé de la mer au détriment des terres.

1. L'indice de vulnérabilité côtière physique (IVC_{physique})

Dans ce contexte, la vulnérabilité signifie la susceptibilité d'une zone côtière à 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 éventuelle élévation du niveau de la mer. (Niazi S, 2007)

Le long du PNTaza, chaque segment côtier aura une responsabilité à répondre défavorablement à un risque, c'est le degré de vulnérabilité à une éventuelle remontée du niveau marin. Il est défini par l'indice de vulnérabilité côtière -IVC- (Gornitz et al.1994). Sept variables peuvent être employées pour formuler cet indice qui est détaillée dans le tableau 06.

Tableau 6: Classification des variables de la vulnérabilité côtière physique. (Thieler et Hammar-Klose, 1999, 2000a et 2000b)

| Variables | Scores de l'indice de vulnérabilité côtière physique (IVC _{physique}) | | | | |
|--|---|---|---|---|---|
| | très faible | faible | modérée | élevée | très élevée |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Géologie | Roches plutoniques, volcaniques et métamorphiques dures ou moyennes | Roches métamorphiques peu résistantes, grés et conglomérats | Roches sédimentaires | Sédiments meubles grossiers et/ou mal classés | Sédiments meubles fins, cendres volcaniques |
| Géomorphologie | Côtes rocheuses à falaises, fjords, fiards | Falaises moyennes, côtes indentées | Petites falaises, dépôts glaciaires, marais, mangroves, récifs coralliens | Plages de galets, estuaires, lagons, plaines alluviales | Barrières, plages sableuses, vasières, deltas |
| Elévation du niveau de la mer (mm/an) | < 1,8 | 1,8 – 2,5 | 2,5 – 3,0 | 3,0 – 3,4 | > 3,4 |
| Evolution du trait de côte (m/an) | > 2,0 Accrétion | 1,0 à 2,0 Accrétion | -1,0 à +1,0 Stable | -1,1 à -2,0 Erosion | < -2,0 Erosion |
| Marnage (m) | >6,0 | 4,1 à 6,0 | 2,0 à 4,0 | 1,0 à 1,9 | <1,0 |
| Hauteur moyenne des vagues au voisinage de la côte (m) | <0,55 | 0,55 à 0,85 | 0,85 à 1,05 | 1,05 à 1,25 | >1,25 |
| Pente côtière % | >12 | 12-9 | 9-6 | 6-3 | < 3 |

Le littoral du PNTaza est subdivisé en 75 cellules de 500*500 m² de taille (un maillage) (fig.04), et chaque cellule a ses données qui lui permettent d'attribuer des scores relatives à un niveau de vulnérabilité côtière pour chaque variable que l'on utilisera pour élaboration de l'indice de vulnérabilité côtière (IVC) . (Voir figure 4)

1.1. La 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). À une extrémité de l'échelle des risques qui présente un risque très faible se trouvent les roches plutoniques ou métamorphiques résistantes (gneiss, granites durs...etc.). À l'autre extrémité qui constitue donc un risque élevé se trouvent les sédiments non consolidés qui offrent très peu de résistance à l'érosion marine ou climatique.

1.1.1. La récolte des données

Dans cette étude, la détermination de la nature géologique du PNTaza repose sur la carte géologique de Djellit H (1987) (voir figure 6) et des observations *in situ* « relevé géologique » réalisées sous la supervision du Dr. Mehdid. (Photo.1)



Photo 1: Echantillonnage et relevé géologique.

Les relevés géologiques et la carte géologique de Djellit H (1987) ont permis de réaliser une carte géologique de la partie côtière du PNTaza. (Fig.11)

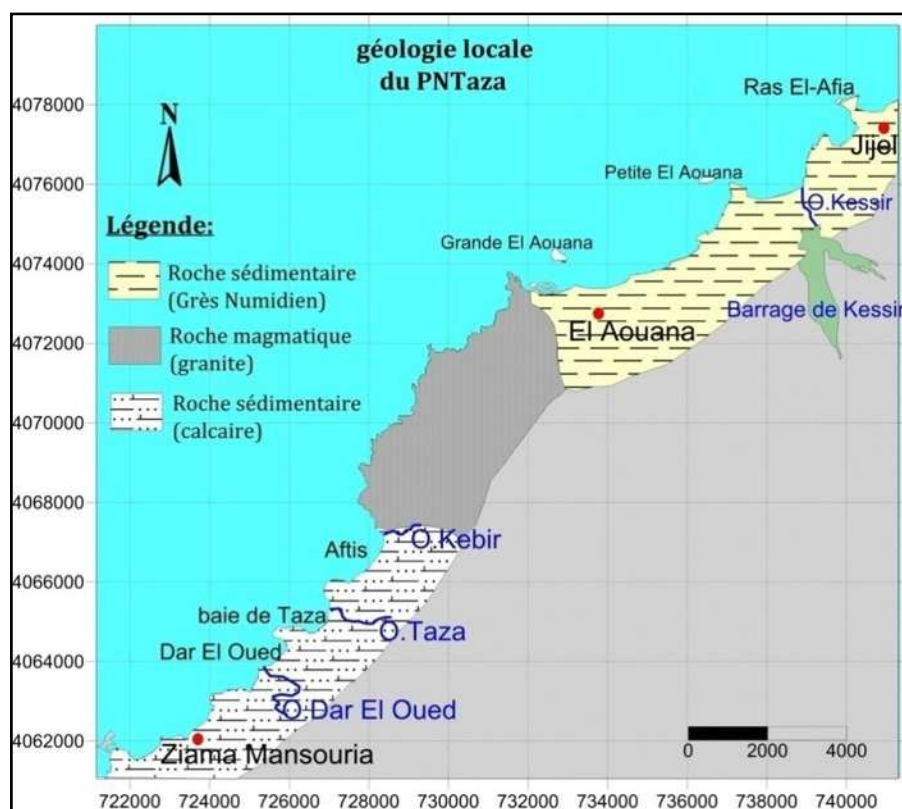


Figure 11: Carte géologique de la partie côtière du PNTaza.

1.1.2. L'attribution des scores de vulnérabilité

La détermination des scores de vulnérabilités relatives à cette variable, pour chaque cellule, se fait par une simple superposition de la carte géologique (Fig.11) et les cellules de vulnérabilité (Fig.04) (Scores de vulnérabilité, voir l'annexe 03)

1.1.3. Résultat et interprétations

On distingue deux ensembles géologique au niveau de la partie côtière du PNTaza ;

- Un ensemble sédimentaire, composé de deux sous ensembles, l'un s'étend du cap Ras El-Afia jusqu'à El Aouana, et il se compose essentiellement d'une alternance de grès et d'argile (Grès Numédien). L'autre s'étend des Aftis jusqu'à la limite ouest du PNTaza au niveau de Oued Dar El Oued, et il se compose de roches sédimentaires calcaires.
- Un ensemble magmatique, qui se trouve entre les sous ensembles sédimentaires, d'El Aouan (ex : Cavallo) jusqu'aux Aftis, il est le résultat d'une ancienne activité volcanique de l'ère tertiaire dont les roches sont composées essentiellement de granite. (Djellit H, 1987)

Selon Thieler et Hammar-Klose (1999, 2000a et 2000b), la vulnérabilité de la côte du PNTaza relative à sa géologie locale ne présente pas de grande variation (Fig.12), elle est :

- très faible d'El Aouana jusqu'aux Aftis,
- modérée de Ras El-Afia jusqu'à El Aouana et des Aftis jusqu'à Oued Dar El Oued.

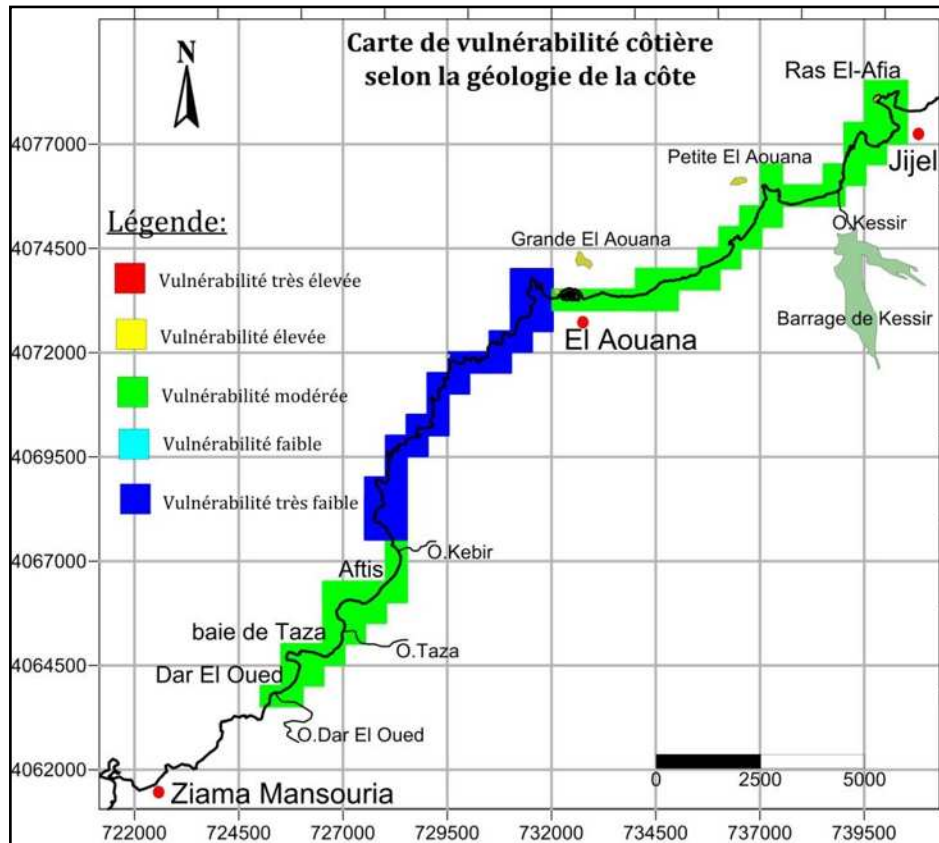


Figure 12: Carte de vulnérabilité côtière selon à la géologie de la côte du PNTaza.

1.2. La géomorphologie

Cette variable, qui est déterminée par la géologie côtière, le régime des vents, des vagues, des houles et des marées, constitue un bon indicateur de la résistance générale du littoral et de son comportement face aux différents facteurs climatiques et marins (Xharde R, 2007). Les côtes à faciès rocheux, comme les fjords ou les falaises, se regroupent dans les deux premières classes qui sont des classes de faibles risques contrairement aux plages, aux talus et les structures sédimentaires sableuses moins résistantes qui sont classées soit à risque moyen ou élevé.

1.2.1. La récolte des données

Cette variable repose essentiellement sur la description, elle peut être déterminée au moyen de n'importe quel système d'acquisition, que ce soit par photographie aériennes, les images satellitaires, relevés de terrain au sol...etc, Pour cette étude, notre choix s'est porté sur les images satellitaires à haute résolution fournies par « *Google Earth Pro* » et des sorties sur terrain qui permettent de confirmer et de corriger l'interprétation des images satellitaires.

1.2.2. L'attribution des scores de vulnérabilité

Chaque cellule répond à un niveau de vulnérabilité selon sa géomorphologie locale, pour ce fait un score de vulnérabilité a été attribué selon Thieler et Hammar-Klose (1999, 2000a, 2000b) (Tab.06). (Scores de vulnérabilité, voir l'annexe 03)

1.2.3. Résultat et interprétations

On enregistre le long de la côte du PNTaza une prédominance du faciès rocheux, soit une diversité morphologique comme des côtes rocheuses indentées au niveau d'El Aouana, des falaises moyennes et des petites falaises réparties qui façonnent la côte et qui encadrent parfois des plages à galets (exemple celles de Oued Dar Eloued, et Taza) ou des plages sableuses (exemple celles des Aftis, d'El Aouana, et de Bourdj Blida).

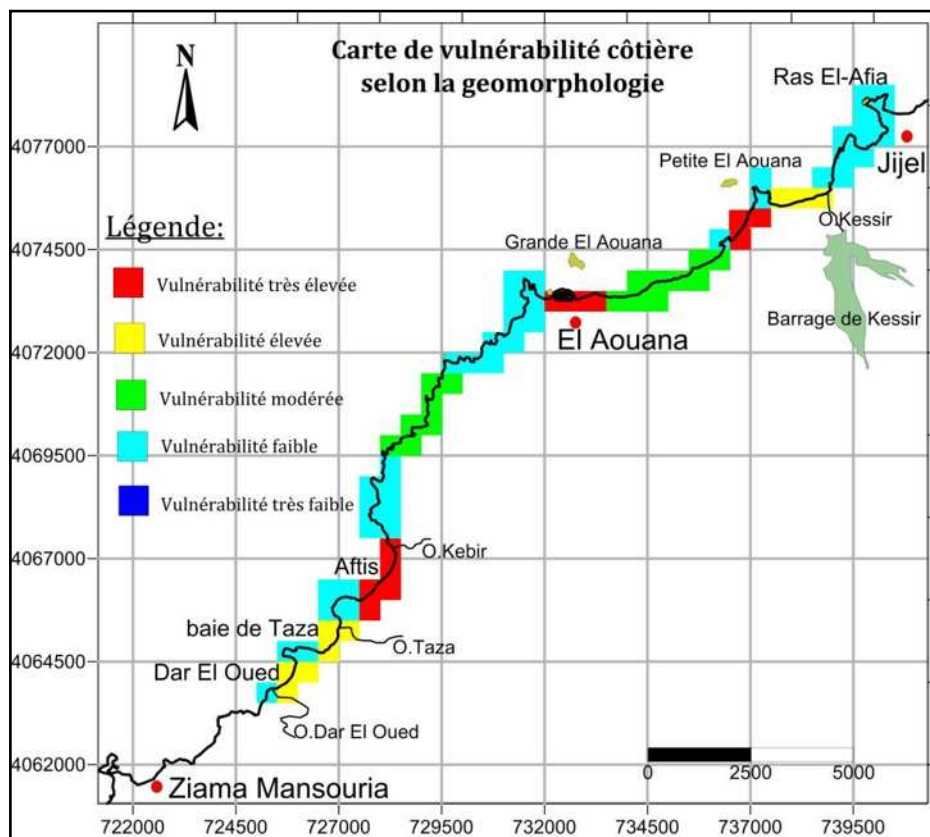


Figure 13: Carte de la vulnérabilité côtière selon à la géomorphologie de la côte.

Selon Thieler et Hammar-Klose (1999, 2000a et 2000b), la vulnérabilité de la côte du PNTaza selon sa géomorphologie (Fig.13) est :

- Relativement modérée à faible (côtes indentées falaises moyennes et petites falaises),
- Elevée et parfois même très élevée au niveau des plages en relation avec leur granulométrie et leur tendance à l'érosion (plage à galet et plage sableuse).

1.3. Pente côtière

La pente côtière est un autre paramètre qui permet de déterminer la sensibilité d'une zone côtière par rapport à l'inondation et au recul du trait de côte ; par ce que les zones ayant une

faible pente côtière ont tendance à se reculer plus rapidement que les zones qui ont une pente raide. (Shaji J, 2014)

Les terrains qui ont des pentes douces sont exposés à une grande pénétration d'eau de mer par rapport aux terrains avec des pentes raides. Par conséquent, la perte de terres en faveur de la mer en cas d'une inondation ou d'une submersion marine est dépendante du type de la pente.

Les zones côtières ayant une pente douce sont considérées comme des zones très vulnérables, et les zones à pente raide comme des zones à faible vulnérabilité.

1.3.1. La récolte des données

Afin de déterminer la pente côtière tout au long de la future aire marine protégée de Taza, on utilisera les images satellitaires sous forme GEOTIF de « *LandSat 8* » avec une résolution de 30m, fournies par le site « *Earth Explorer* ».

1.3.1.1. Traitement de l'imagerie satellitaire

Le traitement de l'image satellitaire passe par trois (03) étapes essentielles, en utilisant deux logiciels Système d'Information Géographique (SIG).

- **Etape 1** consiste à extraire seulement la partie dans laquelle la zone d'étude est incluse, cette étape s'est effectuée sur le logiciel « *QGIS 2.4.0* ». (Fig.14)

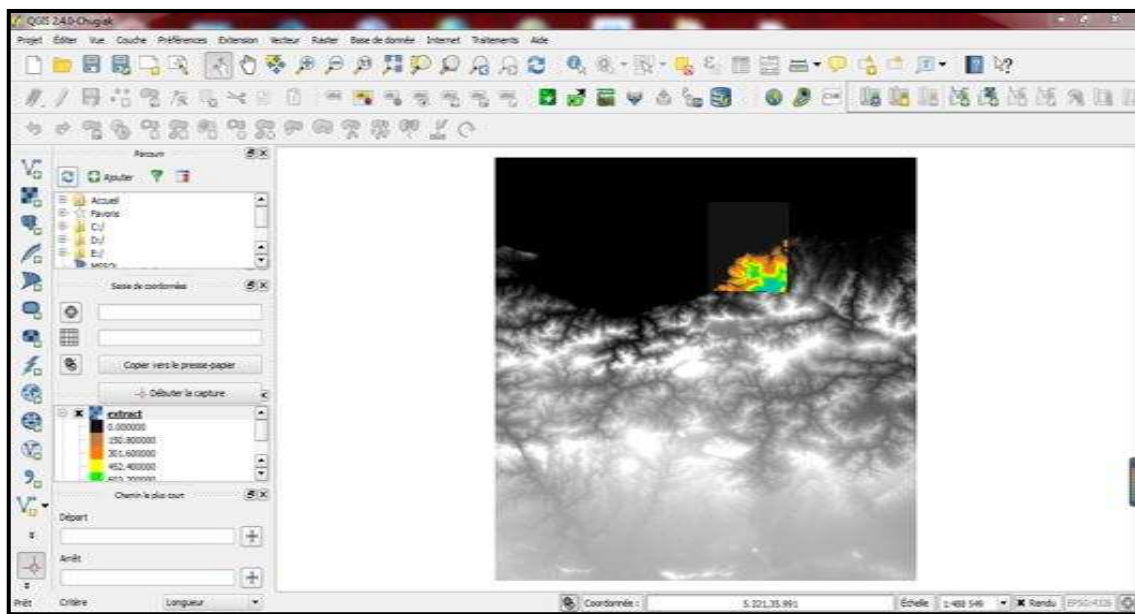


Figure 14: Extraction de la zone d'étude à partir de l'image satellitaire sur « *QGIS 2.4.0* ».

- **Etape 2** consiste à élaborer une carte des pentes, et ce sur « *Global Mapper v 15.2* ». (Fig.15)

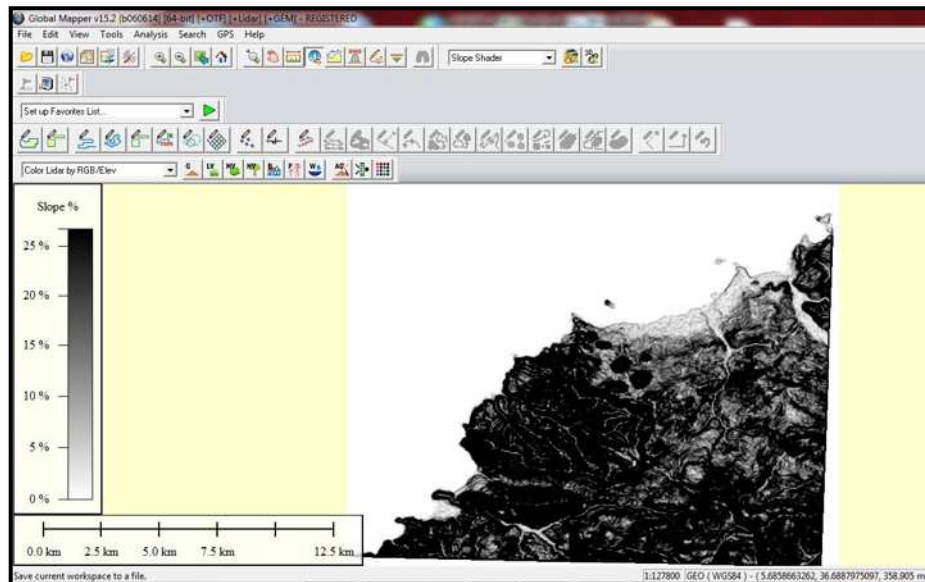


Figure 15: Réalisation d'une carte des pentes sur « *Global Mapper v 15.2* »

- **Etape 3** aussi s'effectue sous « *Global Mapper v 15.2* » consiste à mesurer la pente pour chaque cellule, et ce après sélection de l'outil « *Feature Info Tool* » qui permet de donner les coordonnées métriques et en degré décimal, l'altitude en mètre et la pente en degré et en pourcent, à chaque point où on met le curseur de la souris. (pente côtière pour chaque cellule, voir annexe 3).

1.3.2. Attribution des scores de vulnérabilité

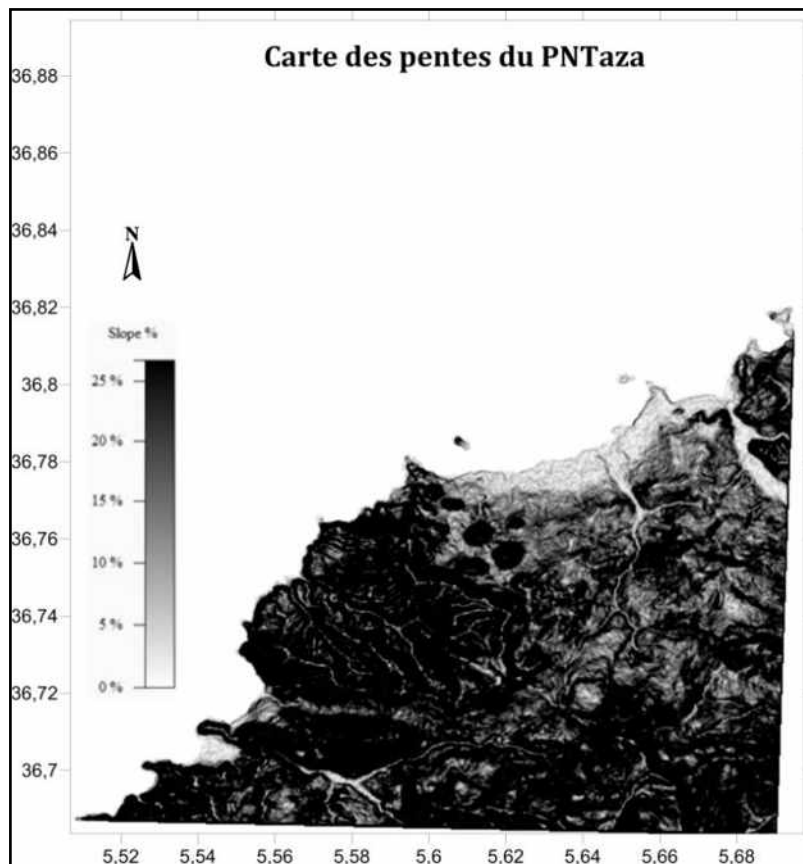


Figure 16: Carte des pentes du PNTaza.

