

## **NATURAL RESOURCE MANAGEMENT – NATURAL WEALTH ACCOUNTING\***

### **CONTRIBUTION A LA GESTION DURABLE DU TOURISME COTIER AU MAROC A TRAVERS L’EVALUATION DU COUT DE DEGRADATION DES SERVICES ECOSYSTEMIQUES DU LITTORAL -CAS DU LITTORAL DE TETOUAN**

Flayou, L.\*\* , Hout, R.\*\* , Markandya, A.\*\*\* , Mrini, A. \*\*\*\* , et Snoussi, M.\*\*

\*“Natural Resource Management – Natural Wealth Accounting” is a capacity building program launched by the Global Development Network (GDN) in 2014 to help three ecologically fragile countries—Madagascar, Mauritius and Morocco—to understand the interactions between natural resources and socio-economic activities. The program is supported by the French Ministry of Foreign Affairs and International Development and the French Agency for Development (AFD).

\*\*Mohammed V-Agdal University, Rabat, Morocco

\*\*\*Ikerbasque, BC3 (Basque Centre for Climate Change), Bilbao, Spain

\*\*\*\*Laboratoire de Cartographie et de Gestion Environnementale et Marine, Faculté des Sciences, Tétouan, Morocco.

## Table des matières

|      |                                                                                                                   |    |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I.   | Introduction .....                                                                                                | 1  |
| II.  | Contexte actuel de la gestion du capital naturel au Maroc .....                                                   | 2  |
| 1.   | Revue des évaluations des coûts de la dégradation environnementale au Maroc .....                                 | 3  |
| 2.   | Gouvernance et problématique posée par l'exploitation du sable des dunes littorales et des plages .....           | 4  |
| 3.   | Les aspects législatifs et institutionnels relatifs à la gestion des zones littorales au Maroc .....              | 7  |
| 4.   | La politique du tourisme au Maroc.....                                                                            | 7  |
| III. | Site d'étude : Le littoral de Tétouan .....                                                                       | 9  |
| IV.  | Etude morphodynamique et évolution du littoral de Tétouan .....                                                   | 10 |
| 1.   | Caractérisation morphodynamique des plages du littoral tétouanais.....                                            | 10 |
| 2.   | Évolution passée et tendances futures du trait de côte du littoral tétouanais .....                               | 12 |
| V.   | Evaluation économique des pertes potentielles pour le secteur touristique suite à la dégradation des plages ..... | 16 |
| 1.   | Présentations des différents méthodes d'évaluations des services écosystémiques.....                              | 16 |
| 2.   | Application au cas de Tétouan .....                                                                               | 19 |
| 3.   | Résultats et discussion.....                                                                                      | 20 |
| VI.  | Conclusion et recommandations .....                                                                               | 21 |
|      | Références .....                                                                                                  | 23 |

La recherche discutée dans la présente publication a été financée par le Global Development Network (GDN). Les opinions exprimées dans cet article ne sont pas nécessairement celles du GDN.

## Résumé

Les plages représentent le capital naturel de base sur lequel repose le tourisme balnéaire. Elles constituent également des remparts naturels contre les assauts de la mer, de plus en plus fréquents dans un contexte de changement climatique. Ces plages sont cependant en recul en raison de multiples pressions anthropiques comme l'extraction du sable et la « bétonisation » du front de mer. Le littoral de Tétouan, choisi comme site d'étude dans ce projet, a le taux d'artificialisation du trait de côte le plus élevé en Méditerranée marocaine : plus de 95% des dunes littorales y ont été détruites et 70% des plages subissent une érosion accélérée. A partir d'une modélisation morphodynamique du littoral de Tétouan, l'étude propose une évaluation de deux services écosystémiques : le service d'approvisionnement (coût du sable) et le service culturel (nuitées touristiques). Ainsi, dans un scénario où le cadre légal reste le même, où l'exploitation annuelle de sable continue au même rythme, et où le prix du sable n'augmente pas avec sa rareté et sans tenir compte des effets du changement climatique, les revenus susceptibles d'être enregistrés par le service "extraction de sable" au niveau du littoral de Tétouan d'ici 2050 sont inférieurs aux pertes du secteur touristique.