Evaluation de la vulnérabilité côtière physique

Une fois la pente côtière est déterminée pour chaque segment du littoral du PNTaza, (fig.16), les scores de vulnérabilité sont attribués selon les intervalles de pente de Thieler et Hammar-Klose (1999, 2000a et 2000b) (Tab.06) (valeur de pente pour chaque cellule et les scores de vulnérabilités respectives, voir l'annexe 03)

1.3.3. Résultats et interprétations

Le littoral du PNTaza d'après la carte de vulnérabilité selon la pente côtière (Fig.17) montre :

- des valeurs élevées de pente, qui dépassent souvent 20%, entre le promontoire de Cavallo jusqu'à oued Kebir.
- des valeurs élevées de pentes, liée probablement à la géomorphologie de la côte, qui est marquée par les falaises, à l'exception de quelques petites plages où la pente est faible et ne dépasse pas 6%.

Par contre, au niveau de la partie Est du PNTaza, la pente est relativement faible, car la zone abrite des plages et des petites falaises à faible pente.

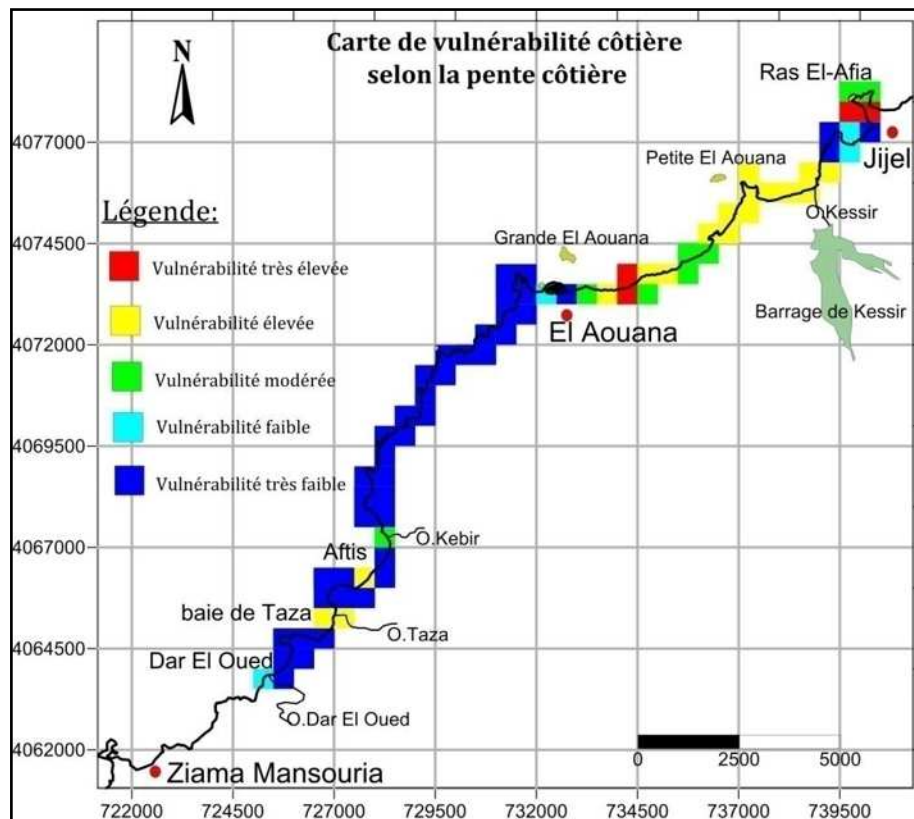


Figure 17: Carte de vulnérabilité côtière selon à la pente côtière.

On peut par conséquent partager notre zone d'étude en deux parties ;

- La partie Ouest entre El Aouana et Oued Dar El Oued à faible vulnérabilité, où on note une dominance des pentes élevées.
- La partie Est entre El Aouana et Ras el Afia, à vulnérabilité élevée, où on note une prédominance des faibles pentes.

1.4. L'élévation du niveau de la mer

L'élévation du niveau de la mer est une conséquence importante du changement climatique. Le niveau moyen de la mer est défini comme la hauteur de la mer par rapport à un repère local, en moyenne sur une longue période pour que les fluctuations causées par les vagues et les marées soient précisément évaluées. (Shaji J, 2014)

Cette variable fera un bon indice sur le recul du trait de côte à long terme. Lorsqu'on la combine avec la pente côtière elle pourra nous donner des scénarios sur la position du trait de côte dans le futur.

1.4.1. La récolte des données

Dans ce présent travail, les données récoltées proviennent du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) ; qui présente un bilan des changements climatiques ainsi que leurs effets comme l'élévation du niveau des mers.

Selon le GIEC (2013), la vitesse moyenne d'élévation du niveau des mers a été de 1,7 (1,5 à 1,9) mm/an entre 1901 et 2010, de 2,0 (1,7 à 2,3) mm/an entre 1971 et 2010, et de 3,2 (2,8 à 3,6) mm/an entre 1993 et 2010.

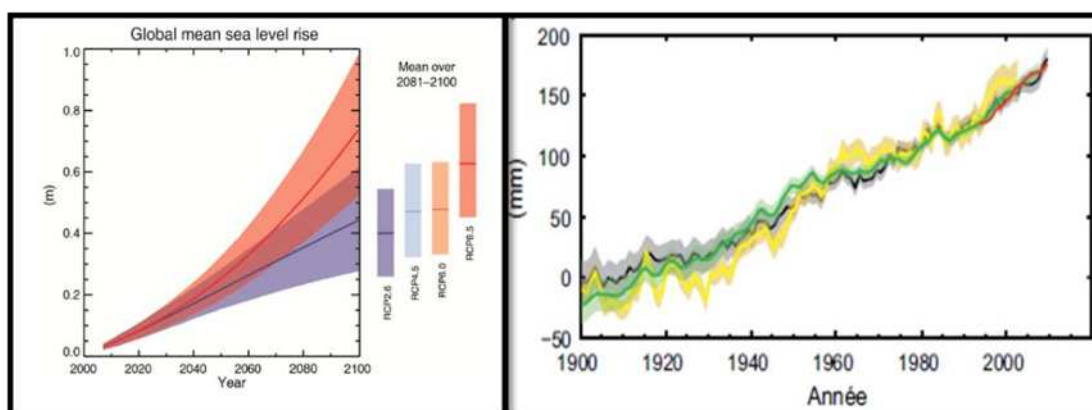


Figure 18: Elévation moyenne du niveau des mers entre 1900-2010 à gauche et l'élévation du niveau moyen des mers entre 2010-2100 à droite. (GIEC, 2013)

D'après la figure 18, on remarque que, sur les deux dernières décennies, l'élévation moyenne du niveau des mers s'est accélérée pour atteindre les 3,2 mm/an, aussi le GIEC prévoit une augmentation qui arrive jusqu'à 1m du niveau moyen des mers entre 2010 et 2100.

En Méditerranée, il n'existe que quatre séries de données de longue durée disponibles : une à Marseille et trois en Italie. Les résultats de la modélisation, même si le scénario est plutôt pessimiste, est relativement favorable pour la Méditerranée au regard d'autres scénarios plus optimistes (globalement) car l'accroissement de l'élévation du niveau des eaux est faible.

Les résultats de figure ci-après montrent que le niveau des eaux change dans la totalité du bassin méditerranéen mais ce changement est faible le long des côtes (moins de 5 cm). Le

Evaluation de la vulnérabilité côtière physique

niveau sera plus élevé dans la partie ouest du bassin méditerranéen (>0.25m) que dans la partie est (0.1 à 0.15m). (Fig.19)

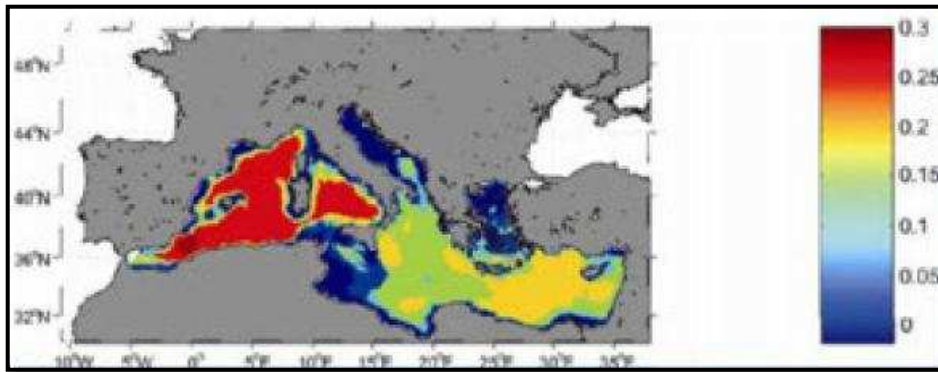


Figure 19: Différence d'élévation du niveau des eaux sur la période 1961-1990 et 2070-2099. (Tsimplis et al, 2008)

1.4.2. Résultats et interprétations

Selon Tsimplis et al (2008), l'élévation moyenne dans le bassin oriental sera de 0,11m alors qu'elle sera de **0.18m** dans le **bassin occidental** ce qui correspond à une élévation moyenne de 1mm/an et **1.6 mm/an** respectivement sur une période de 110 ans.

Comme le littoral algérien y compris celui de PNTaza est soumis à la même vitesse d'élévation du niveau du bassin occidental de la méditerranée qui est de l'ordre de 1,6 mm/an, la vulnérabilité par rapport à cette variable est très faible selon Thieler et Hammar-Klose (1999, 2000a et 2000b). (Fig.20)

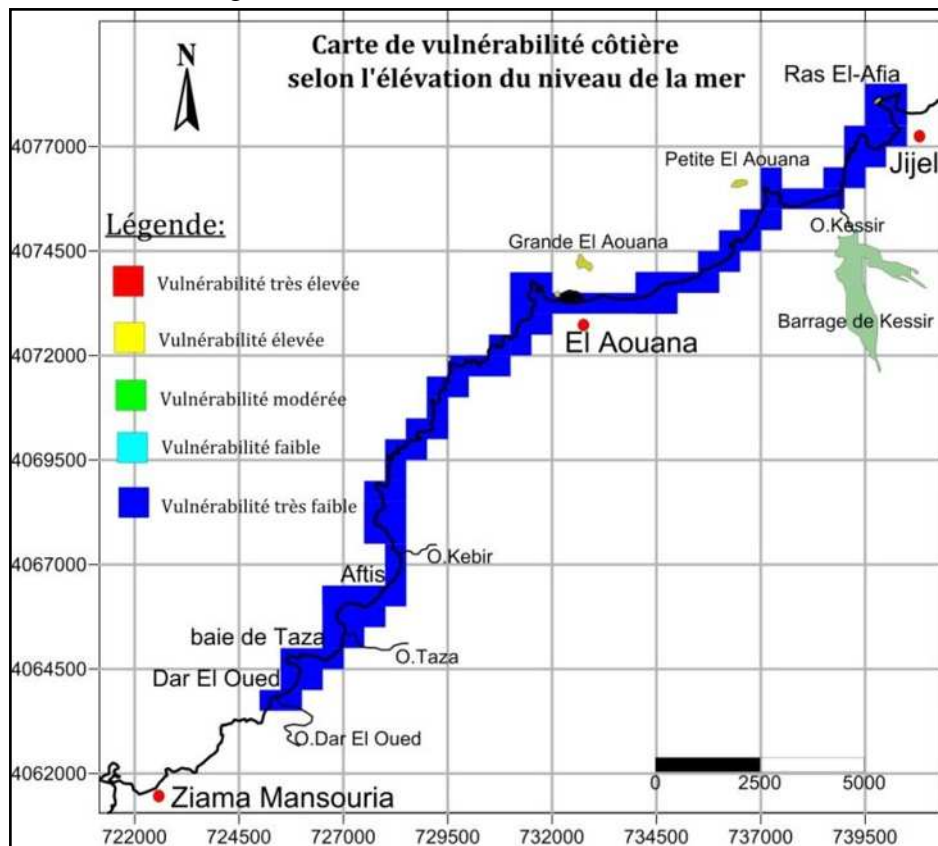


Figure 20: Carte de la vulnérabilité côtière selon l'élévation du niveau de la mer du PNTaza.

1.5. L'évolution 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 houles et des marées (Xharde R, 2007). Cette variable constitue donc un autre bon indicateur de la résistance des côtes à l'érosion et de leurs évolutions à plus ou moins long terme.

Les côtes en accrétion sont relativement moins vulnérable par rapport au côte rocheuses, tandis que les côtes caractérisées par un taux de recul inférieur à -1 m/a (en érosion) sont considérées ici comme très vulnérables.

1.5.1. Récolte des données

Afin de suivre l'évolution du trait de côte pour le PNTaza, deux images satellitaires ont été téléchargées de « *Google Earth Pro* » la première du 03 avril 2011 et la deuxième du 22 mars 2014, le trait de côte de ces deux images a été comparé avec celui qui a été réalisé pendant les sorties du 27 et 28 mars 2016.

Dans cette étude, on était limité par l'historique du *Google Earth* sur la région, l'image la plus ancienne revient en 2008 et ne se coïncide pas avec la même période. Par contre, les images sélectionnées ont été pris en même période et en même conditions météorologiques (en beau temps).

1.5.1.1. Utilisation du GPS pour le traçage du trait de côte

Le traçage du trait de côte des cinq plages existantes dans le PNTaza s'est fait à l'aide d'un *GPS 72H*, durant deux journées, le 27 et 28 mars 2016.

- **GPS 72H GARMIN**, est récepteur GPS portable de 210 gammes, 12 canaux parallèles, et possédant une antenne interne. Ce GPS présente 09 touches situées sur le devant de l'appareil, qui permettent d'accéder rapidement à toutes ces fonctions.
- **Initialisation du récepteur GPS**, en mettant l'appareil sous tension, on suivra les instructions à l'écran en pressant **PAGE**, en suite le processus d'initialisation se lancera automatiquement, et il ne prendra plus de 05 minutes pour acquérir suffisamment de signaux satellites et devenir opérationnel.
- **Mise en marche du GPS**, le système de projection (WGS 84 - UTM 31) doit être spécifié avant d'entamer le traçage du trait de côte.
- **Restitution des tracés**, en connectant le GPS avec notre ordinateur, on téléchargera les tracés enregistrés sous format *shapfile* ou *texte*,
- **Correction et calage des tracés**, sachant que le GPS utilisé présente une marge d'erreur de l'ordre de 2,5 à 3,8 m qui sera corrigé à l'aide des trois points de calage dont ses

Evaluation de la vulnérabilité côtière physique

coordonnées sont connus (deux aux extrémités de la plage et le troisième en haut de la plage).

- Une fois le tracé est recalé en sa position réelle, on peut le superposé avec les autres tracé du 2011 et celui du 2014, afin d'étudier l'évolution du trait de côte.

1.5.1.2. Procédure et discussion

Sous *Google Earth Pro*, on a créé 05 répertoires correspondants aux 05 plages, et chaque répertoire contient les tracés du trait de côte de 2011, 2014 et celui de 2016 après l'avoir sauvegardé sous format « **.kml** » pour pouvoir l'ouvrir sur *Google Earth Pro*. Quatre points de calages ont été choisis, pour géoréférencer la superposition obtenue. (Fig.21)

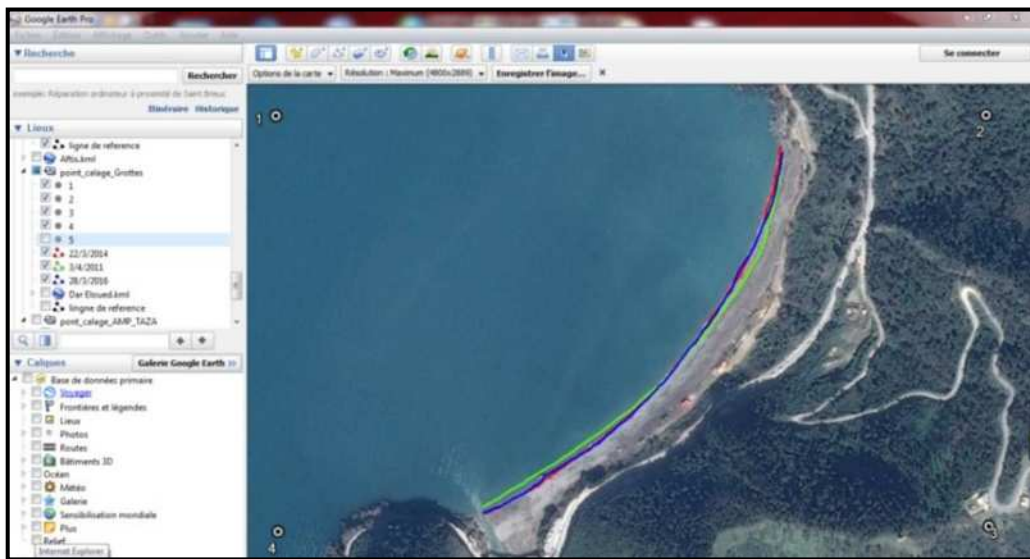


Figure 21: Création des répertoires et superposition des traits de côte sous *Google Earth Pro*.

A l'aide d'ArcMap, on a pu géoréférencer et digitaliser les traits de côte (2011, 2014 et 2016). (Fig.22)

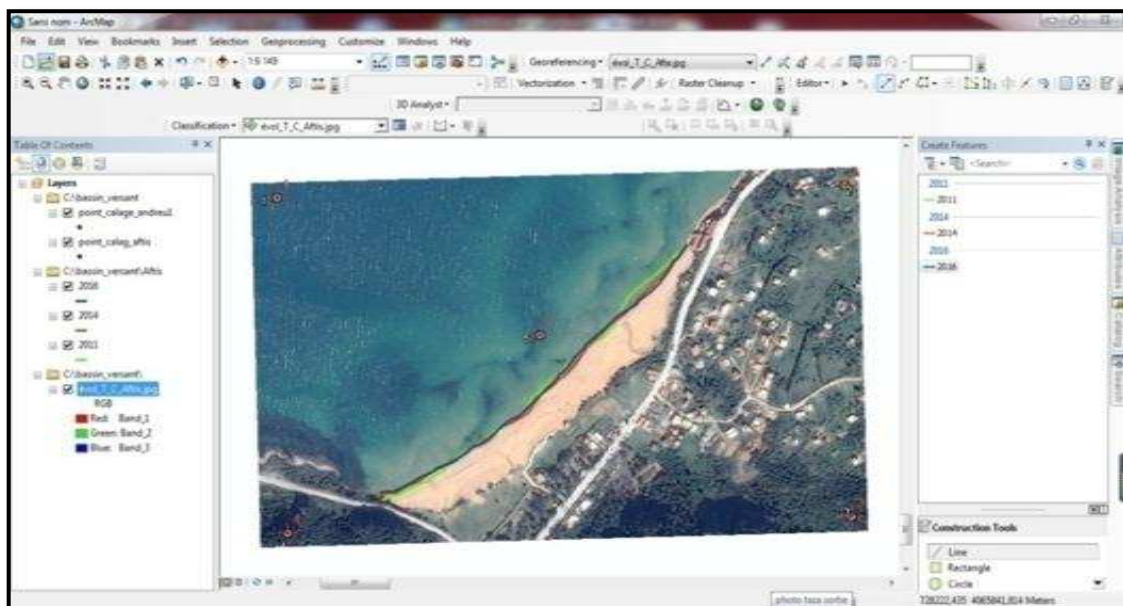


Figure 22: Géoréférencement et digitalisation des traits de côte sous *ArcMap 10.2*.

Afin d'étudier l'évolution du trait de côte, nous avons rajouté des transects (au nombre de 38 pour la plage de Bordj Blida Est, 28 à Bordj Blida Ouest, 20 aux Aftis et Dar Eloued avec 40 m d'équidistance, et 11 transects au niveau du port d'El Aouana avec 20 m d'équidistance) perpendiculaires par rapport à la ligne de référence, qui est parallèle au tracé du 2016. (Résultats de l'évolution du trait de côte « cartes et tableaux », (Voir l'annexe 1).

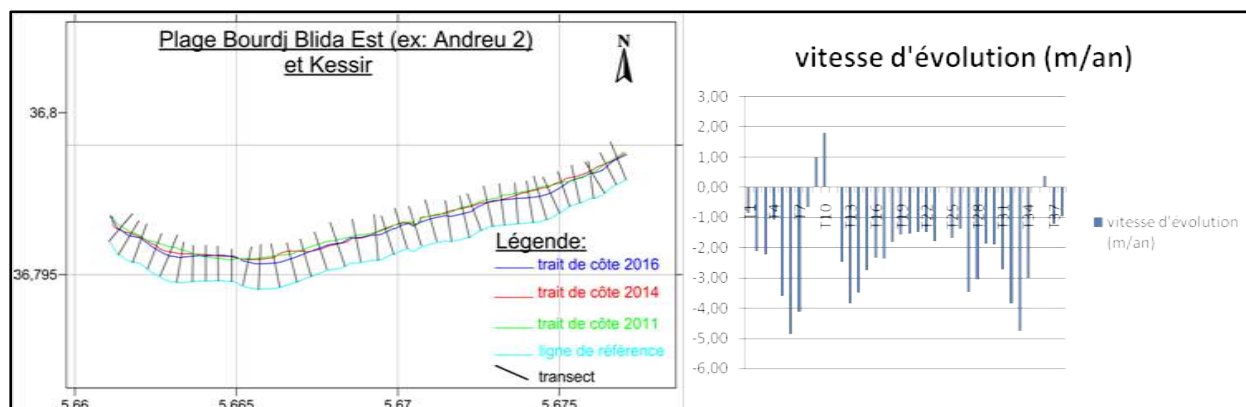


Figure 23: Carte de l'évolution du trait de côte au niveau de la plage de Bourdj Blida Est Jusqu'à Késsir entre 2011 et 2016.

1.5.2. Résultats et interprétations

On enregistre un léger recul du trait de côte tout au long du littoral du PNTaza, ce recul ne dépasse que très rarement -0,5 m/an, à l'exception de la plage d'El Aouana, à l'Est du port d'El Aouana qui a connu une accrétion (soit 5,8 m/an entre 2011 et 2016).

Nous notons également, un recul élevé au niveau des plages situées entre le promontoire du Rocher Noir et l'Oued de Kessir (-1,93 m/an au niveau de la page de Bordj Blida Est « ex : Andreu 2 » et -2,67 m/an au niveau de la plage de Bordj Blida Ouest « ex : Andreu 1 »). Ceci est probablement dû à la mise en place du barrage de Kessir, qui réduit les apports solides en faisant un obstacle aux sédiments drainés par oued Kessir.

On note aussi, un recul élevé du trait de côte au niveau de la plage de Dar El Oued (les grottes merveilleuses, soit -2,35 m/an), et la plage des Aftis (soit -1,46 m/an), dont l'origine de ce recul revient probablement à la réduction du débit solide de Oued Dar El Oued et oued Kebir.

N.B : la marge d'erreur du GPS utilisé dans le traçage du trait de côte est de l'ordre d'environ $\approx 2,6$ m.

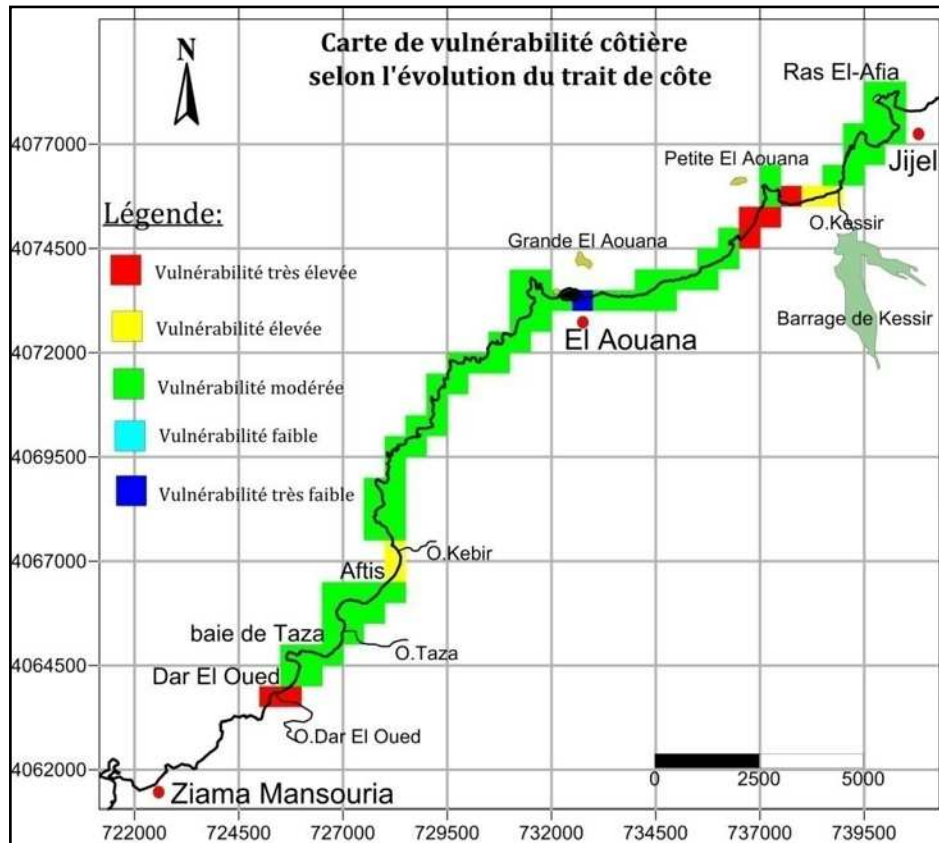


Figure 24 : Carte de la vulnérabilité côtière selon l'évolution du trait de côte du PNTaza.

Généralement la côte du PNTaza est relativement stable, ce qui rend la vulnérabilité modérée en cette zone selon Thieler et Hammar-Klose (1999, 2000a et 2000b). (Fig.24)

1.6. Le marnage

La marée est un phénomène périodique qui est défini par la variation verticale du niveau de la mer.

Cette variable influence à la fois la vulnérabilité de la côte aux inondations et sa vulnérabilité à l'érosion (Xharde R, 2007). La mesure de cette variable s'obtient au moyen de marégraphes placés en mer.

Les côtes ayant un degré de marnage très important, ont un faible degré de vulnérabilité, car l'énergie des houles et des vagues sera dissipée au fur et à mesure que la marée monte. Par contre, les côtes ayant un degré de marnage très faible, sont les plus vulnérables, car l'énergie des houles et des vagues tape tout le temps en même endroit, ce qui fragilise la côte.

1.6.1. Résultats et interprétations

La marée sur les côtes algériennes est très faible, elle est de l'ordre de 35cm, et donc elle est de type microtidale. Selon Thieler et Hammar-Klose (1999, 2000a et 2000b) (tab.06), la marée de type microtidale rend la côte du PNTaza très vulnérable. (Fig.25)

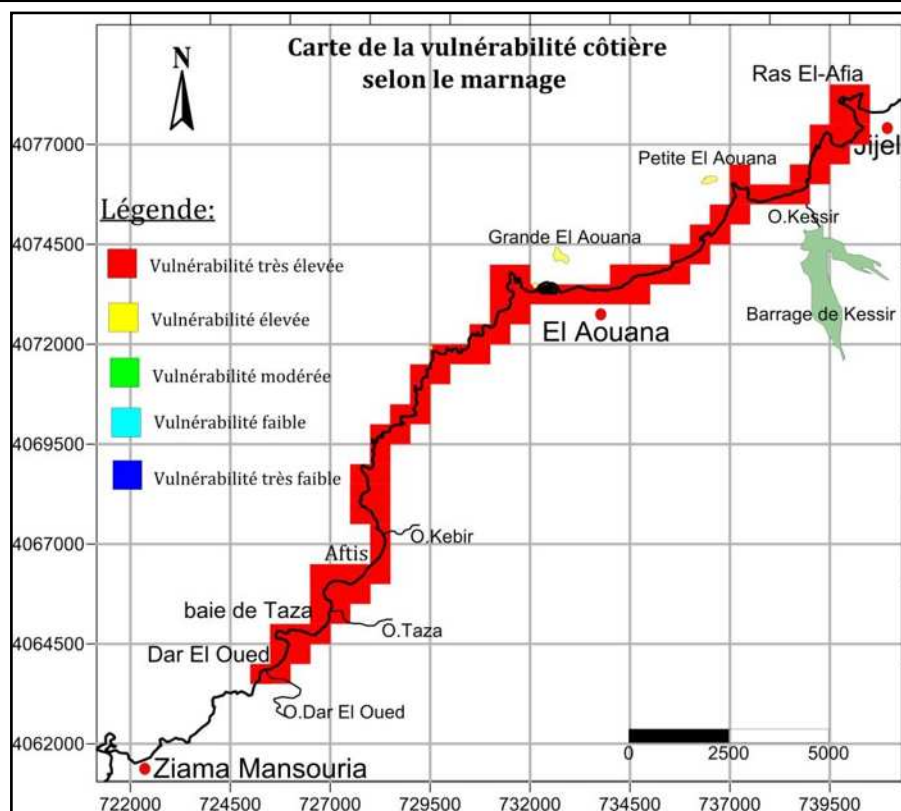


Figure 25: Carte de vulnérabilité côtière selon le marnage.

1.7. La hauteur moyenne des vagues au voisinage de la côte

Ce paramètre est directement lié à l'énergie des vagues (Komar, 1976 in Xharde R, 2007) et constitue donc une bonne indication de leur potentiel d'érosion (Xharde R, 2007).

1.7.1. La récolte des données

Afin de connaître la hauteur des vagues au voisinage de la côte, il faut tout d'abord connaître les caractéristiques de la houle au large.

Les changements des caractéristiques de la houle, du large jusqu'à la côte, peuvent être calculés par plusieurs approches de modélisation.

Les calculs de la réfraction de la houle entre le large et la côte sont effectués par le modèle numérique SWAN (Simulating Waves Nearshore développé par l'université de DELFT) pour différentes conditions de houle au large (hauteur, période et direction).

1.7.1.1. La description du modèle de SWAN

D'après Booij et al., (1999) le modèle SWAN (SimulatingWavesNearshore) est un modèle de propagation de houle de 3^{ème} génération basé sur l'équation de densité d'action spectrale qui retrace l'évolution du spectre d'énergie de la houle pour certaines situations observées de vents, de courants et de bathymétrie.

Le modèle SWAN, comme tous les modèles de propagation de la houle qui résolvent l'équation d'évolution du spectre d'énergie des vagues, il applique l'équation suivante :

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial(c_x N)}{\partial x} + \frac{\partial(c_y N)}{\partial y} + \frac{\partial(c_\sigma N)}{\partial \sigma} + \frac{\partial(c_\theta N)}{\partial \theta} = \frac{S}{\sigma}$$

Avec :

N : Densité du spectre ; c_x : Vitesse de propagation suivant l'axe x ; c_y : Vitesse de propagation suivant l'axe y ; σ : Fréquence relative ; θ : Direction de la houle ; S : Terme de la dissipation et des interactions non linéaires

1.7.1.2. Données de base

1.7.1.2.1. Bathymétrie

La bathymétrie utilisée est issu d'une extraction à partir d'une carte bathymétrique fournie par le PNTaza complétée par celle du plan de gestion de la zone marine située entre le cap Afia et la limite administrative Jijel – Béjaïa ; cette étude a été réalisé par une équipe de l'ENSSMAL (ex : ISMAL) en 2007.

Le système de projection auquel les coordonnées de la bathymétrie sont obtenues est le Nord Sahara UTM zone 31.

1.7.1.2.2. Caractéristiques de la houle au large

Un traitement statistique des données de la houle au large a permis de déterminer les fréquences d'apparition de houle par direction et par période. (Tab.07)

Les houles du secteur ouest (270°), une période de 6s et une hauteur de 1,75m sont retenues afin d'évaluer le degré de vulnérabilité pour cette variable, en raison leurs fréquences d'apparition les plus élevées. (Tab.07)

Tableau 7: Caractéristiques de la houle au large dans la région de Jijel.

| Période (s) | Direction des houles | | | |
|-------------|----------------------|---------------|------------------|-------------|
| | nord (360) | nord est (45) | nord ouest (315) | ouest (270) |
| 6 s | Hs=1,75m | Hs=0,75m | Hs=1,75m | Hs=1,75m |

1.7.1.3. Etapes de modélisation sur SWAN

Afin de procéder à l'étude de la réfraction deux logiciels ont été couplés, il s'agit du logiciel *Surfer 11* comme surface de saisie de donnée et d'acquisition de résultats, ainsi que le logiciel *SWAN* comme calculateur. L'étude de la propagation de la houle comporte trois principales phases. (fig.26) (Voir annexe 2)

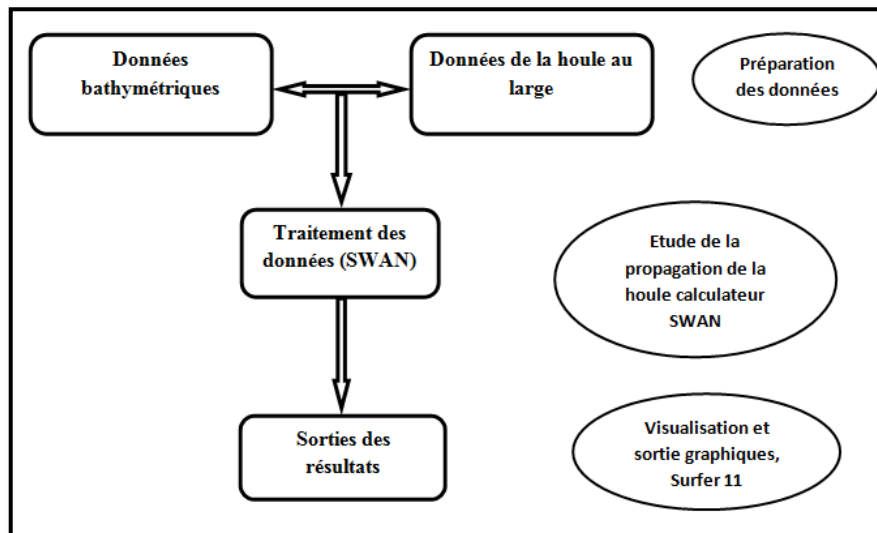


Figure 26: Organigramme du déroulement des étapes de la réalisation de la réfraction. (Assassi C et Otmani H, 2010)

1.7.2. Résultats et interprétations

La côte du PNTaza est orientée NE-SO, cette orientation la met face aux houles du secteur ouest, qui sont les plus fréquemment apparues. (Autres cartes de réfraction de la houle, voir Annexe 3)

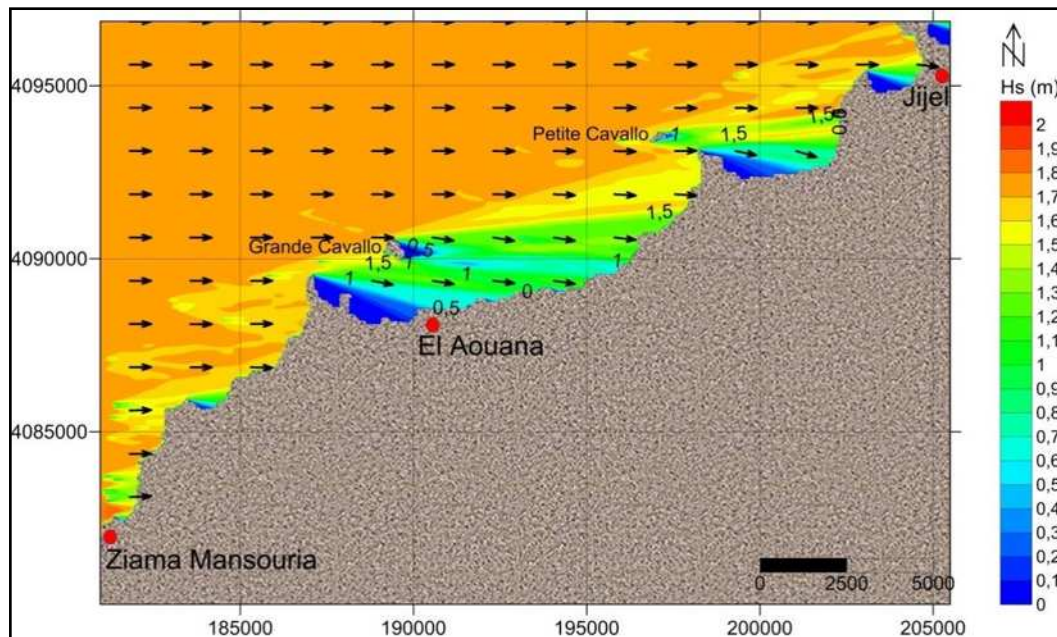


Figure 27: Réfraction d'une houle du secteur ouest (270°) pour une période de 6s.

Les houles du secteur ouest arrivent presque perpendiculairement à la côte et ne perdent pas beaucoup de leurs énergies, elles atteignent la côte avec des hauteurs qui dépassent souvent 0,85m pour atteindre parfois 1,35m ; ce qui rend la côte vulnérable selon Thieler et Hammar-Klose (1999, 2000a et 2000b). A l'exception des zones où on enregistre des faibles hauteurs de houles, et qui atteignent la côte presque tangentiellement, car ces zones sont

abritées soit par les îlots de Cavallo (El Aouana), soit elles sont à l'abri d'un promontoire comme celui d'El Aouan et de Kessir.

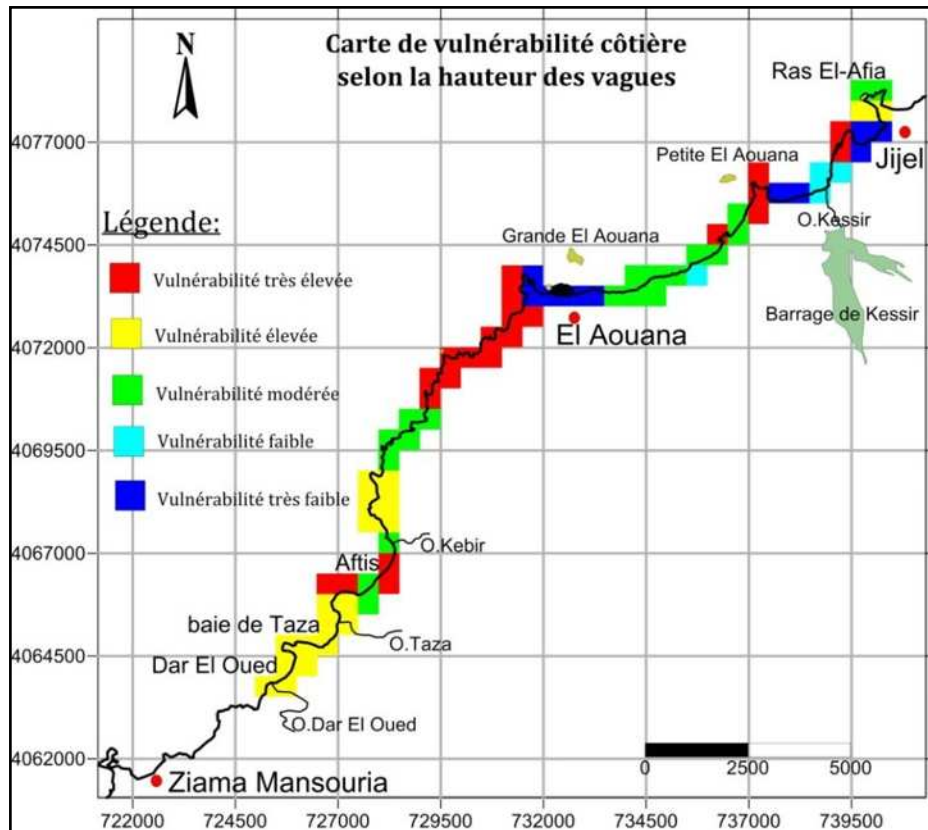


Figure 28: Carte de vulnérabilité côtière selon la hauteur des vagues au niveau de la côte.

Généralement, le PNTaza est vulnérable par rapport aux hauteurs élevées des vagues qui surgissent, et gardent leurs énergies jusqu'à la côte. Cependant, on enregistre des zones à faible vulnérabilité et elles sont souvent abritées. (Fig.28)

2. Calcul de l'indice de vulnérabilité côtière physique

La combinaison des variables physiques « géo-indicateurs » permettra de déterminer la valeur de l'indice de vulnérabilité côtière selon la formule de Gornitz et al. (1994) pour chaque cellule. (Les valeurs de l'IVC_{phy}, voir les annexes 04)

$$IVC_{phy} = \sqrt{(a * b * c * d * e * f * g) / 7}$$

Où ;

a : la géologie, **b** : la géomorphologie, **c** : la pente côtière, **d** : l'évolution du trait de côte, **e** : la vitesse de l'élévation relative du niveau de la mer, **f** : le marnage, **g** : la hauteur des vagues au voisinage de la côte.

2.1. Détermination des classes de vulnérabilité

Les valeurs de l'IVC au niveau du PNTaza, varient entre 2,07 et 32,73, avec une valeur moyenne de 10,12, et une valeur médiane de 8,02.

En utilisant la méthode des lignes quartiles (25%, 50%, 75%, 100%) et par un contrôle visuel des données, les résultats de l'IVC sont divisés en quatre catégories. (Fig.29)

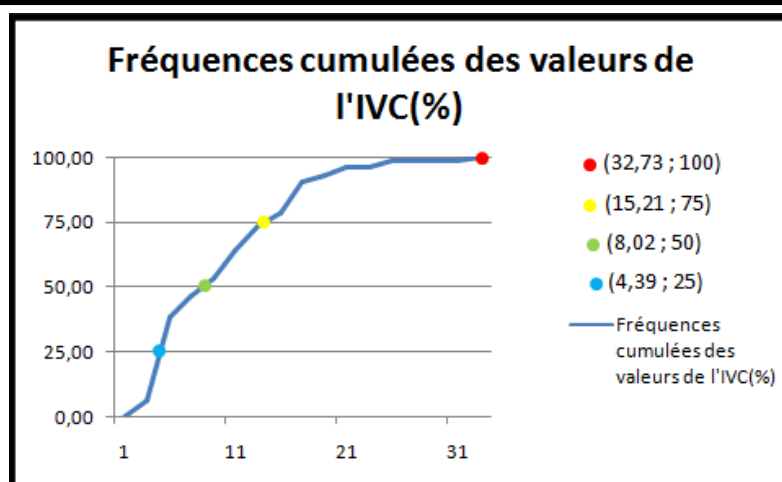


Figure 29: Courbe des fréquences cumulées de l'IVC.

Tableau 8: Classes de vulnérabilité selon les valeurs de l'IVC_{phy}

| | faible | modérée | élevée | très élevée |
|-----|----------|-------------|--------------|---------------|
| IVC | [0-4,39[| [4,39-8,02[| [8,02-15,21[| [15,21-32,73[|

Si la valeur de l'ICV dans un segment du littoral du PNTaza est inférieure à 4,39 la vulnérabilité est faible et modérée entre 4,39 et 8,02, et dans la gamme de 8,02 et 15,21 la vulnérabilité est élevée et très élevées entre 15,21 et 32,73. (Tab.08)

2.2. Résultat et interprétations

La figure 30 montre le niveau de vulnérabilité côtière physique au niveau du PNTaza. Le littoral du PNTaza présente une disparité en terme de vulnérabilité. On peut noter que la vulnérabilité au niveau des plages de Dar El Oued, Taza, Aftis, El Aouana, Rocher Noir, Bordj Blida et celle de Késsir est élevée, cette vulnérabilité est probablement due à leur géomorphologie qui présente une tendance à l'érosion, aussi ces plages présentent de douces pentes, chose qui pourrait la rendre sensible aux submersions et au recul du trait de côte.