## I. Introduction

Le capital naturel<sup>1</sup> est un atout essentiel en particulier pour les pays à revenus limités, où les secteurs économiques tels que le tourisme et l'agriculture reposent sur les services qu'assurent les écosystèmes naturels. Malheureusement, les mesures traditionnelles d'évaluation de la performance économique, tels que le capital financier et humain, ont souvent négligé le capital naturel, conduisant à un appauvrissement des milieux naturels et à la perte de services écosystémiques précieux.

Parmi les différents écosystèmes naturels, les zones côtières, malgré leur faible superficie (6,3% de la surface du globe), offrent de nombreux services qui d'après Levrel et al. (2012) sont à l'origine de 43% de la totalité des services fournis par la Biosphère. La composante littorale étant la plus dynamique, elle est aussi la plus convoitée, avec une densité de population trois fois plus élevée que la densité moyenne mondiale (Small and Nicholls, 2003). Cette interface terre-mer est caractérisée par une juxtaposition et interpénétration entre un espace en voie d'urbanisation accélérée par la densification du tissu démographique et développement touristique et un espace naturel (dunes bordières, marais, plages...) à fortes potentialités de ressources naturelles et provision de nombreux services. C'est donc à l'intérieur de ce rapport de proximité que doivent être appréhendés les enjeux du développement durable, de la sécurité, et du bien-être humain au niveau des zones littorales.

Sur les côtes sableuses naturelles, les plages et les dunes primaires sont parmi les actifs les plus attrayants du tourisme côtier et l'une des ressources les plus importantes de l'écosystème côtier. Elles offrent une large gamme de biens et services aux populations et à l'économie (Everard et al, 2010). Elles protègent notamment le littoral -y compris les communautés côtières et les infrastructures- des houles de tempête destructrices. Pour souligner leur importance, le tableau 1 regroupe l'ensemble des services que l'on peut attendre de ce type d'écosystèmes en se basant sur la classification des services écosystémiques du Millenium Ecosystem Assessment (MEA, 2005).

Tableau 1 : Quelques-uns des services écosystémiques rendus par les plages et les dunes littorales

| Catégorie de service         | Service                                         |
|------------------------------|-------------------------------------------------|
| Services de support          | Habitat naturel                                 |
|                              | Recharge des nappes souterraines                |
| Services d'approvisionnement | Matières premières (Sable pour la construction) |
|                              | Utilisation des terres                          |
| Services de régulation       | Protection contre le risque d'inondation        |
|                              | Protection contre le risque d'érosion           |
| Services culturels           | Récréation et tourisme                          |
|                              | Educatif                                        |

Cependant, dans de nombreux endroits, les dunes littorales ont été dégradées en raison notamment du tourisme et du développement résidentiel, de l'exploitation minière et des

---

<sup>1</sup> L'Institut du développement durable le définit comme étant constitué par la terre, l'air, l'eau, les organismes vivants et toutes les formations de la biosphère terrestre qui nous fournissent les biens et services écosystémiques indispensables à la survie et au bien-être. De plus, c'est sur ce capital que repose toute l'activité économique humaine ([www.iisd.org/natres/agriculture/capital.asp](http://www.iisd.org/natres/agriculture/capital.asp)).

activités récréatives. Comme conséquence directe, entre 75 et 90 % des côtes sont en érosion alors que la demande en sable explose à l'échelle mondiale !

Par ailleurs, les tempêtes côtières de cette dernière décennie ont causé d'importants dégâts matériels et humains dans de nombreuses zones littorales à travers le monde. En effet, les biens et les personnes sont devenus de plus en plus exposés aux inondations et à l'érosion côtière, en raison non seulement de l'augmentation de la fréquence, et probablement de l'intensité, de ces aléas climatiques, mais surtout parce que les littoraux sont de plus en plus artificialisés et densément peuplés.

Toutefois, malgré les nombreux arguments macroéconomiques, les pertes de terres par érosion côtière concernent de plus en plus de littoraux, entraînant l'exposition des biens et personnes aux inondations et autres risques côtiers. L'ampleur de la régression et de la dégradation des côtes met en évidence le fait que les institutions ne prennent pas suffisamment en compte la valeur du capital naturel lors de la planification et de la mise en œuvre de politiques et projets économiques, et de développement, nationaux.

L'analyse économique des services écosystémiques, en particulier, peut aider les décideurs à fixer des priorités et améliorer la prise de décisions concernant le capital naturel. Elle peut montrer les bénéfices que les écosystèmes plages/dunes fournissent, en utilisant des mesures biophysiques, sociales et monétaires, qui pourraient orienter les décisions politiques et les investissements dans le secteur du tourisme, et promouvoir l'utilisation durable de ces ressources naturelles.

Au Maroc, à l'exception d'une étude générale sur « L'évaluation économique du coût de dégradation de l'environnement » publiée en 2003 par la Banque Mondiale, et plus récemment d'une « Etude d'évaluation socio-économique des activités de la mer et du littoral méditerranéen au Maroc » (Belghazi, 2014) lancée par le Plan Bleu, aucune autre étude ne s'est intéressée à l'évaluation économique des services écosystémiques fournis spécifiquement par le littoral ; alors même que le pays dispose d'un linéaire côtier de 3,500 kilomètres, constituant un des axes structurants de l'économie marocaine.

Afin de contribuer à une meilleure appréciation de la valeur économique des zones littorales au Maroc, la présente étude tente d'évaluer le coût de dégradation de quelques-uns des services écosystémiques rendus par les plages et les dunes du littoral de Tétouan au Maroc, notamment pour le secteur du tourisme côtier. La méthode utilisée se base sur l'évaluation des pertes potentielles de revenus pour ce secteur suite à la dégradation des plages, sachant que ces dernières constituent le capital naturel de base du tourisme dans la région. Mettre une valeur monétaire sur les bénéfices perdus ou les gains manqués si les plages venaient à disparaître est une information capitale pour les décideurs, lors de la planification et de la mise en œuvre de politiques et projets de développement nationaux.

## **II. Contexte actuel de la gestion du capital naturel au Maroc**

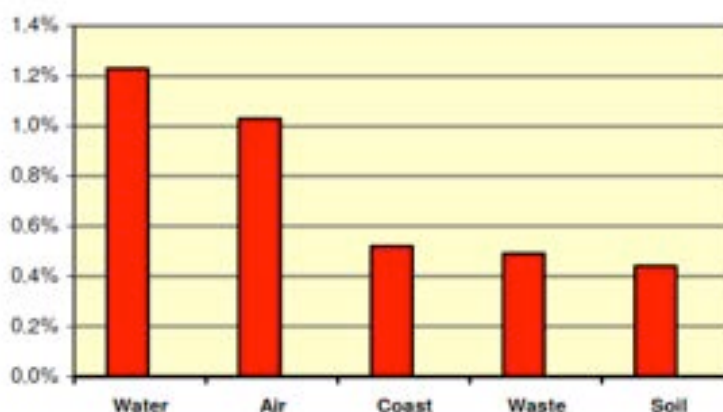
Ce n'est que très récemment, que le concept de capital naturel est mis dans l'agenda politique du pays. En effet, c'est suite au discours Royal du 30 juillet 2014, que le Conseil économique, social et environnemental (CESE) et la banque centrale du Maroc ont été chargés de mener

une étude sur la «richesse globale et le capital immatériel du Maroc» pour la période entre 1999 et 2013. D'après le CESE, l'objet de cette étude n'est pas seulement de faire ressortir la valeur du capital immatériel -- y compris le capital naturel -- du pays, mais également et surtout de souligner la nécessité de retenir ce capital comme critère fondamental dans l'élaboration des politiques publiques. En effet, selon la démarche élaborée par la Banque mondiale, la proportion du capital immatériel dans la richesse globale, est un critère essentiel dans le développement des nations. Le capital naturel y est évalué sur la base de la valeur actualisée des bénéfices économiques issus de l'exploitation des ressources naturelles, sur la durée de vie présumée pour ces ressources. La comptabilisation du capital naturel est actuellement menée dans plusieurs secteurs, notamment l'eau et la pêche, toutefois les rapports des études n'ont pas encore été publiés.