On note également que la petite plage d'El Aouana fait l'exception. Ceci est dû au fait qu'elle soit abrité par la jetée du port d'El Aouana, où le niveau de vulnérabilité en ce segment est faible grâce au taux élevé d'accrétion et aux faibles hauteurs de vagues qui peuvent atteindre la côte. (Fig.30)

On enregistre une vulnérabilité modérée à faible entre la pointe d'El Aouana et oued Kebir au niveau des Aftis. Bien que cette zone soit exposée directement aux actions érosives des houles du secteur ouest, qui arrivent presque perpendiculairement à la côte et qui ne perd que très peu de leurs énergies, ceci peut être dû à la géologie du site, par ce qu'il y a des roches magmatiques qui affleurent, ces roches résistent plus que d'autres à l'érosion. Aussi, il faut noter que la zone est constituée de falaises à pentes abrupte ce qui rend la côte moins vulnérable aux inondations et au recul du trait de côte.

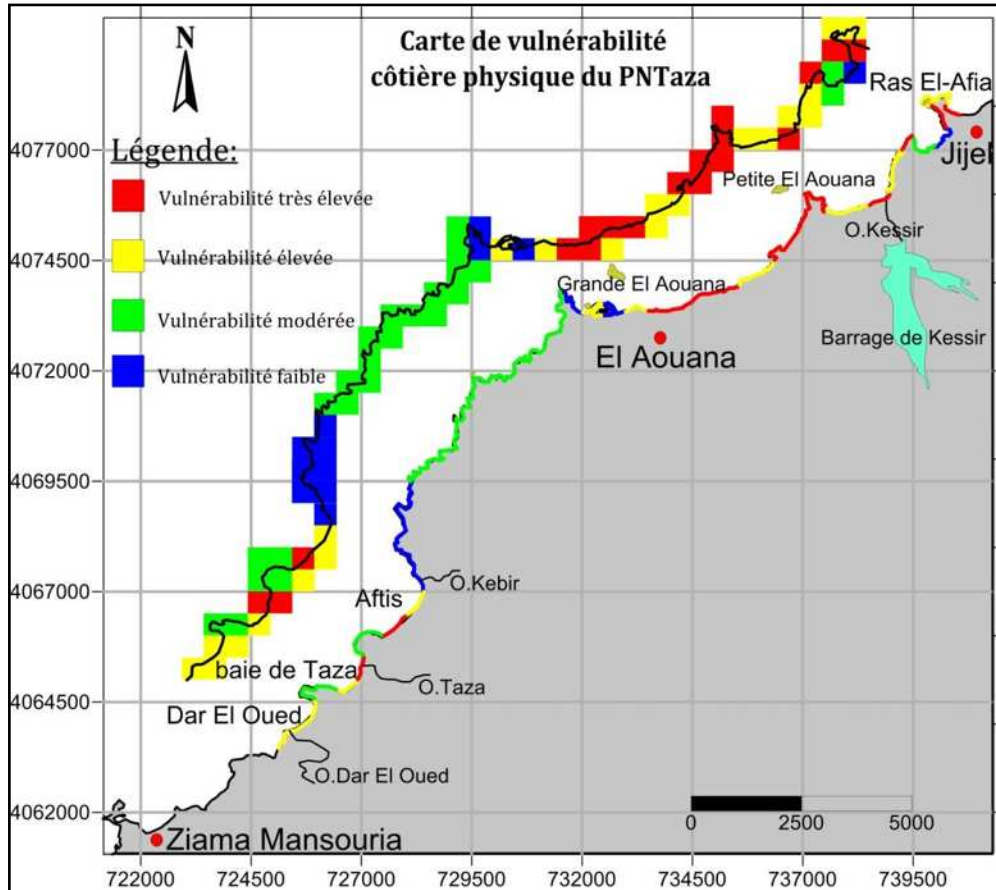


Figure 30: Carte de vulnérabilité côtière physique du PNTaza.

La figure 31 montre un graphique à barre de pourcentage du rivage pour chaque niveau de vulnérabilité. Un total de 37,32 km du littoral est classé dans la zone d'étude. Sur ce total, 24,23 % de la rive est classée comme étant à vulnérabilité très élevée, 23,93% est classée comme présentant une vulnérabilité élevée, 35,55% à vulnérabilité modérée et 16,29% à faible vulnérabilité.

La valeur moyenne de l'IVC_{phy} est de 10,12, cette valeur fait partie de la classe à vulnérabilité élevée, et par conséquent on peut dire que la zone d'étude est moyennement à vulnérabilité élevée.

Les valeurs de l'IVC_{phy} cartographiées, montrent de nombreuses zones à vulnérabilité élevée voire très élevée, et présentant ainsi 48,16% du linéaire côtier du PNTaza. Les zones de vulnérabilité élevée, sont généralement des côtes exposées aux fortes énergies des vagues et houles, à faible pente côtière, à relief bas, à faciès meuble et marquées par un taux de recul élevé.

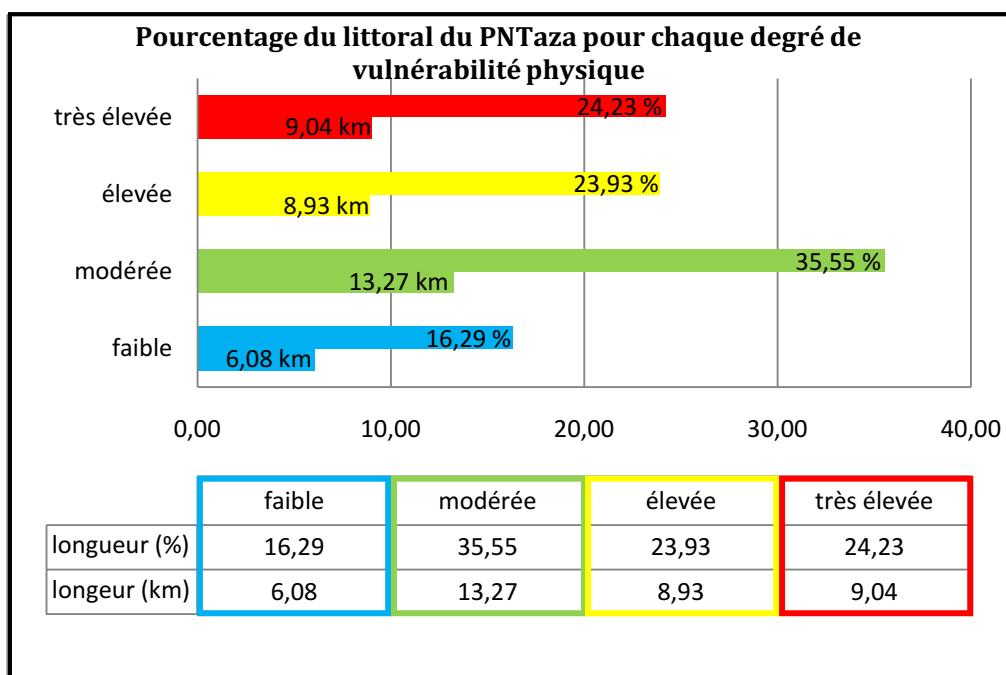


Figure 31: Pourcentage du linéaire côtier du PNTaza pour chaque niveau de vulnérabilité physique.

Conclusion

L'indice de vulnérabilité côtière physique (IVC_{phy}) donne un aperçu sur des éventuels changements côtier en raison de l'élévation futur du niveau de la mer.

Les cartes et les données présentées dans ce chapitre, peuvent être consultées en au moins deux façons ;

1. Comme un exemple de cas, où des changements d'ordre physique sont les plus susceptibles de se produire.
2. Comme un outil de gestion et de planification pour le littoral du PNTaza.

Le littoral du PNTaza préserve un environnement naturel dynamique, qui doit être compris pour être géré correctement. L'élaboration d'un indice de vulnérabilité côtière physique s'avère une méthode adéquate pour évaluer objectivement les facteurs naturels qui peuvent contribuer à l'évolution d'une zone côtière dans l'avenir.

Chapitre 4
Evaluation de la vulnérabilité côtière
socio-économique

Introduction

Selon Dow, 1993, 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". Rajoutant que le développement d'indices de vulnérabilité côtière par rapport 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. (1994), 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. (Niazi S, 2007).

3. L'indice de vulnérabilité côtière socio-économique (IVC_{socio-économique})

Les variables de cet indice selon Mclaughlin et al (2002) sont utilisées pour l'évaluation de la vulnérabilité socioéconomique du littoral du PNTaza portant sur plusieurs indicateurs potentiels des valeurs socio-économiques de la zone côtière, selon ces auteurs, ces variables sont choisies pour leurs facilités d'obtention de la donnée et d'autre qui sont jugées pour être des composantes essentielles des zones côtières.

Les variables socioéconomiques sélectionnées selon Mclaughlin et al., (2010), sont résumé dans le tableau 09, ces variables sont choisies car l'érosion côtière pose un risque, dont les conséquences principales ont des effets sur l'environnement humain. Beaucoup d'éléments de cet environnement ont une valeur monétaire liée au coût de remplacement tandis que d'autres (des monuments par exemple archéologiques ou des sites culturellement significatifs) sont irremplaçables et donc plus difficiles de quantifier.

Tableau 9: Classe des caractéristiques socio-économiques utilisées pour le calcul de l'indice de vulnérabilité selon une échelle régionale. (Mclaughlin et al., 2010)

| Variables | Très faible | Faible | Modéré | Elevé | Très élevé |
|----------------------------|--|----------------------------|-----------|-------------|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Population | 0 à < 5 | 5 à < 20 | 20 à < 50 | 50 à < 100 | 100 à >200 |
| Patrimoine culturel | Absent | - | - | - | Présent |
| Route | Absent | - | - | - | -Autoroute -Route à deux chaussées |
| Voie ferré | Absent | - | - | - | Présent |
| | -Roches dénudées -Végétation clairsemée | -Zone côtière -Prairies | Forêt | Agriculture | -Urbain et industriel -Infrastructure |

Evaluation de la vulnérabilité côtière socio-économique

| | | | | | |
|------------------------------------|---|---|-----------------|---|-----------|
| Occupation du sol | -marais, marécage et lande -plan d'eau | | | | |
| Désignation de conservation | Absent | - | Inter nationale | - | Nationale |

3.1. La population :

Mclaughlin et Cooper (2010) considèrent que la variable de population est un élément essentiel qui doit être inclus dans un indice de vulnérabilité. Selon Goavec C (2015), plus une zone côtière est habitée plus elle sera exposée aux risques (submersions marines, les intrusions salines...etc.) et donc sa vulnérabilité sera élevée.

Cette variable n'est pas très commune dans les indices de vulnérabilité publiés, en raison des problèmes qui se posent dans l'utilisation de la population où 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. (Niazi, 2007). D'après Mclaughlin et al., (2002), la variable de la population caractérise les habitats et les agglomérations, et est classée 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, présente une vulnérabilité élevée.

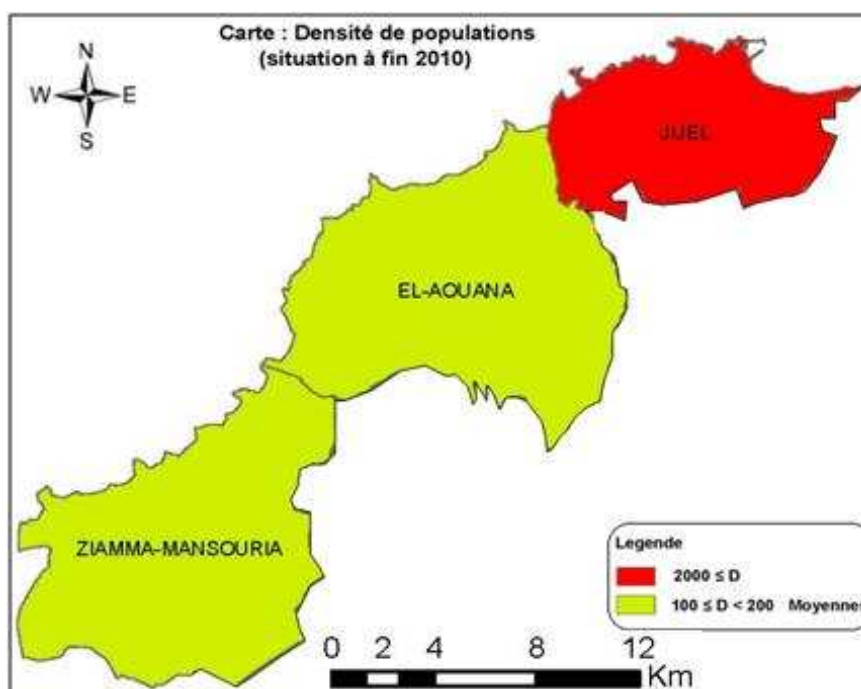


Figure 32: Extrait de la carte de concentration de la population selon la dispersion et les communes. (PATW Jijel, 2010)

Etant donné que notre zone d'étude est incluse dans un territoire qui dépasse les limites administratives (03communes), nous évaluerons sa vulnérabilité à l'échelle régionale. (Fig.32)

Evaluation de la vulnérabilité côtière socio-économique

Mclaughlin et Cooper (2010) considèrent qu'à une telle échelle, il est nécessaire d'utiliser des données de population d'un recensement plus détaillées.

Le littoral du PNTaza chevauche trois communes : la commune de Ziamma-Mansouriah, d'El-Aouana et la commune de Jijel (Fig.32), ces dernières ont des densités respectives : entre 40 et 100 hab/km² pour les deux premières communes et une densité qui dépasse les 2000 hab/km² au niveau du chef de la wilaya (Jijel).

Notre étude est faite selon une portion du territoire littoral (les cellules), afin de dépasser cette contrainte nous examinerons chaque cellule selon la présence ou l'absence de la population, en utilisant la méthode de Mclaughlin et Cooper (2010) selon une échelle locale qui sera donc valable pour notre cas.

3.1.1. Traitement

Le traitement est fait par une méthode visuelle, à l'aide d'une image satellitaire (2016) téléchargée à partir du logiciel *Universal Map Download*, dont la résolution spatiale permet la distinction entre les différentes composantes du territoire à l'œil nu. Un score est attribué pour chaque cellule de la grille de vulnérabilité ; (5) pour présence de population ou l'absence par un score de (1).

Le traitement a donné la carte suivante :

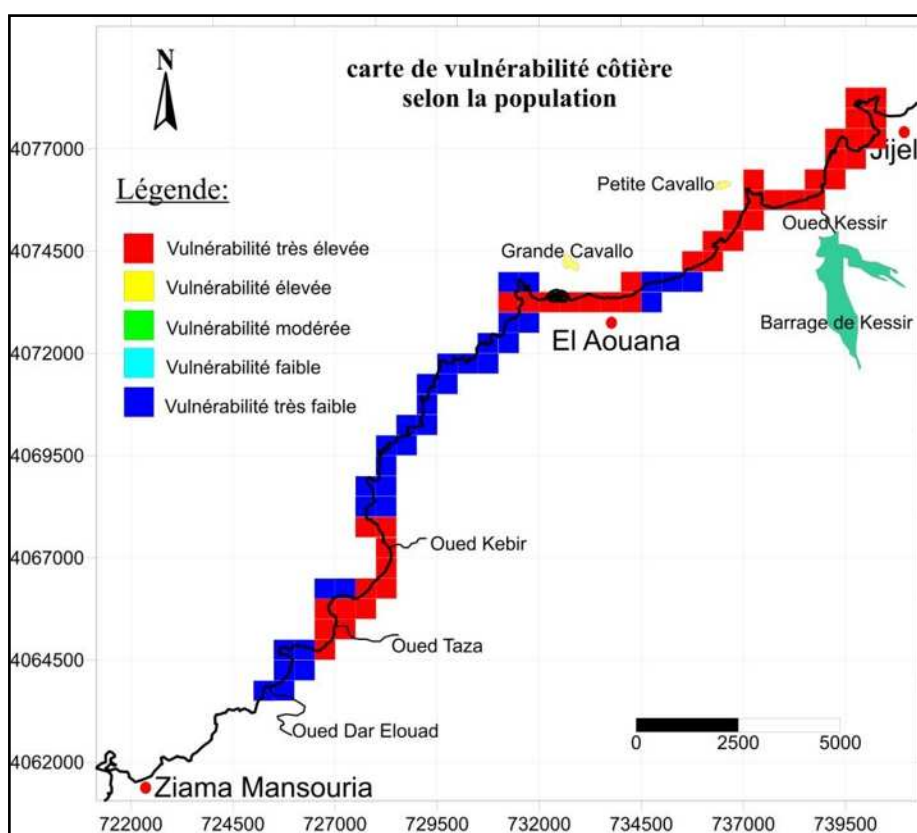


Figure 33: Carte de vulnérabilité côtière selon la population.

La population locale du PNTaza occupe les zones qui s'étalent du Cap Ras El-Afia jusqu'à la pointe d'El Aouana et du Oued Kebir jusqu'à la baie de Taza qui sont des zones accessibles et favorable à l'urbanisation. Par contre, le reste du PNTaza est dépourvu de population, en raison de son relief accidenté, qui empêche son extension. (Fig.33)

3.2. Le patrimoine culturel

Les monuments historiques et les sites archéologiques sont inclus dans cette variable, ces derniers ne sont pas importants en terme économique mais considérés précieux à cause de ce qu'il porte comme valeur sociale et culturelle. Ils font partie des ressources culturelles et sont irremplaçables (Niazi, 2007).

Hopley, 1992 in Niazi, 2007 a noté que bien que l'érosion côtière dans quelques régions soit inévitable en raison de l'élévation 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). (Niazi S, 2007)



Figure 34: Extrait d'une carte de potentialité de la Wilaya de Jijel. (PNTaza, comm. Pers)

La zone d'étude d'après la Figure 34 montre la présence d'une variété des sites archéologiques, on cite les grottes merveilleuses de Ziamma-Mansouriah, Ghar El Baz au niveau de Taza et les grottes de la Madeleine aux Aftis, un monument culturel ou lieu intéressant (architecture) indiqué sur la carte, il s'agit du grand phare à l'extrémité est de la zone d'étude, une beauté exceptionnel en terme d'architecture et paysage.

Les sites archéologiques et les monuments cités sont inclus dans des territoires qui dépassent leurs limites structurelles, à cause de leurs valeurs en terme culturelles et économiques. A cet effet, il est nécessaire de les préserver eux-mêmes, ainsi que tous les territoires périphériques à ces sites qui peuvent les fragiliser.

Suivant ces observations on a pu élaborer la carte suivante :

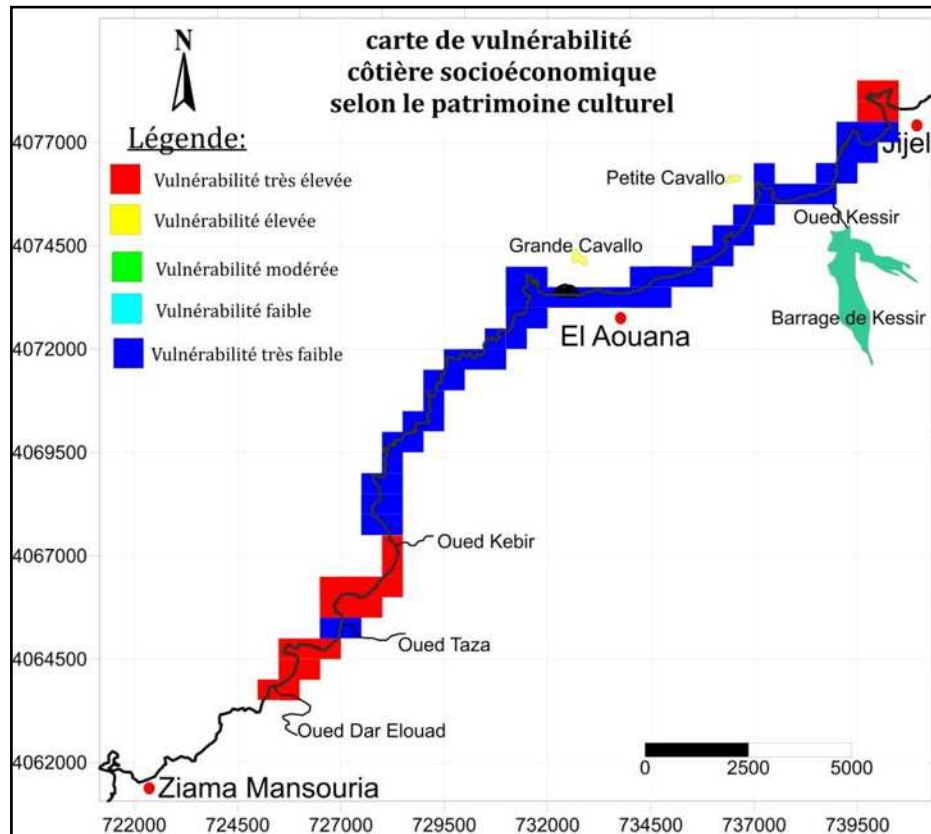


Figure 35: Carte de vulnérabilité côtière selon le patrimoine culturel du PNTaza.

En raison de la présence d'un patrimoine culturel, on note que le Cap de Ras El-Afia, les Aftis et Dar El Oued sont des sites à vulnérabilité très élevée, et le reste du littoral du PNTaza est à vulnérabilité très faible. (Fig.35)

3.3. Routes et voies ferrées

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. (Niazi S, 2007). A une échelle régionale, Mclaughlin et Cooper (2010), considère que la présence des routes (en incluant toutes les classes de route, y compris les routes secondaires) ou une voie ferrée rend le littoral très vulnérable, et leur absence rend le littoral à très faible vulnérabilité.