## 1. Revue des évaluations des coûts de la dégradation environnementale au Maroc

L'évaluation de la dégradation de l'environnement à l'échelle nationale et/ou sectorielle a fait l'objet d'un nombre limité d'études au Maroc (WB, 2003; Croitoru and Sarraf, 2010; Arif et Doumani, 2014; Belghazi, 2014).

Les résultats du projet METAP/Banque Mondiale (2003) ont estimé le coût de la dégradation de l'environnement au niveau national en utilisant les données de l'année 2000 couvrant 6 catégories : air ; eau ; déchets ; sols et biodiversité ; zones côtières; et environnement global. Ces coûts ont été estimés entre 9,7 et 16,5 milliards de Dirhams Marocains (MAD) en 2000, soit 2,8 à 4,7% du Produit Intérieur Brut (PIB), avec une estimation moyenne de 13,1 milliards de DM soit 3,8% du PIB en 2000 (Figure 1). A cela s'ajoute le coût des dommages sur l'environnement global estimé à près de 0,9% du PIB. Selon cette étude, le coût de la dégradation du littoral au Maroc est estimé à 0,5 pour cent du PIB. Cette dégradation a été estimée en termes de pertes de revenus touristiques (0,4% du PIB), en perte d'activités récréatives (0,1% du PIB), et en perte de captures de poissons (<0,1% du PIB).



**Eau | Air | Zones Côtières | Déchets | Sols et Biodiversité**

Figure 1: Coût annuel de dégradation par catégorie environnementale (Estimation moyenne en % du PIB, 2000) (Source: Banque Mondial, 2003)

## 2. Gouvernance et problématique posée par l'exploitation du sable des dunes littorales et des plages

Les carrières de sable sont cruciales pour accompagner le développement économique et social du pays: notamment dans le secteur du Bâtiment et Travaux Publics (BTP), un secteur porteur de l'économie marocaine, à l'origine de près de 7% du PIB et de 9% des emplois. Leur gestion doit de ce fait s'inscrire dans une politique nationale de rationalisation des ressources et de préservation dans la durée, avec une prise en compte des enjeux environnementaux liés aux paysages naturels et aux milieux de vie (CESE, 2014).

Mais, c'est loin d'être le cas au Maroc ; en effet, le problème de la surexploitation du sable côtier est très grave. Pilkey et al. (2008) estimaient que les opérations d'extraction de sable des dunes et des plages pour les besoins de l'industrie de la construction au Maroc sont les plus importants au monde et représentent un désastre économique potentiel pour le tourisme côtier dans le pays (photo 1). La question de la pérennité de cette ressource se pose avec d'autant plus d'acuité que les littoraux marocains sont littéralement ravagés au mépris de toutes les lois et de toutes les circulaires. Selon ces auteurs, cette surexploitation est en train de détruire des parties importantes du patrimoine naturel du pays. Les impacts environnementaux sont énormes, y compris la dégradation de l'écosystème et des sites archéologiques côtiers, mettant en danger les zones humides adjacentes, ce qui augmente la vulnérabilité et l'exposition des infrastructures côtières aux tempêtes et la montée du niveau de la mer. En effet, les écosystèmes côtiers plages/dunes protègent les littoraux contre les tempêtes; ralentissent l'érosion; fournissent un habitat pour les pêcheries commerciales et artisanales; attirent les touristes locaux et internationaux; et sont une source d'importance culturelle pour beaucoup de gens.



Photo 1: Extraction du sable des dunes et plages de Kenitra. Source: Pilkey, Young, Kelley, Griffith (2008) <http://coastalcare.org/>

Selon les chiffres avancés par les professionnels du secteur, 20 millions de m<sup>3</sup> de sable littoral sont consommés annuellement au Maroc, dont 86% extrait des dunes et des falaises littorales et des lits des oueds (Fig. 2). Pourtant, la quantité déclarée n'est que de quelque 8,5 millions de m<sup>3</sup>. Conséquence: plus de la moitié de la quantité de sable consommée annuellement au Maroc est extraite de manière illégale. Les projections des besoins en sable s'échelonnent, à l'horizon 2015 à environ 30 millions de m<sup>3</sup>, alors même qu'ils dépassent aujourd'hui largement les 20 millions de m<sup>3</sup>.