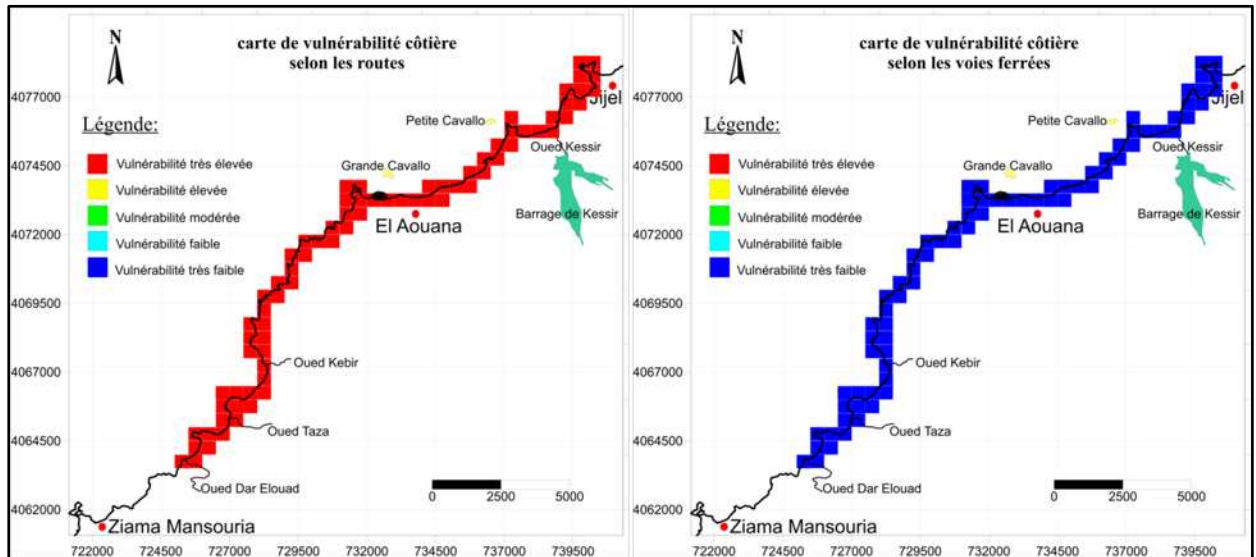


Figure 36: **Cartes de vulnérabilité côtière relative aux routes et voies ferrées.**

La route nationale numéro 43 est très importante en terme d'économie, transport et communication traversant la côte du PNTaza, c'est une route à deux voies (Fig.11) le montre. Selon Mclaughlin et Cooper (2010) considèrent une telle zone comme étant vulnérable de degré très élevé. En revanche une absence totale de la voie ferrée qui lui confier une très faible vulnérabilité. (Fig.36)

3.4. 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. (Niazi S, 2007)

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. Ce classement (Tab.09) ne prend pas en considération la valeur potentielle de la terre, par exemple un champ utilisé actuellement pour l'agriculture peut être potentiellement beaucoup plus précieux comme site pour un futur développement urbain. Dans cette étude, les valeurs se baseront sur le statut économique des futurs projets prévus dans ce littoral.

3.4.1. Récolte de la donnée

La carte suivante provient des travaux réalisés par Lamani B et Mouissi K (2016).

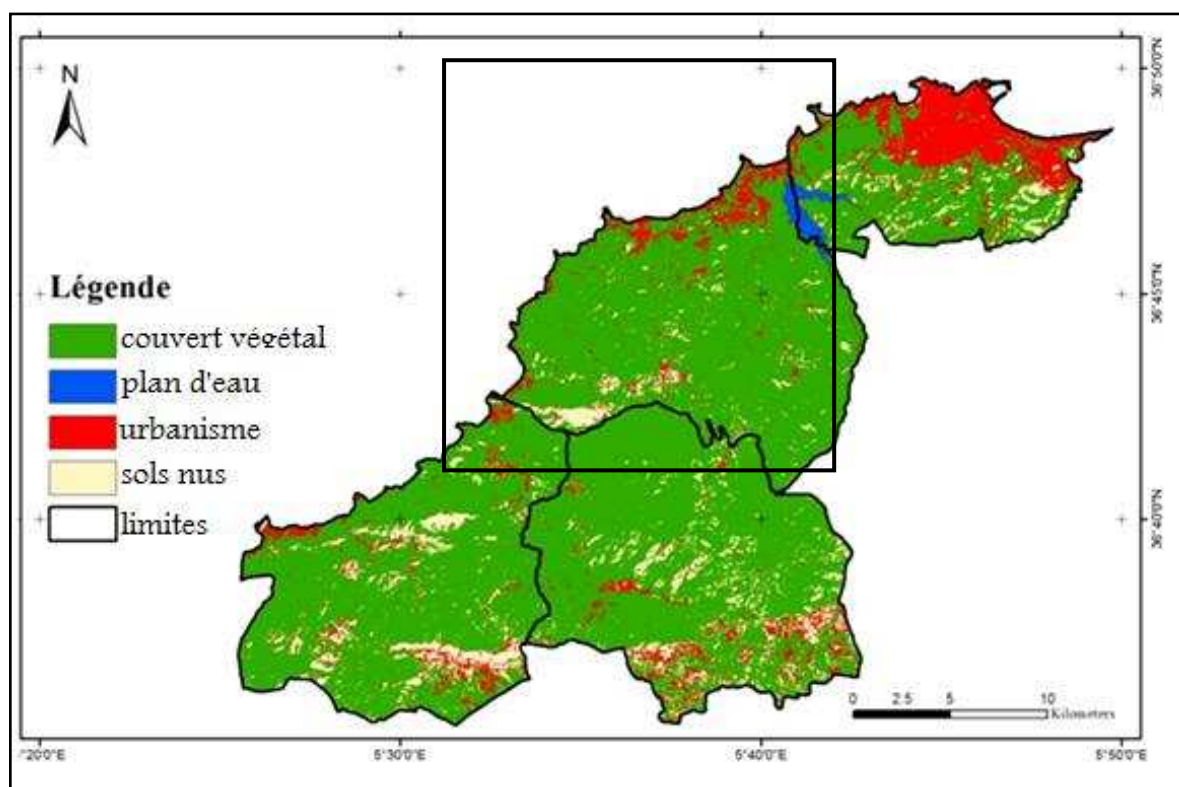


Figure 37: Carte d'occupation du sol du PNTaza du 13 décembre 2015. (Lamani B, Mouissi K, 2016)

On remarque une concentration de l'urbanisation dans la partie côtière particulièrement dans la partie Est de la zone d'étude. (Fig.37)

On enregistre au niveau de la baie de Taza et les Aftis au côté ouest, que l'urbanisme diminue jusqu'à l'arrivée du port d'El Aouana. (Fig.37)

Le PNTaza est aussi caractérisé par un couvert végétal important observées par l'imagerie satellitaire à partir du *Google Earth* qu'on a utilisé pour confirmer les données que fourni la carte de l'occupation du sol.

La figure 38 présente une disparité en termes de vulnérabilité, où on distingue une vulnérabilité modérée d'Oued Kebir jusqu'à la pointe d'El Aouana, et une vulnérabilité élevée voire très élevée de la pointe d'El Aouan jusqu'à le Cap de Ras El-Afia à l'exception de la partie Est de Kessir.

D'Oued Kebir jusqu'à la baie de Taza on enregistre une vulnérabilité très élevée, et au niveau de Dar El Oued la vulnérabilité est très faible.

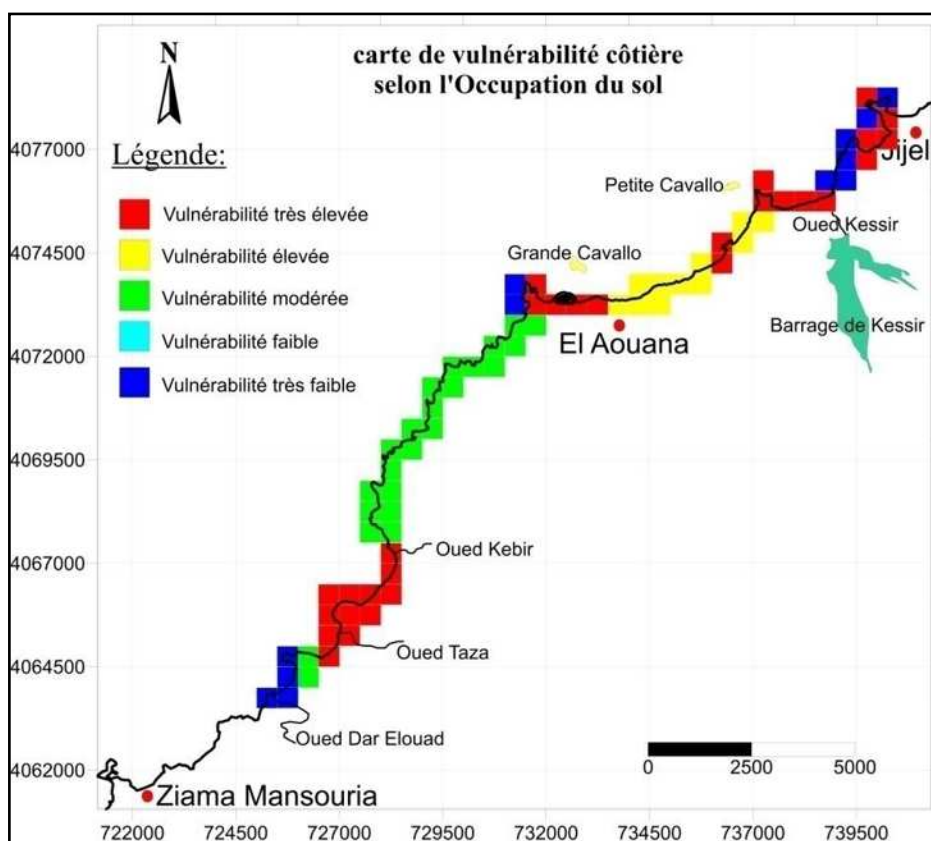


Figure 38: Carte de vulnérabilité côtière selon l'occupation du sol du PNTaza.

3.5. La désignation de conservation

Il s'agit des aires délimitées, protégées et gérées en fonction d'objectifs de conservation. La désignation identifie une région d'importance internationale ou nationale, où les efforts de conservation et de développement durable sont déployés (Niazi S, 2007). La classification de ces aires désignées est représentée sur le tableau suivant :

Tableau 10: Classes pour les désignations de la conservation utilisées dans l'indice de vulnérabilité socio-économique.

| | Internationale | Nationale |
|------------------------------------|--|---|
| Désignation de conservation | -Programme de l'homme et de la biosphère (MAB) -Protection d'une zone spéciale -Conservation d'une zone spéciale -Site à patrimoine mondial | -Régions d'intérêt scientifique -Patrimoine national géologique -Parc national -Régions sensibles écologiquement |
| Classe | 3 | 5 |

A partir de cette donnée, il est préférable de considérer la zone étant vulnérable de degrés très élevé, à cause de la richesse culturelle, écologique et économique que porte cette zone pour être mieux conservée.

4. Le Calcul de l'indice de vulnérabilité côtière socio-économique (IVC_{éco})

Une fois que les six variables sont déterminés, selon Mclaughlin et al., (2002) les valeurs obtenues sont additionnées ensemble. Le classement de l'indice de la vulnérabilité socioéconomique noté (IVC_{éco}) est minimal pour une valeur de 6 et maximal pour une valeur de 30.

La formule suivante montre comment calcul-t-on l'indice de vulnérabilité côtière socioéconomique pour chaque cellule :

$$\text{IVC}_{\text{éco}} = (a + b + c + d + e + f)$$

Avec: **a**: Population, **b**: Patrimoine culturel, **c**: Route, **d**: Voie ferrée, **e**: Occupation du sol et **f**: Désignation de conservation.

Tableau 11: Les différentes classes de la vulnérabilité côtière socio-économique.

| Interval | [6 – 12 [| [12 – 18 [| [18 – 24 [| [24 – 30 [|
|-------------------------|---------------|---------------|--------------|-------------------|
| Classe de vulnérabilité | Faible (1) | Modéré (2) | Elevé (3) | Très élevé (4) |

La classe « très faible » ne figure pas dans ce classement, car ses valeurs sont comprises dans l'intervall [0 – 6 [, et les valeurs du (IV_{éco}) sont supérieures ou égales 6.

Les résultats du calcul de l'indice pour chaque cellule sont représentés dans l'annexe 04, ils ont permis d'élaborer la carte de la vulnérabilité socioéconomique du PNTaza (Fig.39) :

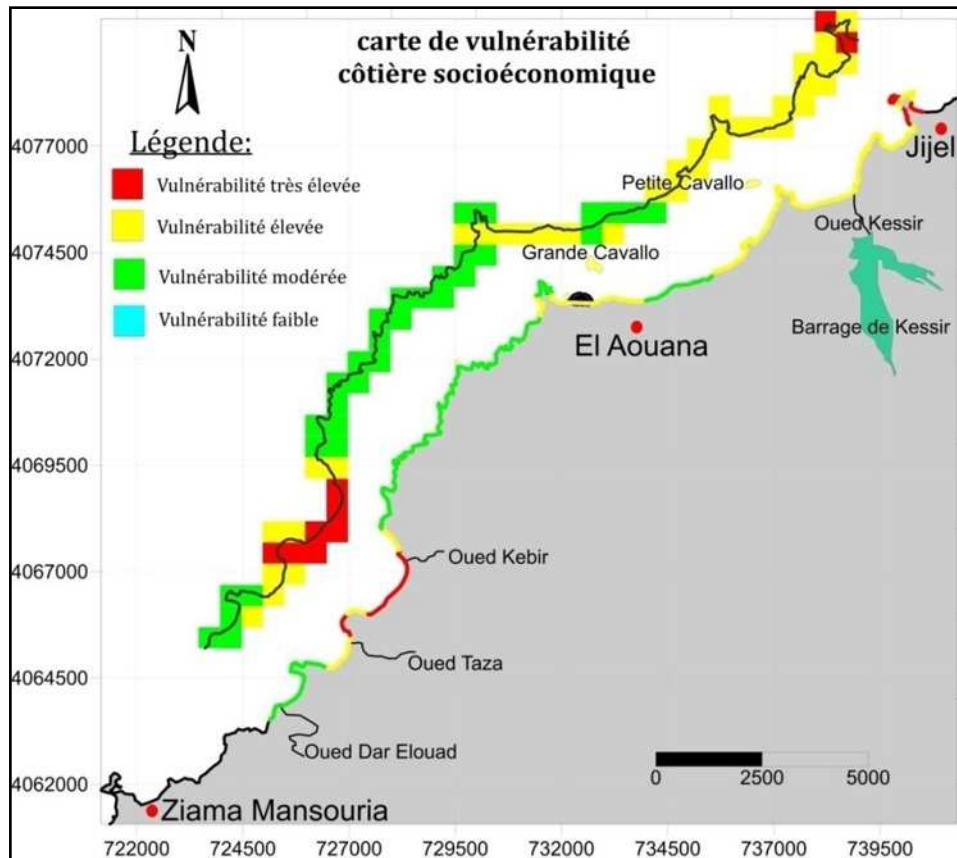


Figure 39: Carte de la vulnérabilité socioéconomique du PNTaza.

Evaluation de la vulnérabilité côtière socio-économique

Le tableau suivant montre la longueur du linéaire côtier ainsi que le pourcentage pour chaque classe de vulnérabilité.

Tableau 12: Les différentes classe de la vulnérabilité socioéconomique selon les six variables utilisées pour l'évaluation dans le PNTaza

| | Faible | Modérée | Elevée | Très élevée |
|----------------------|--------|---------|--------|-------------|
| Linéaire cotier (km) | 0 | 15,5 | 15,1 | 3,4 |
| Pourcentage (%) | 0 | 46 | 44 | 10 |

4.1. Discussion

D'après les résultats du tableau 12 et la figure 39, on remarque que :

- la classe (2) et (3) dominant, ce qui veut dire que le PNTaza possède une vulnérabilité socioéconomique modérée voire élevée sur sa globalité ;
- au delà de Oued Kebir jusqu'à El Aouana la vulnérabilité est modérée malgré l'absence de la population, mais se sont surtout les variables : route nationale, désignation de conservation et la variable de l'occupation du sol qui font augmenter le degré de la vulnérabilité de cette portion ;
- El Aouana est plus au moins dense en terme d'urbanisme et de population ce qui a fait augmenter la vulnérabilité à un degré élevé ;
- la classe (4) caractérise les terres ayant une vulnérabilité très élevée par rapport à toutes les variables, on cite la baie de Taza, les Aftis qui sont habitées et ayant des sites archéologiques et culturels. Rajoutant l'extrémité est de la zone d'étude, un site culturel et historique très important, il s'agit du grand phare.

Enfin, socio-économiquement le PNTaza est modérément vulnérable par rapport à l'élévation du niveau de la mer liée aux changements climatiques, et les submersions marines liées aux tempêtes et les dépressions atmosphériques (météo-tsunami) voire des tsunamis.

Conclusion

L'indice de vulnérabilité socioéconomique est essentiel à inclure dans les études d'évaluation de la vulnérabilité côtière, car il représente l'enjeu d'une zone côtière face aux aléas naturels, il s'agit des coûts et des infrastructures qui peuvent empêcher le développement économique de la zone lors des dégâts naturels.

L' IVC_{eco} est un outil de gestion et de planification pour la zone côtière qui aide à la prise de décision pour les différentes actions du développement et d'occupations futures du territoire, selon la carte de la vulnérabilité socioéconomique qui permet de voir l'ensemble du territoire en terme de vulnérabilité, préservant ce qui doit être absolument préservé et perfectionnant les actions de gestion des paramètres qui peuvent augmenter la vulnérabilité, on cite à titre d'exemple l'urbanisme et population.

Chapitre 5
Stratégies d'adaptation

Introduction

On ne peut éviter les impacts du changement climatique, surtout ceux de l'élévation du niveau de la mer. Face à une telle menace la côte du PNTaza serait confrontée à des difficultés socio-économiques et environnementales majeures. Ceci rend l'adaptation et l'atténuation de l'effet des aléas une priorité à mobiliser.

A la lumière des connaissances acquises sur la vulnérabilité physique et socio-économique de notre site d'étude, il devient facile de présenter des stratégies d'adaptation et des mesures de mitigation (atténuation), pour pouvoir faire face aux futurs impacts du changement climatique.

1. Les types de stratégies d'adaptation

L'adaptation peut réduire la sensibilité aux changements climatiques, tandis que l'atténuation peut réduire le degré d'exposition à ces changements (à leur rythme comme à leur étendue). (GIEC, 2007)

L'adaptation est nécessaire à court, moyen et à long terme pour faire face aux conséquences de l'élévation du niveau de la mer. Trois catégories classiquement (Retrait, Accommodation et Protection) envisagées dans la plupart des études de vulnérabilité (GIEC, 1990)

- **Le retrait** : consiste à une relocalisation des activités et des biens ; Déplacer les enjeux littoraux, d'une manière à abandonner les terres menacées lorsque les conditions deviennent intolérables, pour que le système littoral retrouve un équilibre.
- **L'accommodation** : (ou adaptation) consiste à maintenir l'occupation des sols tout en apportant un réaménagement des structures existantes afin d'atténuer les impacts de l'élévation du niveau de la mer. Elle est donc une solution intermédiaire entre le retrait et la protection.
- **La protection** : consiste à mettre en œuvre des techniques de défense (épis, brise-lames, digues...etc.) afin de bloquer le transit sédimentaire et stocker le sable localement. Elle représente une réponse directe à l'érosion qui menace les enjeux côtiers.

2. Mesure d'adaptation et d'atténuation pour le littoral du PNTaza

Les mesures d'adaptation et de protection proposées seront envisagées, au niveau du court, moyen et du long terme. Ces mesures que nous proposons ici sont d'ordre technique, institutionnel et juridique.

2.1. Les mesures d'adaptation et de protection du court et du moyen terme

Comme notre site d'étude représente une aire marine protégée qui est en cours de classement, on ne peut pas envisager des techniques de défense lourdes (dures). Les

techniques de défense douces seront par conséquent préférées, ou un retrait (relocalisation des infrastructures) si la zone n'est pas très urbanisée.

Les mesures d'adaptation et de protection qui peuvent être envisagées seront donc :

2.1.1. Réhabilitation des espaces dunaires

Cette mesure concerne les plages des Aftis et de Bordj Blida, qui subit une érosion de type éolienne, à cause de la désertification de leurs espaces dunaires.



Photo 2: Réhabilitation des espaces dunaires. (Expérience aux Cabanes de Fleury, France)

- **objectifs**

Le contrôle de la mobilité et la fixation des dunes.

La canalisation de la fréquentation des dunes.

- **Principe**

La modération de l'érosion éolienne par la réduction de la vitesse du vent. (Mignaux, 2010)

- **Etapas**

1. La mise en place des ganivelles (rideau brise-vent en bois), qui servent à réduire l'action du vent sur la dune, capter le sable et le maintenir au sol.
2. La mise en place d'un géotextile biodégradable, qui sert à retenir le sable et il aide la reprise des végétaux implantés.
3. L'implantation des végétaux halophiles, qui jouent un rôle de fixateur du sable, et le fait d'implanter plusieurs espèces permet d'améliorer la biodiversité. Cette étape se fait en automne, pour que la végétation sera arrosée naturellement, aussi pour qu'elle aura le temps de pousser sans être piétinée.

2.1.2. Stabilisation des falaises

Notre zone d'étude est majoritairement formée de falaises(photo.03), et ces types de côtes sont considérées instable, en raison de la combinaison de plusieurs facteurs comme l'érosion marine en pied de falaise, le glissement, l'écroulement et l'effondrement dus aux instabilités géotechniques des massifs rocheux.



Photo 3: Route nationale N° 43 traversant les falaises du PNTaza.

- **Objectifs**

La protection du pied de falaises contre l'action marine.

La stabilisation de la falaise contre l'action continentale.

- **principe**

Différentes techniques peuvent être mise en œuvre pour la protection et la stabilisation des falaises, et ceci doit être établie à partir d'une étude géotechnique détaillée permettant de déterminer la stratégie la plus adéquate en termes de sécurité et d'analyse coût/efficacité. (Mignaux, 2010)

Parmi les techniques qui pourront être envisagées pour la protection et la stabilisation des falaises du PNTaza, on cite :

a- **Drainage de falaise** : consiste à mettre en place un système de pompage et/ou un drain des eaux de ruissellement ou d'infiltration superficielle des falaises. Cette technique a pour but d'éliminer les ruissellements et les infiltrations qui provoquent la fissuration et la fragilisation des falaises.

b- **Ancrage et boulonnage de falaise** : cette technique s'effectue par la mise en place de tirants, de boulons ou de barres passives afin d'augmenter la stabilité de la falaise. Il s'agit donc d'augmenter la résistance au cisaillement le long d'une surface de rupture. (Mignaux, 2010)

Le seul inconvénient de cette technique est le coût très élevé de l'entretien.

2.2. Les mesures d'accompagnement et recommandations pour le long terme

2.2.1. Renforcement juridique

Il s'agit ici de l'application rigoureuse de la loi 02-02 du 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral, qui a établi trois bandes de 300 mètres, 800 mètres et 3 km de large. La première correspond à une zone inconstructible, sur la seconde sont interdites les nouvelles voies parallèles au rivage, et sur la troisième sont interdites toutes les extensions longitudinales du périmètre urbanisé. Aussi, elle interdit l'extension de deux

agglomérations adjacentes à moins que la distance qui les séparent soit de 5 km au moins. Ceci d'une part, et d'autre part, l'interdiction de toutes formes d'extraction de sables et granulats sur les plages, les dunes littorales et les lits d'oued pour minimiser les impacts physiques d'une élévation du niveau moyen de la mer.

2.2.2. Renforcement institutionnel

A l'échelle Institutionnelle, il est nécessaire de renforcer et/ou mettre en place des mécanismes qui permettent une meilleure coordination entre le pouvoir central, les collectivités locales et les différents acteurs agissants dans la zone littorale. Ceci

permettrait d'impliquer tous les représentants des différents secteurs dès la phase de réflexion sur le choix des options d'adaptation.

La sensibilisation et l'implication des communautés côtières tout au long du processus d'adaptation est un atout pour la réussite des options retenues dans ce cadre.

2.2.3. Elaboration d'un plan GIZC pour le PNTaza

Jusqu'à présent aucune stratégie de gestion des zones côtières en Algérie n'a été mise en œuvre.

L'élaboration et la mise en œuvre des stratégies d'adaptation dans le cadre d'un plan de GIZC, sont conditionnées par une bonne connaissance du fonctionnement de la côte et d'avoir une démarche participative et intégratrice des populations locales. Or, l'absence de données océanographiques et le non coordination entre le pouvoir central, les collectivités locales et les différents acteurs agissants dans la zone littorale ont été le plus souvent un grand handicap pour la gestion des zones côtières.

De ce fait, il faut songer à installer tout le long de la côte algérienne des instruments de mesures en continu de houles et de courants et suivre l'évolution du trait de côte et des plages à l'aide de nouvelles technologies (DGPS, Images satellitaires) pour pouvoir dégager les tendances évolutives de la côte, d'un côté, et de penser à impliquer les différents acteurs agissant sur le littoral pour pouvoir aboutir à une gestion durable et raisonnée du littoral.

Conclusion

Dans les années à venir la problématique de défense contre la mer sera d'autant plus importante avec l'élévation du niveau de la mer, engendrée par des changements climatiques désormais admis par la communauté scientifique. Les mesures d'adaptation seront diversifiées telles que la protection des côtes, adaptation des zones littorales, voire un retrait et abandon des enjeux menacés.

Conclusion générale

Conclusion générale

La côte est sujette à des risques multiples tels que l'érosion, les inondations, les tsunamis, les ondes de tempête et l'élévation du niveau de la mer...etc. Comme les gens commencent à habiter de plus en plus les côtes, leur vulnérabilité à ces risques croîtra également.

Cette étude, dont l'objectif principal est d'évaluer la vulnérabilité de la côte du PNTaza, a révélé une forte vulnérabilité environnementale et socioéconomique de ce littoral face aux impacts de l'élévation du niveau de la mer.

La côte du PNTaza a été modifiée et aménagée de façon intensive au cours de cette dernière décennie, et elle est de ce fait encore plus vulnérable à une élévation du niveau de la mer.

L'utilisation d'un indice de vulnérabilité côtière (IVC) est apparu comme étant:

- une approche prospective qui mesure la vulnérabilité côtière face aux effets de l'élévation de niveau de la mer et sa capacité normale de s'adapter aux nouvelles conditions environnementales.
- une technique objective pour l'évaluation des risques et un outil d'aide à la décision à court, moyen et à long terme.

La détermination de l'indice de vulnérabilité côtière physique selon Thieler et Hammar-Klose (1999, 2000a et 2000b) a montré une vulnérabilité très élevée à l'élévation du niveau de la mer au niveau des plages d'Oued Dar El Oued, de Taza, des Aftis, d'ElAouana, du Rocher Noir, de Bordj Blida. Par contre celle de Késsir elle est élevée, cette vulnérabilité est probablement due à leur géomorphologie qui présente une tendance à l'érosion, aussi ces plages présentent des pentes douces, chose qui pourrait les rendre sensibles aux submersions et au recul du trait de côte.

Quant à l'indice de vulnérabilité côtière socio-économique, il a été calculé pour l'ensemble du littoral du PNTaza sur la base de composantes essentielles des régions côtières suivant la méthode de Mclaughlin et al (2002) ; il a montré que la vulnérabilité de la région est modérée voire élevée sur la majorité de la côte.

Un développement socio-économique est attendu dans cette région, en raison de ces potentialités qui séduisent les investisseurs, ce développement sera par voie de conséquence combiné aux changements physiques qui seront attendues suite aux changements climatiques et à l'élévation future du niveau de la mer. Cette conjonction pourra induire des conséquences dommageables aussi bien vis-à-vis de la population et des biens matériels ou immatériels de cette région.

Conclusion générale

Ce présent travail sur le littoral du PNTaza, a donné une vision synoptique sur la vulnérabilité et l'adaptation de ce littoral face à l'élévation du niveau de la mer, mais elle nécessite en revanche des études plus approfondies afin de lever quelques incertitudes, et ce par :

- L'utilisation des données topographiques et bathymétriques plus précises et plus récentes.
- Un suivi du trait de côte en employant pour cela un appareillage plus précis.
- Un recensement ponctuel de la population, qui sera introduit dans un système d'information géographique.

Une évaluation nationale de la vulnérabilité côtière est nécessaire pour éviter les effets négatifs de l'élévation du niveau de la mer. Sur la base de la vulnérabilité côtière actuelle, une gestion côtière appropriée de la zone doit être initié avant que ces problèmes ne deviennent irréversibles.

Il est donc possible d'éviter, ou du moins de réduire ces impacts, en agissant dans un contexte global de GIZC, et en mettant en œuvre des mesures d'adaptation et d'atténuation anticipatives, dont les principaux objectifs d'adaptation et d'atténuation sont :

- Orienter l'extension des centres urbains existants vers les zones éloignées du littoral.
- Œuvrer pour le transfert vers des sites appropriés des installations industrielles existantes dont l'activité présente des dommages pour l'environnement.
- Faire coexister les établissements humains, infrastructures et activités en veillant à la prévention de la dégradation de l'écosystème
- Maîtriser l'urbanisation.
- Prévenir le recul du trait de côte et l'érosion des bassins versants côtiers.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

ASSASSI, C., OTMANI, H. (2010). *Etude de protection de la zone de Club des Pins.* Mémoire d'Ingéniorat. Aménagement du littoral. Alger (Dély Ibrahim) : ENSSMAL, 93 p.

BIRD, E. C. F. (1994). Cliff hazards and coastal management. *Journal of Coastal Research.* Vol. 12, p. 299-310.

BONNEFILLE, R. (2010). *Mouvements de la mer et leurs risques : Rapport d'activité.* Document non publié. Toulouse : Ecole nationale supérieure d'électrotechnique et d'hydraulique. 25 p.

BOOIJ, N., RIS, R. C., HOLTHUIJSEN, L. H. (1999). A third-generation wave model for coastal regions, part I: model description and validation. *Journal of Geophysical Research.* Vol. 104, p. 7649-7666.

BOUTIBA, M. (2006). *Géomorphologie dynamique et mouvements des sédiments le long de la cote sableuse Jijelienne (Est Algérie).* Thèse de doctorat. Science de la terre. Alger (Bab Ezzouar) : USTHB, 245 p.

BOURRELIER, P. H. (1997). *La prévention des risques naturels : Rapport d'activité.* Document non publié. La Vienne : DDTV. 129 p.

CAMFIELD, F. E. (1994). Tsunami effects on coastal structures. *Journal of Coastal Research.* Vol. 12, p. 177-188.

CHAKOUR, S. (2012). *Étude socio-économique pour la future aire marine du parc national de Taza : Rapport d'activité.* Jijel : PNTaza. 63 p.

DEAN, R. G., MALAKAR, S. B. (1999). Projected flood hazard zones in Florida. *Journal of Coastal Research.* Vol. 28, p. 85-94.

DIEZ, P. G., PERILLO, G. M. E., PICCOLO, M. C. (2007). Vulnerability to Sea-Level Rise on the Coast of the Buenos Aires Province. *Journal of Coastal Research.* Vol. 23, p. 119-126.

Vienne. Direction départementale des territoires (2012). *Plan de prévention du risque inondation de la vallée de la vienne : Rapport d'activité.* Document non publié. la Vienne. SOGREAH. 126p.

DJEHA, L., MATOUK, Z., (2011). *Etude d'impact sur l'environnement du dragage du port de pêche et de plaisance d'el-Aouana : Rapport d'activité.* Document non publié. Alger : Laboratoire d'études maritime. 74 p.

DJELLIT, H. (1987). *Evolution tectono-métamorphique du socle Kabyle et polarité de mise en place des nappes flysch en petite Kabylie occidentale (Algérie).* Thèse de Doctorat. Paris: Université de Paris 2, 206 p.

DOW, K. (1993). Exploring differences in our common future(s): The meaning of vulnerability to global environmental change. *Geoforum.* Vol. 23, p. 417-436.

Références bibliographiques

Jijel. Direction de la planification et de l'aménagement du territoire (2010). *Bilans d'activités annuels* : Rapport d'activité. Document non publié. Jijel : Direction de la planification et de l'aménagement du territoire. 86 p.

Jijel. Direction de la pêche et des ressources halieutiques (2010). *Statistiques et tendances*: Rapport d'activité. Document non publié. Jijel : Direction de la pêche et des ressources halieutiques. 26 p.

École nationale des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral (Dély Ibrahim) (2007). *Approches descriptive et analytique de la zone marine : Plan de gestion de la zone marine située entre le cap Afia et la limite administrative Jijel – Béjaïa* : Rapport d'activité. Document non publié. Jijel : PNTaza. 85 p.

FERREIRA, O. et al., (2006). An integrated method for the determination of set-back lines for coastal erosion hazards on sandy shores. *Continental Shelf Research*, Vol. 26, p. 1030-1044.

FRÉMAUX, C. (2007). *Projet d'opération nationale d'inventaire général du patrimoine culturel littoral* : Rapport d'activité. Document non publié. France : Direction de l'architecture et du patrimoine. 107 p.

G.I.E.C. (1990). *Strategies for adaptation to sea-level rise* : Rapport d'activité. Document non publié. Pays Bas: Ministère du transport et des travaux public. p. 195-238.

G.I.E.C. (2007). *Bilan 2007 des changements climatiques les bases scientifiques physiques* : Rapport d'activité. Document non publié. [s.1.] : GIEC. 25 p.

G.I.E.C. (2013). *Des sciences du climat à l'évaluation des risques climatiques*: Rapport d'activité. Document non publié. [s.1.] : GIEC. 34 p.

GOAVEC, C., HOARAU, J. F. (2015). Vulnérabilité économique structurelle et dépendance touristique : quels enseignements pour les petites économies insulaires en développement. *Econpapers*. Vol. 42, p. 157-188.

GORNITZ, V. M. (1990). Vulnerability of the East Coast: USA to future sea level rise. *Journal of Coastal Research*. Vol. 9, p. 201-237.

GORNITZ, V. M. et al., (1994). The development of a coastal risk assessment database: Vulnerability to sea-level rise in the U.S. southeast. *Journal of Coastal Research*. Vol. 12, p. 327-338.

GRIMES, S. et al., (2004). *Biodiversité marine et littorale Algérienne*. Oran : Laboratoire « Réseau de surveillance environnementale » de l'université d'Es Senia-Oran. 286 p.

HARVEY, N., WOODROFFE, C. D. (2008). Australian approaches to coastal vulnerability assessment. *Sustain Sci*. Vol. 3, p. 67-87.

HENAFF, A., PHILIPPE, M. (2014). *Gestion des risques d'érosion et de submersion marine*. France : Géomer. 156 p.

KLEIN, R. J. T., NICHOLLS, R. J., TOMALLA, F. (2003). Resilience to natural hazards: how useful is this concept. *Environmental Hazards*. Vol. 5, p. 35-45.

Références bibliographiques

- LAMANI, B., MOUISSI, K. (2016).** *Evolution de l'occupation du sol de la zone côtière du parc national de Taza*. Mémoire d'Ingéniorat. Aménagement du littoral. Alger (Dély Ibrahim) : ENSSMAL, 61 p.
- MARCOMINI, A., SUTER, G. W. II., CRITTO, A. (2009).** Decision Support Systems for risk based management of contaminated sites. *Springer US*. 436 p.
- MCLAUGHLIN, S., COOPER, J. A. G. (2010).** A multi-scale coastal vulnerability index: A tool for coastal managers. *Environmental Hazards*. Vol. 9, p. 233-248.
- MCLAUGHLIN, S., MCKENNA, J., COOPER, J. A. G. (2002).** Socio-economic data in coastal vulnerability indices: constraints and opportunities. *Journal of Coastal Research*. Vol. 36, p. 487-497.
- MCLEOD, E. et al., (2010).** Sea-level rise impact models and environmental conservation: a review of models and their application. *Ocean & Coastal Management*. Vol. 53, p. 507-517.
- MIHOUBI, M. K., BELKESSA, R., LATRECHE, M. A. (2014).** Study of the vulnerability of coastal areas of the algerian basin with the GIS. *International Journal of Environmental Science and Development*. Vol. 5, p. 522-526.
- BOUTIBA, M. (2012).** *Les risques côtiers en Algérie : Rapport d'activité*. Document non publié. Alger : MATE-PAP RAC. 46 p.
- MIGNAUX, L. (2010).** *La gestion du trait de côte*. France : Quae. 229 p.
- NATESAN U., PARTHASARATHY A (2014).** Coastal vulnerability assessment: a case study on erosion and coastal change along Tuticorin, Gulf of Mannar. *Nat Hazards*. Vol. 75, p. 1713-1729.
- NECHNACHE, F. (2015).** *Etude géomorpho-sédimentaire de la zone côtière du parc national de Taza*. Mémoire d'Ingéniorat. Aménagement du littoral. Alger (Dély Ibrahim) : ENSSMAL, 92 p.
- NIAZI, 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. Géosciences de l'Environnement. Rebat : Université Mohammed V-AGDAL Faculté des sciences, 230 p.
- ONUE (1963).** *Étude écologique de la zone méditerranéenne : carte bioclimatique de la zone méditerranéenne*: Rapport d'activité. Document non publié. Paris : UNESCO. 63 p.
- OZYURT, G., ERGIN, A. (2009).** Application of Sea Level Rise Vulnerability Assesment Model to selected Coastal Areas of Turkey. *Journal of coastl research*. Vol. 56, p. 248-251.
- PASKOFF, R. (1992).** *Côtes en danger*. Paris, L'Harmattan. 247 p.
- Jijel. Plan d'aménagement du territoire (2011).** *Plan d'aménagement du territoire de la wilaya de Jijel* : Rapport d'activité. Document non publié. Jijel : PATW. 299 p.
- SHUBERT, C. (1994).** Tsunamis in Venezuela: Some observations on their occurrence. *Journal of Coastal Research*. Vol. 12, p. 189-196.

Références bibliographiques

- SZLAFSZTEIN, C., STERR, H. (2007).** A GIS-based vulnerability assessment of coastal natural hazards, State of Para, Brazil. *Journal of Coastal Conservation*. Vol. 1, p.53-66.
- XHARDE, R. (2007).** *Évaluation du potentiel des techniques aéroportées vidéo graphique et lidar appliquées à l'étude des risques naturels en milieu côtier*. Thèse de doctorat. Science de la terre. Québec : INRS, 248 p.
- SHAJI, J. (2014).** Coastal sensitivity assessment for Thiruvananthapuram, west coast of India. *Nat. Hazards*. Vol. 73, p. 1369-1392.
- SHAW, J. et al., (1998).** Sensitivity of the coasts of Canada to sea-level rise. *Geological Survey of Canada*. p. 50-79.
- S.S.M.O. (1970).** Summary of Synoptic Meteorological Observations, U.S Naval Weather Service Command. *Mediterranean marine*. Vol. 2, 632 p.
- THIELER, E. R., HAMMAR-KLOSE, E. S. (1999).** National assessment of coastal vulnerability to sea-level rise: Preliminary Results for the U.S. Atlantic Coast. *U.S. Geological Survey*. p. 99-593.
- THIELER, E. R., HAMMAR-KLOSE, E. S. (2000a).** National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise: Preliminary Results for the U.S. Pacific Coast. *U.S. Geological Survey*. p. 01-179.
- THIELER, E. R., HAMMAR-KLOSE, E. S. (2000b).** National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise: Preliminary Results for the U.S. Gulf of Mexico Coast. *U.S. Geological Survey*. p. 01-178.
- TORRESAN, S. et al., (2008).** Assessing coastal vulnerability to climate change: comparing segmentation at global and regional scales. *Sustainable Science*. Vol. 3, p. 45-65.
- TSIMPLIS, M., MARCOS, M., SOMOT, S., BARNIER, B. (2008).** Sea level forcing in the Mediterranean Sea between 1960 and 2000. *Global and Planetary Change*. Vol. 63, p. 325–332.
- VAN DE GRAAF, J. (1994).** Coastal and dune erosion under extreme conditions. *Journal of Coastal Research*. Vol. 12, p. 253-262.
- YIN, J. et al., (2012).** National assessment of coastal vulnerability to sea-level rise for the Chinese coast. *Journal of Coastal Conservation*. Vol. 16, p. 123-133.

Annexes

Annexe 1 : Evolution du trait de côte.

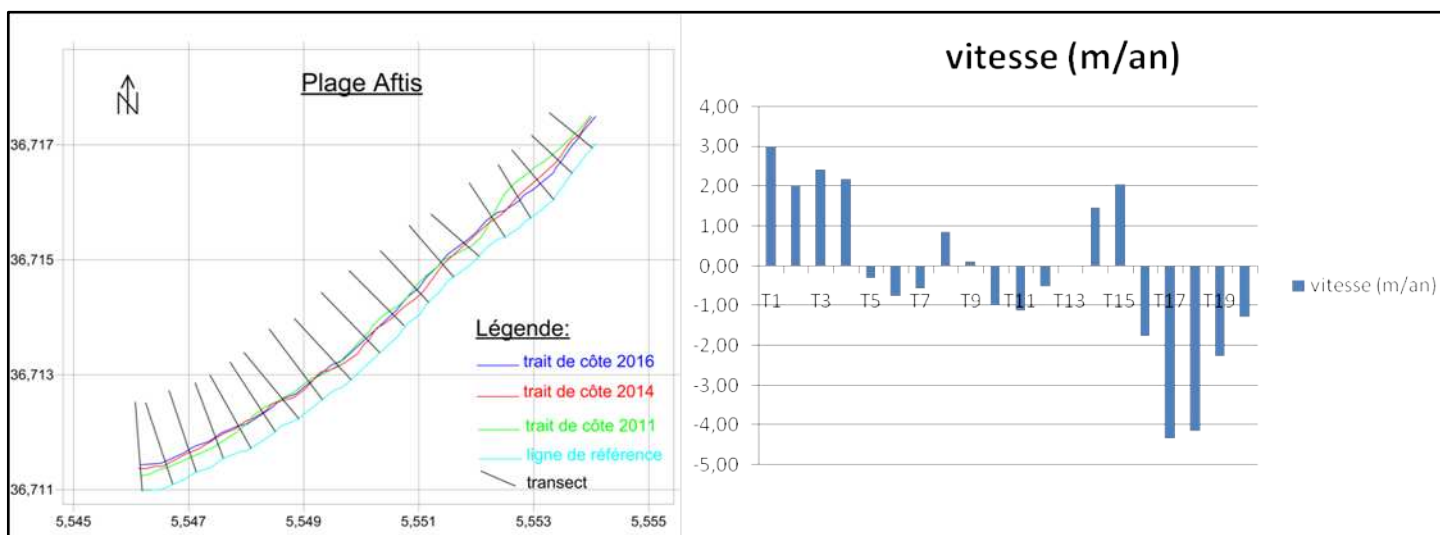


Figure 40: Evolution du trait de côte au niveau de la plage des Aftis entre 2011 et 2016.

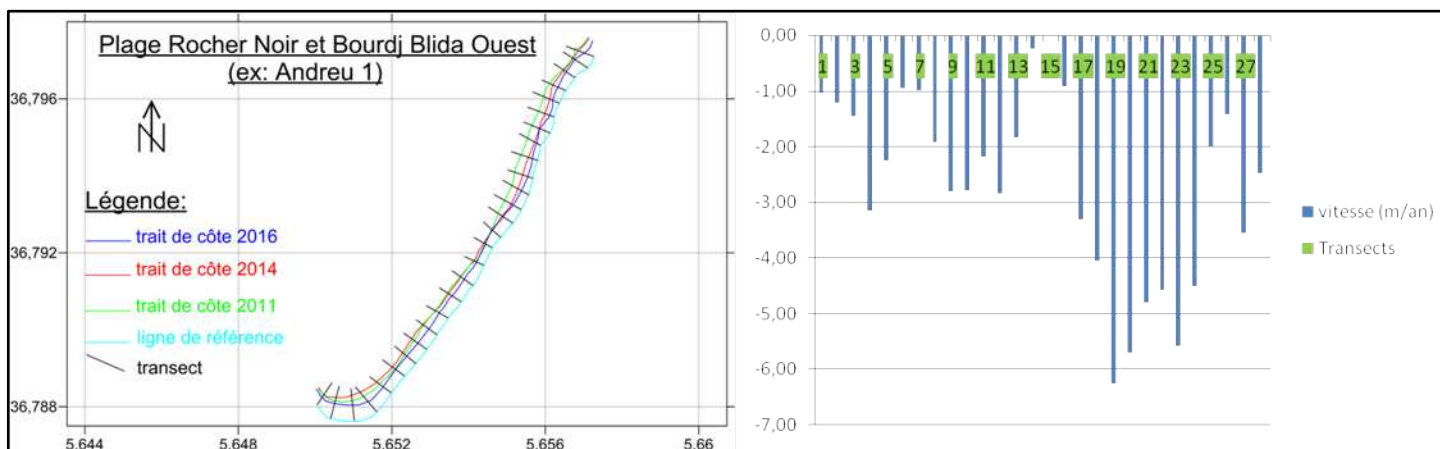


Figure 41: Evolution du trait de côte au niveau des plages du Rocher Noir jusqu'à Bourdj Blida Ouest entre 2011 et 2016.