Les chiffres du Ministère de tutelle ne tiennent évidemment pas compte de la part de l'informel dans le secteur, notamment les carrières clandestines de sable, et dont le manque à gagner fiscal est estimé à 5 milliards de DH<sup>2</sup>. D'après le CESE (2014), la taxe sur le sable, prévue dans la loi de finances 2013, n'a pas atteint ses objectifs en termes de recettes fiscales, au contraire elle aurait accentué l'informel.

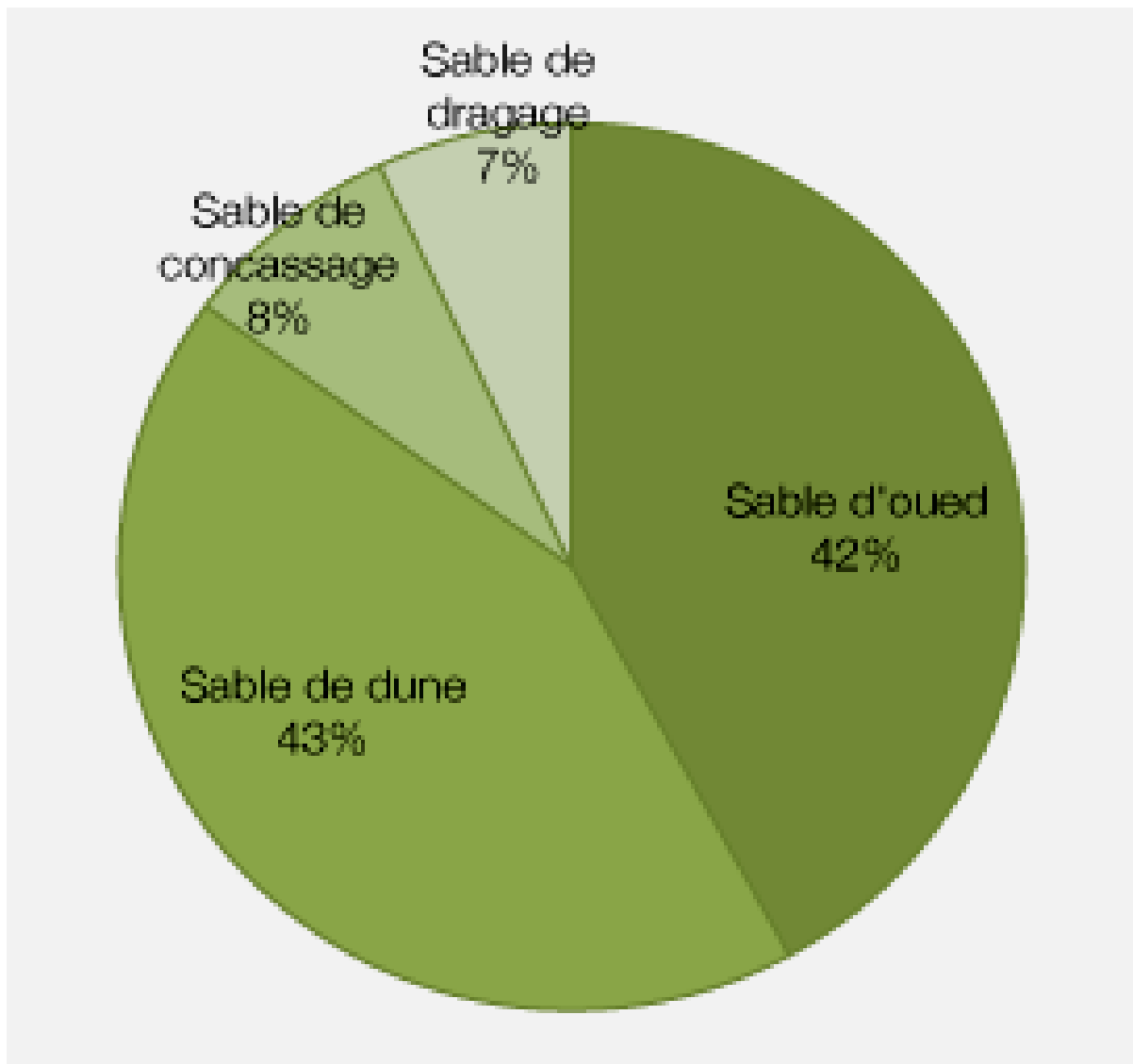


Figure 2: Production de sable par provenance en 2009 (<http://news.massolia.com/>)

Selon un rapport élaboré en 2006 par un comité technique interministériel au sujet de la prolifération des opérations d'extraction massive du sable, on dénombrait à cette période plus de 170 carrières sur les plages et les dunes côtières (Fig. 3).