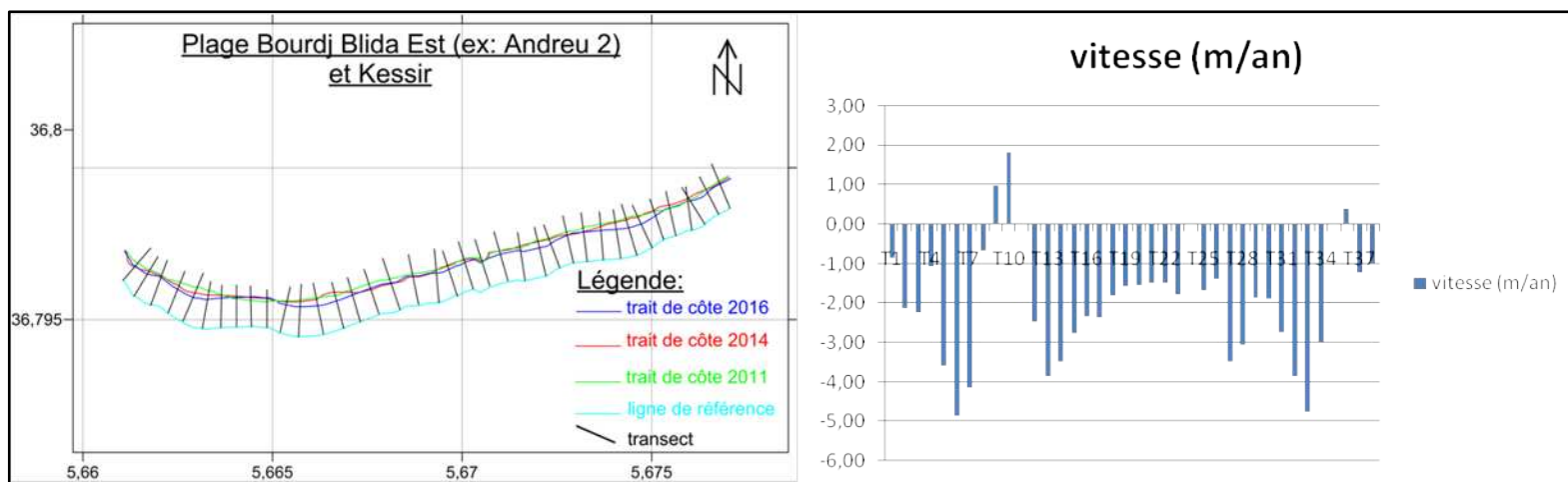


Figure 42: Evolution du trait de côte au niveau des plages de Bourdj Blida Est jusqu'à Késsir entre 2011 et 2016

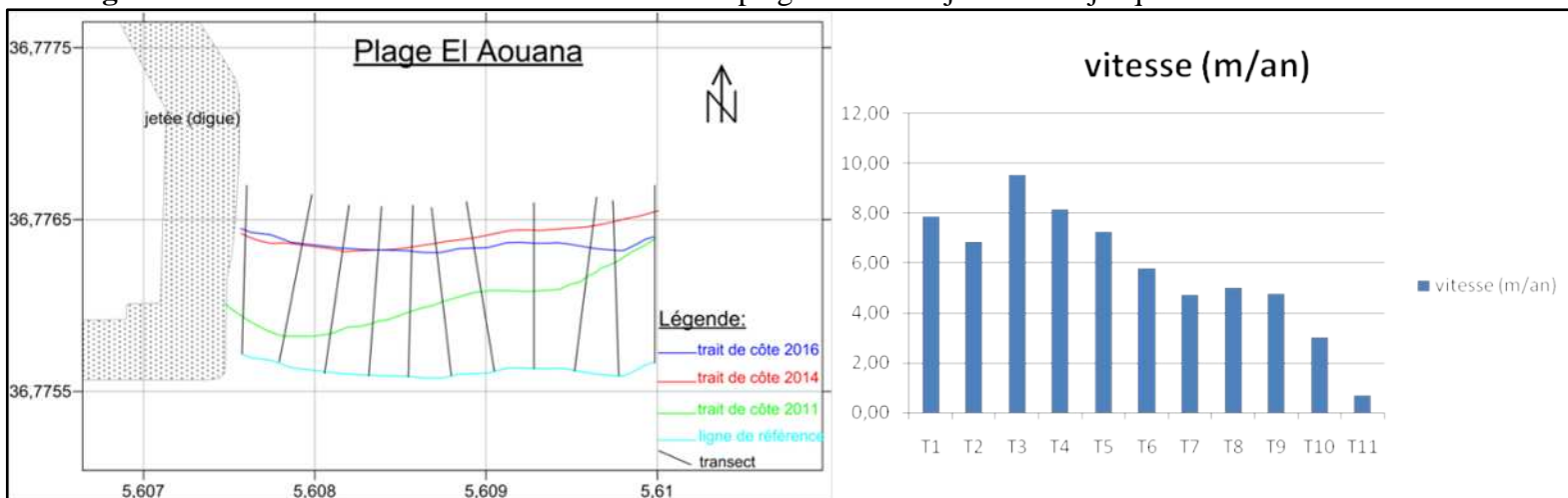


Figure 43: Evolution du trait de côte au niveau de la plage d'El Aouana entre 2011 et 2016.

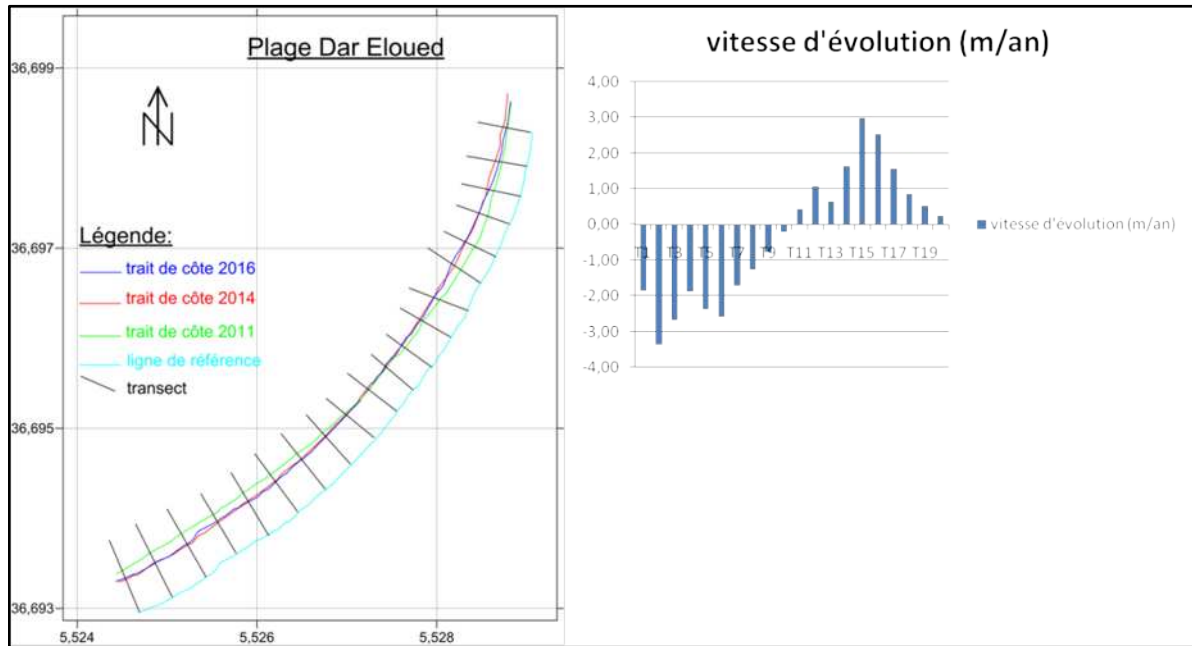


Figure 44: Evolution du trait de côte au niveau de la plage de Dar El Oued entre 2011 et 2016.

Tableau 13: Evolution du trait de côte au niveau des Aftis entre 2011 et 2016.

| Transects | Evolution (2011-2016) (m) | Vitesse (m/an) | Transects | Evolution (2011-2016) (m) | Vitesse (m/an) |
|-----------|---------------------------|----------------|-----------|-------------------------------|----------------|
| T1 | 15,00 | 3,00 | T12 | -2,60 | -0,52 |
| T2 | 10,16 | 2,03 | T13 | 0,00 | 0,00 |
| T3 | 12,13 | 2,43 | T14 | 7,42 | 1,48 |
| T4 | 10,91 | 2,18 | T15 | 10,32 | 2,06 |
| T5 | -1,50 | -0,30 | T16 | -8,83 | -1,77 |
| T6 | -3,75 | -0,75 | T17 | -21,68 | -4,34 |
| T7 | -2,79 | -0,56 | T18 | -20,81 | -4,16 |
| T8 | 4,32 | 0,86 | T19 | -11,28 | -2,26 |
| T9 | 0,65 | 0,13 | T20 | -6,36 | -1,27 |
| T10 | -4,97 | -0,99 | | vitesse moyenne (m/an) | -0,19 |
| T11 | -5,60 | -1,12 | | longueur (m) | 805 |

Annexes

Tableau 14: Evolution du trait de côte au niveau des plages du Rocher Noir jusqu'à Bourdj Blida Ouest entre 2011 et 2016.

| Transects | Evolution (2011-2016) (m) | Vitesse (m/an) | Transects | Evolution (2011-2016) (m) | Vitesse (m/an) |
|-----------|---------------------------|----------------|-----------|---------------------------------|----------------|
| T1 | -5,22 | -1,04 | T16 | -4,55 | -0,91 |
| T2 | -6,09 | -1,22 | T17 | -16,57 | -3,31 |
| T3 | -7,32 | -1,46 | T18 | -20,24 | -4,05 |
| T4 | -15,81 | -3,16 | T19 | -31,29 | -6,26 |
| T5 | -11,23 | -2,25 | T20 | -28,50 | -5,70 |
| T6 | -4,76 | -0,95 | T21 | -24,04 | -4,81 |
| T7 | -4,92 | -0,98 | T22 | -22,85 | -4,57 |
| T8 | -9,64 | -1,93 | T23 | -27,92 | -5,58 |
| T9 | -14,04 | -2,81 | T24 | -22,50 | -4,50 |
| T10 | -13,93 | -2,79 | T25 | -10,04 | -2,01 |
| T11 | -10,92 | -2,18 | T26 | -7,14 | -1,43 |
| T12 | -14,23 | -2,85 | T27 | -17,75 | -3,55 |
| T13 | -9,17 | -1,83 | T28 | -12,36 | -2,47 |
| T14 | -1,23 | -0,25 | | vitesse moyenne m/an | -2,67 |
| T15 | 0,00 | 0,00 | | longueur (m) | 1130 |

Tableau 15: Evolution du trait de côte au niveau des plages de Bourdj Blida Est jusqu'à Késsir entre 2011 et 2016.

| Transects | Evolution (2011-2016) (m) | Vitesse (m/an) | Transects | Evolution (2011-2016) (m) | Vitesse (m/an) |
|-----------|---------------------------|----------------|-----------|---------------------------|----------------|
| T1 | -4,20 | -0,84 | T21 | -7,46 | -1,49 |
| T2 | -10,66 | -2,13 | T22 | -7,44 | -1,49 |
| T3 | -11,13 | -2,23 | T23 | -8,89 | -1,78 |
| T4 | -5,31 | -1,06 | T24 | 0,00 | 0,00 |
| T5 | -17,97 | -3,59 | T25 | -8,33 | -1,67 |
| T6 | -24,35 | -4,87 | T26 | -6,94 | -1,39 |
| T7 | -20,66 | -4,13 | T27 | -17,39 | -3,48 |

Annexes

| | | | | | |
|-----|--------|-------|-----|-----------------------------------|--------------|
| T8 | -3,28 | -0,66 | T28 | -15,27 | -3,05 |
| T9 | 4,91 | 0,98 | T29 | -9,30 | -1,86 |
| T10 | 9,11 | 1,82 | T30 | -9,44 | -1,89 |
| T11 | 0,00 | 0,00 | T31 | -13,66 | -2,73 |
| T12 | -12,34 | -2,47 | T32 | -19,31 | -3,86 |
| T13 | -19,28 | -3,86 | T33 | -23,75 | -4,75 |
| T14 | -17,42 | -3,48 | T34 | -15,03 | -3,01 |
| T15 | -13,80 | -2,76 | T35 | 0,00 | 0,00 |
| T16 | -11,74 | -2,35 | T36 | 1,94 | 0,39 |
| T17 | -11,84 | -2,37 | T37 | -6,05 | -1,21 |
| T18 | -9,09 | -1,82 | T38 | -4,87 | -0,97 |
| T19 | -7,79 | -1,56 | | Vitesse moyenne (m/an) | -1,93 |
| T20 | -7,72 | -1,54 | | longueur (m) | 1540 |

Tableau 16: Evolution du trait de côte au niveau de la plage d'El Aouana entre 2011 et 2016.

| Transects | Evolution (2011-2016)(m) | Vitesse (m/an) | Transects | Evolution (2011-2016) (m) | Vitesse (m/an) |
|-----------|--------------------------|----------------|-----------|-----------------------------------|----------------|
| T1 | 39,48 | 7,90 | T8 | 25,07 | 5,01 |
| T2 | 34,31 | 6,86 | T9 | 23,91 | 4,78 |
| T3 | 47,84 | 9,57 | T10 | 15,06 | 3,01 |
| T4 | 40,82 | 8,16 | T11 | 3,40 | 0,68 |
| T5 | 36,26 | 7,25 | | vitesse moyenne (m/an) | 5,80 |
| T6 | 29,02 | 5,80 | | longueur (m) | 220 |
| T7 | 23,67 | 4,73 | | | |

Tableau 17: Evolution du trait de côte au niveau de la plage de Dar El Oued entre 2011 et 2016.

| Transects | Evolution (2011-2016)(m) | Vitesse d'évolution (m/an) | Transects | Evolution (2011-2016)(m) | Vitesse d'évolution (m/an) |
|-----------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| T1 | -9,23 | -1,85 | T12 | 5,42 | 1,08 |
| T2 | -16,85 | -3,37 | T13 | 3,25 | 0,65 |
| T3 | -13,37 | -2,67 | T14 | 8,22 | 1,64 |
| T4 | -9,37 | -1,87 | T15 | 14,91 | 2,98 |
| T5 | -11,82 | -2,36 | T16 | 12,66 | 2,53 |
| T6 | -12,94 | -2,59 | T17 | 7,86 | 1,57 |
| T7 | -8,60 | -1,72 | T18 | 4,36 | 0,87 |
| T8 | -6,33 | -1,27 | T19 | 2,71 | 0,54 |
| T9 | -3,80 | -0,76 | T20 | 1,20 | 0,24 |
| T10 | -1,05 | -0,21 | Plage Dar Eloued | moyenne de la plage(m) | -0,31 |
| T11 | 2,17 | 0,43 | | longueur (m) | 785 |

Annexe 2 : Cartes de réfraction de la houle.

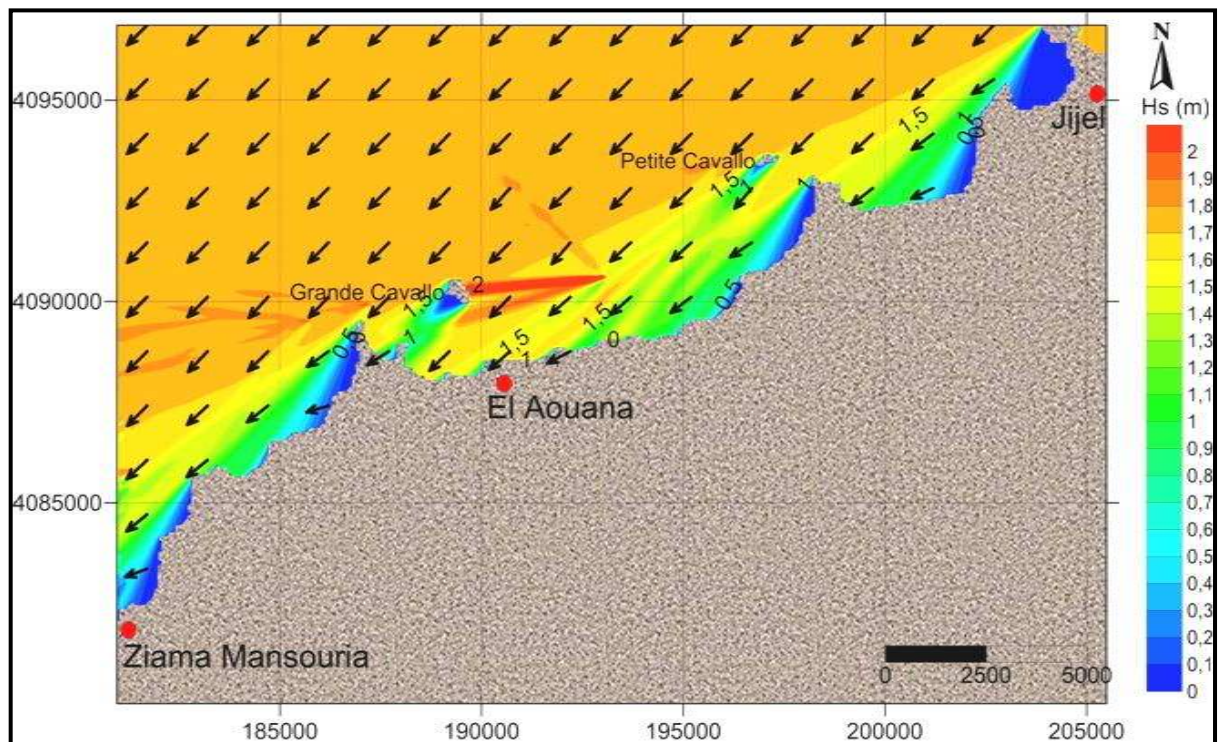


Figure 45: Réfraction d'une houle du secteur nord-est (45°) pour une période de 6s.

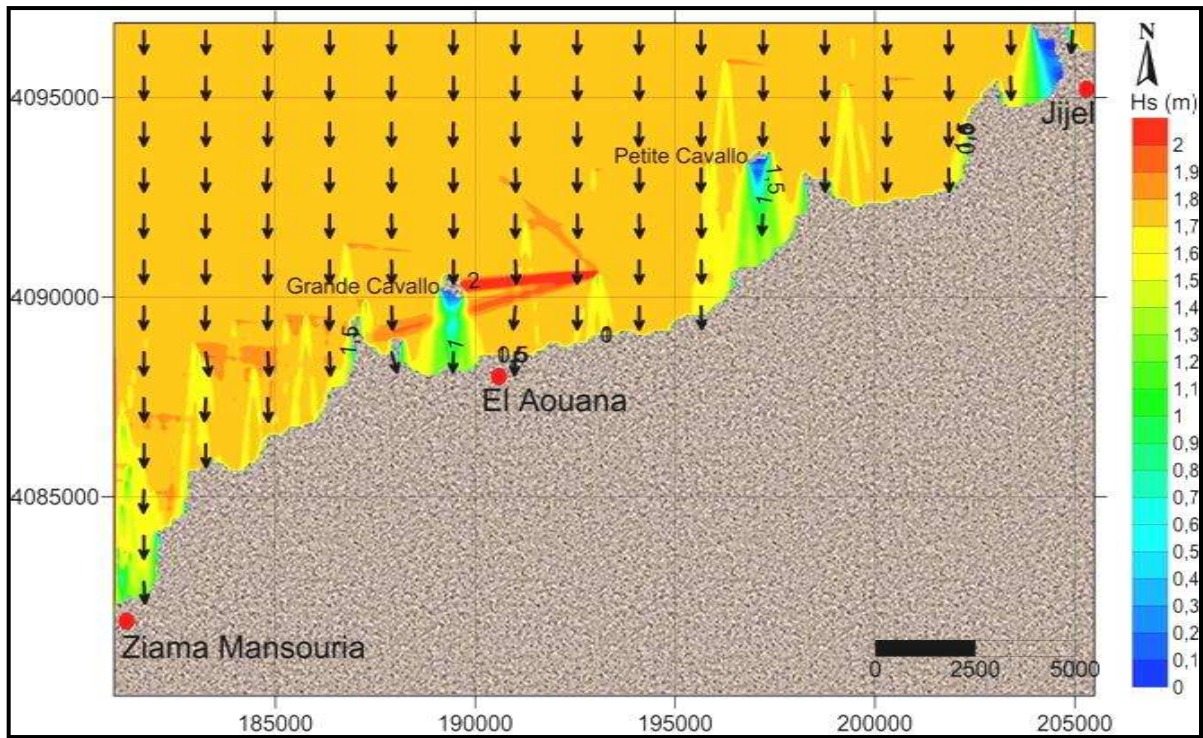


Figure 46: Réfraction d'une houle du secteur nord (360°) pour une période de 6s.

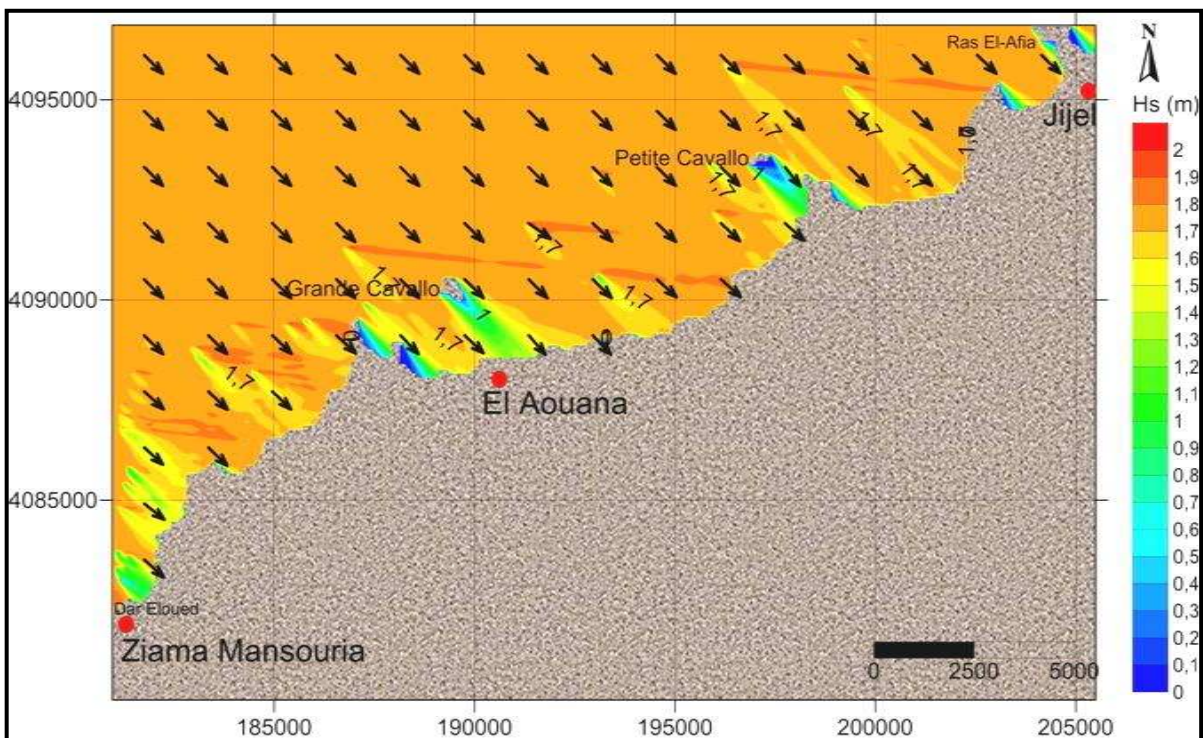


Figure 47: Réfraction d'une houle du secteur nord-ouest (315°) pour une période de 6s.

Annexe 3 : Scores de vulnérabilité côtière physique.

Tableau 18: Scores de vulnérabilité côtière physique.

| | pentés % | score pente | géologie côtière | scores géologie | Scores marnage | Hs (m) | score Hs | géomorphologie | score géomorphologie | élévation du NM | evolution TC | score Evl TC | IVCphy |
|----|----------|-------------|--------------------|-----------------|----------------|--------|----------|-----------------|----------------------|-----------------|--------------|--------------|--------|
| 1 | 9,8 | 2 | Roche sédimentaire | 3 | 5 | 1,1 | 4 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -2,35 | 5 | 13,09 |
| 2 | 29,5 | 1 | Roche sédimentaire | 3 | 5 | 1,1 | 4 | plage à galets | 4 | 1 | -2,35 | 5 | 13,09 |
| 3 | 48,1 | 1 | Roche sédimentaire | 3 | 5 | 1,1 | 4 | plage à galets | 4 | 1 | 0,79 | 3 | 10,14 |
| 4 | 48,1 | 1 | Roche sédimentaire | 3 | 5 | 1,1 | 4 | plage à galets | 4 | 1 | 0,79 | 3 | 10,14 |
| 5 | 36,9 | 1 | Roche sédimentaire | 3 | 5 | 1,1 | 4 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 7,17 |
| 6 | 79,4 | 1 | Roche sédimentaire | 3 | 5 | 0,9 | 3 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 6,21 |
| 7 | 19,5 | 1 | Roche sédimentaire | 3 | 5 | 0,9 | 3 | plage à galets | 4 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 8,78 |
| 8 | 5,5 | 4 | Roche sédimentaire | 3 | 5 | 1,2 | 4 | plage à galets | 4 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 20,28 |
| 9 | 5,5 | 4 | Roche sédimentaire | 3 | 5 | 1,2 | 4 | plage à galets | 4 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 20,28 |
| 10 | 35,2 | 1 | Roche sédimentaire | 3 | 5 | 1,2 | 4 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 7,17 |
| 11 | 38,4 | 1 | Roche sédimentaire | 3 | 5 | 1,2 | 4 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 7,17 |
| 12 | 56,4 | 1 | Roche sédimentaire | 3 | 5 | 0,9 | 3 | plage sableuse | 5 | 1 | 0,49 | 3 | 9,82 |
| 13 | 31,7 | 1 | Roche sédimentaire | 3 | 5 | 1,2 | 4 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 7,17 |
| 14 | 31,7 | 1 | Roche sédimentaire | 3 | 5 | 1,1 | 4 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 7,17 |
| 15 | 4,7 | 4 | Roche sédimentaire | 3 | 5 | 0,9 | 3 | plage sableuse | 5 | 1 | 0,49 | 3 | 19,64 |
| 16 | 21,5 | 1 | Roche sédimentaire | 3 | 5 | 1,3 | 5 | plage sableuse | 5 | 1 | 0,49 | 3 | 12,68 |
| 17 | 16,4 | 1 | Roche sédimentaire | 3 | 5 | 1,3 | 5 | plage sableuse | 5 | 1 | -1,46 | 4 | 14,64 |
| 18 | 8,3 | 3 | Roche sédimentaire | 3 | 5 | 1 | 3 | plage sableuse | 5 | 1 | -1,46 | 4 | 19,64 |
| 19 | 39,5 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1,1 | 4 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 4,14 |
| 20 | 39,5 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1,1 | 4 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 4,14 |
| 21 | 52,3 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1,1 | 4 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 4,14 |
| 22 | 44,5 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1,1 | 4 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 4,14 |
| 23 | 53,3 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1,1 | 4 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 4,14 |

Annexes

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|---|------------------|---|---|------|---|-----------------|---|---|-------------|---|-------|
| 24 | 20,4 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1,1 | 4 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 4,14 |
| 25 | 49,5 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1 | 3 | côtes indentées | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 3,59 |
| 26 | 41,8 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1 | 3 | Petite falaise | 3 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 4,39 |
| 27 | 41,8 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1 | 3 | Petite falaise | 3 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 4,39 |
| 28 | 20,8 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1 | 3 | Petite falaise | 3 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 4,39 |
| 29 | 20,8 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1 | 3 | Petite falaise | 3 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 4,39 |
| 30 | 40,5 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1,35 | 5 | Petite falaise | 3 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 5,67 |
| 31 | 28,9 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1,35 | 5 | Petite falaise | 3 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 5,67 |
| 32 | 41,3 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1,3 | 5 | Petite falaise | 3 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 5,67 |
| 33 | 28 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1,3 | 5 | côte indentée | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 4,63 |
| 34 | 55,6 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1,3 | 5 | côte indentée | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 4,63 |
| 35 | 63,9 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1,3 | 5 | côte indentée | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 4,63 |
| 36 | 45,3 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1,3 | 5 | côte indentée | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 4,63 |
| 37 | 34,7 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1,3 | 5 | côte indentée | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 4,63 |
| 38 | 13 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1,3 | 5 | côte indentée | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 4,63 |
| 39 | 16,4 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1,3 | 5 | côte indentée | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 4,63 |
| 40 | 18,9 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1,3 | 5 | côte indentée | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 4,63 |
| 41 | 18,9 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 0,4 | 1 | côte indentée | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 2,07 |
| 42 | 16,2 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 1,3 | 5 | côte indentée | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 4,63 |
| 43 | 16,2 | 1 | Roche volcanique | 1 | 5 | 0,4 | 1 | côte indentée | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 2,07 |
| 44 | 11,8 | 2 | grès numidien | 3 | 5 | 0,4 | 1 | plage sableuse | 5 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 8,02 |
| 45 | 18,4 | 1 | grès numidien | 3 | 5 | 0,4 | 1 | plage sableuse | 5 | 1 | 5,8 | 1 | 3,27 |
| 46 | 6,4 | 3 | grès numidien | 3 | 5 | 0,4 | 1 | plage sableuse | 5 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 9,82 |
| 47 | 4,5 | 4 | grès numidien | 3 | 5 | 0,7 | 3 | Petite falaise | 3 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 15,21 |
| 48 | 2,7 | 5 | grès numidien | 3 | 5 | 0,7 | 3 | Petite falaise | 3 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 17,01 |
| 49 | 6,1 | 3 | grès numidien | 3 | 5 | 0,7 | 3 | Petite falaise | 3 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 13,17 |
| 50 | 2,7 | 5 | grès numidien | 3 | 5 | 0,7 | 3 | Petite falaise | 3 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 17,01 |

Annexes

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|---|---------------|---|-------------|------|---|-----------------|---|-----------|-------------|---|-------|
| 51 | 5,7 | 4 | grès numidien | 3 | 5 | 0,7 | 3 | Petite falaise | 3 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 15,21 |
| 52 | 3,6 | 4 | grès numidien | 3 | 5 | 1 | 3 | Petite falaise | 3 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 15,21 |
| 53 | 6,6 | 3 | grès numidien | 3 | 5 | 0,8 | 2 | Petite falaise | 3 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 10,76 |
| 54 | 6,6 | 3 | grès numidien | 3 | 5 | 1 | 3 | Petite falaise | 3 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 13,17 |
| 55 | 7,9 | 3 | grès numidien | 3 | 5 | 1 | 3 | Petite falaise | 3 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 13,17 |
| 56 | 3,6 | 4 | grès numidien | 3 | 5 | 1,3 | 5 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 16,04 |
| 57 | 3,5 | 4 | grès numidien | 3 | 5 | 0,9 | 3 | plage sableuse | 5 | 1 | -2,67 | 5 | 25,35 |
| 58 | 4,6 | 4 | grès numidien | 3 | 5 | 1 | 3 | plage sableuse | 5 | 1 | -2,67 | 5 | 25,35 |
| 59 | 5,8 | 4 | grès numidien | 3 | 5 | 1,3 | 5 | plage sableuse | 5 | 1 | -2,67 | 5 | 32,73 |
| 60 | 3,4 | 4 | grès numidien | 3 | 5 | 1,3 | 5 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 16,04 |
| 61 | 3,4 | 4 | grès numidien | 3 | 5 | 1,3 | 5 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 16,04 |
| 62 | 5,4 | 4 | grès numidien | 3 | 5 | 0,4 | 1 | plage à galets | 4 | 1 | -2,2 | 5 | 13,09 |
| 63 | 3,8 | 4 | grès numidien | 3 | 5 | 0,5 | 1 | plage à galets | 4 | 1 | -1,82 | 4 | 11,71 |
| 64 | 3 | 4 | grès numidien | 3 | 5 | 0,6 | 2 | plage à galets | 4 | 1 | -1,77 | 4 | 16,56 |
| 65 | 3 | 4 | grès numidien | 3 | 5 | 0,75 | 2 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 10,14 |
| 66 | 5,3 | 4 | grès numidien | 3 | 5 | 0,75 | 2 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 10,14 |
| 67 | 38,8 | 1 | grès numidien | 3 | 5 | 1,3 | 5 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 8,02 |
| 68 | 9 | 2 | grès numidien | 3 | 5 | 0,2 | 1 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 5,07 |
| 69 | 38,8 | 1 | grès numidien | 3 | 5 | 1,3 | 5 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 16,04 |
| 70 | 9 | 2 | grès numidien | 3 | 5 | 0,2 | 1 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 5,07 |
| 71 | 18,8 | 1 | grès numidien | 3 | 5 | 0,2 | 1 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 3,59 |
| 72 | 2,5 | 5 | grès numidien | 3 | 5 | 1,2 | 4 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 16,04 |
| 73 | 2,5 | 5 | grès numidien | 3 | 5 | 1,2 | 4 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 16,04 |
| 74 | 6,4 | 3 | grès numidien | 3 | 5 | 1 | 3 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 10,76 |
| 75 | 6,4 | 3 | grès numidien | 3 | 5 | 1 | 3 | Falaise moyenne | 2 | 1 | -1,0 à +1,0 | 3 | 10,76 |
| | | | | | microtidale | | | | | 1,6 mm/an | | | |

Annexe 4 : Scores de vulnérabilité côtière socio-économique.**Tableau 19:** Scores de vulnérabilité côtière socioéconomique

| Cellule | Population | Patrimoine culturel | Route | Voie ferrée | Occupation du sol | Désignation de conservation | IVC (socio-eco) | Classe de vulnérabilité |
|---------|------------|---------------------|-------|-------------|-------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|
| 1 | 1 | 5 | 5 | 1 | 1 | 5 | 18 | 2 |
| 2 | 1 | 5 | 5 | 1 | 1 | 5 | 18 | 2 |
| 3 | 1 | 5 | 5 | 1 | 1 | 5 | 18 | 2 |
| 4 | 1 | 5 | 5 | 1 | 3 | 5 | 20 | 3 |
| 5 | 1 | 5 | 5 | 1 | 1 | 5 | 18 | 2 |
| 6 | 1 | 5 | 5 | 1 | 3 | 5 | 20 | 3 |
| 7 | 5 | 5 | 5 | 1 | 5 | 5 | 26 | 4 |
| 8 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 22 | 3 |
| 9 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 22 | 3 |
| 10 | 5 | 5 | 5 | 1 | 5 | 5 | 26 | 4 |
| 11 | 5 | 5 | 5 | 1 | 5 | 5 | 26 | 4 |
| 12 | 5 | 5 | 5 | 1 | 5 | 5 | 26 | 4 |
| 13 | 1 | 5 | 5 | 1 | 5 | 5 | 22 | 3 |
| 14 | 1 | 5 | 5 | 1 | 5 | 5 | 22 | 3 |
| 15 | 5 | 5 | 5 | 1 | 5 | 5 | 26 | 4 |
| 16 | 5 | 5 | 5 | 1 | 5 | 5 | 26 | 4 |
| 17 | 5 | 5 | 5 | 1 | 5 | 5 | 26 | 4 |
| 18 | 5 | 5 | 5 | 1 | 5 | 5 | 26 | 4 |
| 19 | 5 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 | 20 | 3 |
| 20 | 5 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 | 20 | 3 |
| 21 | 1 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 | 16 | 2 |
| 22 | 1 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 | 16 | 2 |
| 23 | 1 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 | 16 | 2 |
| 24 | 1 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 | 16 | 2 |
| 25 | 1 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 | 16 | 2 |
| 26 | 1 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 | 16 | 2 |
| 27 | 1 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 | 16 | 2 |
| 28 | 1 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 | 16 | 2 |
| 29 | 1 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 | 16 | 2 |
| 30 | 1 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 | 16 | 2 |
| 31 | 1 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 | 16 | 2 |
| 32 | 1 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 | 16 | 2 |
| 33 | 1 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 | 16 | 2 |
| 34 | 1 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 | 16 | 2 |
| 35 | 1 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 | 16 | 2 |
| 36 | 1 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 | 16 | 2 |

Annexes

| | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|----|---|
| 37 | 1 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 | 16 | 2 |
| 38 | 1 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 | 16 | 2 |
| 39 | 1 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 | 16 | 2 |
| 40 | 5 | 1 | 5 | 1 | 1 | 5 | 18 | 3 |
| 41 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 22 | 3 |
| 42 | 1 | 1 | 5 | 1 | 1 | 5 | 14 | 2 |
| 43 | 1 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 18 | 2 |
| 44 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 22 | 3 |
| 45 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 22 | 3 |
| 46 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 22 | 3 |
| 47 | 5 | 1 | 5 | 1 | 4 | 5 | 21 | 3 |
| 48 | 1 | 1 | 5 | 1 | 4 | 5 | 17 | 2 |
| 49 | 5 | 1 | 5 | 1 | 4 | 5 | 21 | 3 |
| 50 | 1 | 1 | 5 | 1 | 4 | 5 | 17 | 2 |
| 51 | 1 | 1 | 5 | 1 | 4 | 5 | 17 | 2 |
| 52 | 1 | 1 | 5 | 1 | 4 | 5 | 17 | 2 |
| 53 | 1 | 1 | 5 | 1 | 4 | 5 | 17 | 2 |
| 54 | 5 | 1 | 5 | 1 | 4 | 5 | 21 | 3 |
| 55 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 22 | 3 |
| 56 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 22 | 3 |
| 57 | 5 | 1 | 5 | 1 | 4 | 5 | 21 | 3 |
| 58 | 5 | 1 | 5 | 1 | 4 | 5 | 21 | 3 |
| 59 | 5 | 1 | 5 | 1 | 4 | 5 | 21 | 3 |
| 60 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 22 | 3 |
| 61 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 22 | 3 |
| 62 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 22 | 3 |
| 63 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 22 | 3 |
| 64 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 22 | 3 |
| 65 | 5 | 1 | 5 | 1 | 1 | 5 | 18 | 3 |
| 66 | 5 | 1 | 5 | 1 | 1 | 5 | 18 | 3 |
| 67 | 5 | 1 | 5 | 1 | 1 | 5 | 18 | 3 |
| 68 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 22 | 3 |
| 69 | 5 | 1 | 5 | 1 | 1 | 5 | 18 | 3 |
| 70 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 22 | 3 |
| 71 | 5 | 1 | 5 | 1 | 1 | 5 | 18 | 3 |
| 72 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 5 | 22 | 3 |
| 73 | 5 | 5 | 5 | 1 | 5 | 5 | 26 | 4 |
| 74 | 5 | 5 | 5 | 1 | 5 | 5 | 26 | 4 |
| 75 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 5 | 22 | 3 |

Evaluation de la vulnérabilité côtière du parc national de Taza

ملخص

المناطق الساحلية مهددة بشكل كبير جراء تغير المناخ وارتفاع مستوى سطح البحر الناتج عنه . الشريط الساحلي للحظيرة الوطنية تازة لا يخلو هو أي أيضا من هذا الإزعاج، نظرا لأهميته الاجتماعية والاقتصادية الكبيرة. فإن اجتماع كل هذه الأخطار مع رهانات كبيرة في هذه المساحة الصغيرة ينتج عنه زيادة كبيرة في هشاشة هذه المنطقة.

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم هشاشة المنطقة الساحلية للحظيرة الوطنية تازة , لهذا استندنا في مؤشر الهشاشة الساحلي على دمج مجموعة متنوعة من المؤشرات المادية وبقالـ Thieler and Hammar-Klose (1999, 2000a and 2000b) للحصول على فكرة بخصوص الاضطرابات التي قد تصيب المنطقة الساحلية للحظيرة الوطنية تازة مع احتمالية ارتفاع مستوى سطح البحر, وأيضا مؤشر الهشاشة الساحلي الاجتماعي_الاقتصادي وبقالـ Mclaughlin et al. (2002) , لهدف تحديد المناطق المحتمل تعرضها لهذه الأخطار الساحلية.

حيث أظهر مؤشر الهشاشة الساحلي المادي وجود هشاشة عالية جدا على مستوى شواطئ وادي دار الواد, تازة, أفنتيس, العوانة, الصخر الأسود و برج بليدة. في المقابل, أظهر مؤشر الهشاشة الساحلي الاجتماعي_الاقتصادي هشاشة من معتدلة إلى مرتفعة على معظم المنطقة الساحلية.

الكلمات الدالة:

الهشاشة الساحلية, الحظيرة الوطنية تازة, الخطر, مؤشر الهشاشة الساحلي الاجتماعي_الاقتصادي, مؤشر الهشاشة الساحلي المادي.

Evaluation de la vulnérabilité côtière du parc national de Taza

Résumé

Les zones côtières sont gravement menacées par le changement climatique et son élévation du niveau de la mer associée.

La zone côtière du Parc National de Taza (PNTaza) qui n'échappe pas à cette nuisance, revêt une importance socio-économique majeure. En effet, la combinaison de forts aléas avec des enjeux considérable dans un tel espace réduit crée une grande vulnérabilité.

L'objectif de cette étude est l'évaluation de la vulnérabilité côtière du PNTaza. Nous avons pour cela se basé sur un indice de vulnérabilité côtière intégrant une diversité d'indicateurs physique (IVC_{phy}) selon Thieler et Hammar-Klose (1999, 2000a et 2000b) pour avoir une idée sur les perturbations qui peuvent subir la zone côtière du PNTaza suite à une éventuelle élévation du niveau de la mer, et un indice de vulnérabilité côtière socioéconomique ($IVC_{éco}$) selon Mclaughlin et al (2002), dans le but de déterminer les zones qui sont potentiellement exposé aux risques côtiers.

L' IVC_{phy} a montré une vulnérabilité très élevée au niveau des plages d'Oued Dar El Oued, de Taza, des Aftis, d'ElAouana, du Rocher Noir, de Bordj Blida. En revanche, L' $IVC_{éco}$ a montré que la vulnérabilité de la région est modérée voire élevée sur la majorité de la côte.

Mots clés : vulnérabilité côtière, PNTaza, risque, IVC_{phy} , $IVC_{éco}$.

Abstract

Coastal areas are seriously threatened by climate change and rising level of the associated sea.

The coastal area of the National Park of Taza (PNTaza) does not escape this nuisance, is of great socio-economic importance. Indeed, the combination of strong fluctuations with considerable challenges in such a small space creates a great vulnerability.

The objective of this study is the assessment of coastal vulnerability PNTaza. For this, we are based on coastal vulnerability index incorporating a variety of physical indicators (CVI_{phy}) according to Thieler and Hammar-Klose (1999, 2000a and 2000b) to get an idea of the disturbances which may undergo the coastal area of PNTaza following a possible rise in sea level and coastal socio-economic vulnerability index ($CVI_{éco}$) according to Mclaughlin and al (2002), in order to determine which areas are potentially exposed to coastal risks.

The CVI_{phy} showed a very high vulnerability at beaches Oued Dar el Oued Taza of Aftis, of El-Aouana, Rocher Noir, Bordj Blida. In Revenge, The $CVI_{éco}$ showed the vulnerability of the region is moderate or high on most of the coast.

Keywords: coastal vulnerability PNTaza, risk, CVI_{phy} , $CVI_{éco}$.