<sup>2</sup> Réda Harmak ([www.lavieeco.com](http://www.lavieeco.com))

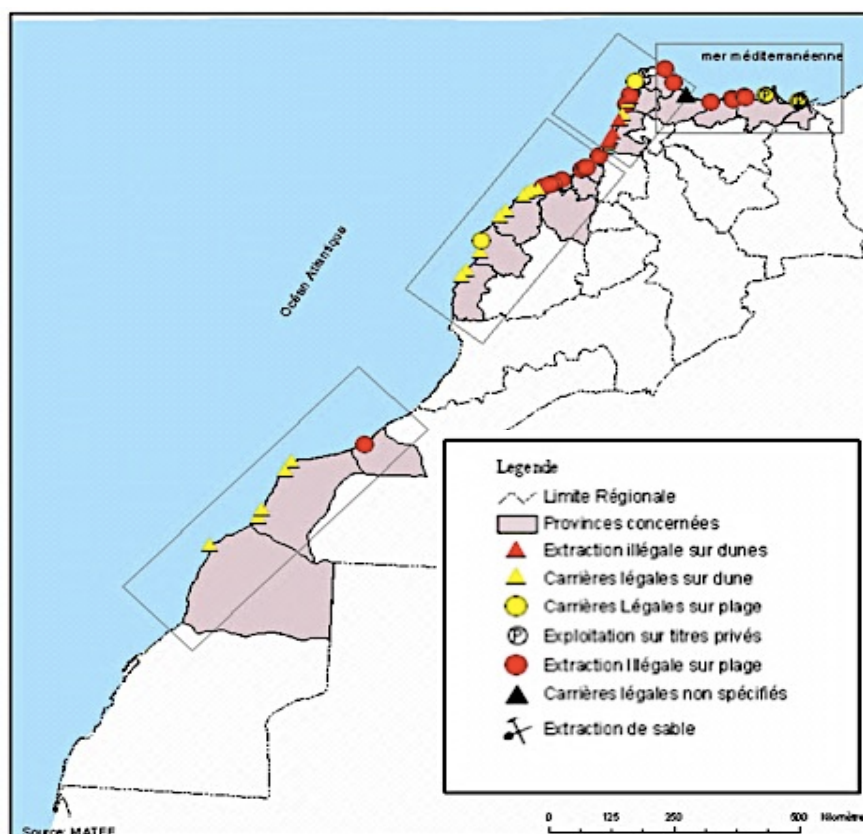


Figure 3 : Zones d'exploitation du sable de plage et des dunes côtières (Source : Ministère de l'Aménagement du Territoire de l'Eau et de l'Environnement, 2006)

Afin de résorber ce phénomène et de combler le vide juridique sur ce type de pillage et de vol, le Conseil du gouvernement a adopté le projet de loi 10-11 modifiant et complétant l'article 517 du Code de procédure pénale, dans le cadre de l'accompagnement de la politique de l'Etat dans le domaine de la préservation de l'environnement.

#### *Projet de loi sur l'exploitation des carrières*

Ce projet de loi intègre un ensemble de dispositions liées à la gestion des risques environnementaux, obligeant la réalisation d'études d'impact sur l'environnement préalablement au lancement de l'activité. Il prévoit également que les produits des carrières soient soumis au paiement d'une redevance au mètre cube de matériaux extraits qui sera versé à un fonds destiné entre autres à la préservation de la ressource du pillage et la protection de l'environnement.

Le CESE (2014) a néanmoins relevé des faiblesses dans ce projet de loi concernant notamment l'absence de traitement de la problématique des sables dunaires (pillage des plages). Il recommande notamment de s'inscrire dans le cadre d'une stratégie de gestion pérenne des ressources naturelles, d'optimisation des retombées économiques et sociales sur les populations locales, et de préservation de l'environnement avec la mise en cohérence et l'alignement du projet de loi sur les carrières avec la loi sur le littoral.

### 3. Les aspects législatifs et institutionnels relatifs à la gestion des zones littorales au Maroc

Le Maroc s'est engagé pour le renforcement des principaux aspects de son cadre de durabilité de l'environnement en général et des zones côtières en particulier. Parmi les nombreuses politiques gouvernementales entreprises on peut citer:

- i. La *Stratégie Nationale de Protection de l'Environnement* qui comprend la Charte Nationale de l'Environnement et du Développement Durable. Cette charte, élaborée suite à un débat national milite en faveur d'un développement durable et prône entre autres les principes de protection et de valorisation du patrimoine naturel, des modes d'exploitation, de production et de consommation responsables.
- ii. La *Loi-cadre sur l'environnement et le développement durable* adoptée en mars 2014 (Loi n° 99-12) qui définit les droits et les obligations de l'État en matière de protection et de préservation de l'environnement et de l'utilisation durable des ressources naturelles nationales ;
- iii. La finalisation de la *Stratégie Nationale de Développement Durable* (SNDD).
- iv. Et plus récemment (Juin 2015), l'adoption de la *loi 81.12 relative au littoral*, qui établit les règles et principes fondamentaux pour une gestion intégrée et durable du littoral en vue de sa protection, de sa mise en valeur, et de sa conservation. Elle préconise notamment la préservation des équilibres biologiques, du patrimoine naturel et culturel, des sites historiques et archéologiques, des paysages naturels, et la lutte contre l'érosion. Par ailleurs, la loi institue une zone non constructible, adjacente au littoral d'une largeur de 100 mètres, calculée à partir de la limite terrestre de ce littoral, comme cela est stipulé également dans le *Protocole GIZC* de la convention de Barcelone, (signé et ratifié par le Maroc), ainsi qu'une zone de retrait des infrastructures de transport d'une largeur de 2000 mètres.

### 4. La politique du tourisme au Maroc

Selon le conseil mondial du voyage et du tourisme (WTTC, 2014), la contribution directe du tourisme au PIB total du Maroc était de 8,6% en 2013 et la contribution totale, y compris ses effets économiques plus larges était de 18,7%. Le secteur a également soutenu 16,7% de l'emploi total. A l'instar des autres pays méditerranéens, le tourisme côtier joue un rôle essentiel dans l'économie marocaine, et les politiques de développement érigent le tourisme côtier comme l'une des priorités du pays pour la croissance économique. Simultanément, les investissements dans le secteur ont explosé et le rythme de construction atteint un niveau record, nécessitant de plus en plus de matériaux de construction, notamment le sable.

La conférence internationale tenue à Marrakech en 2001 a marqué un tournant dans la politique touristique du Maroc, qui a opté pour la promotion du secteur touristique, en mettant en place une stratégie ambitieuse appelée «Vision 2010», suivie par «Vision 2020». La Vision 2010 visait à cibler 10 millions de touristes visitant le Maroc d'ici à 2010, de créer 600 000 nouveaux emplois, et d'augmenter la contribution du tourisme au PIB d'une moyenne annuelle de 8,5% actuellement à environ 20% en 2010. Le programme est essentiellement basé sur l'augmentation du tourisme côtier à travers le «Plan Azur». L'objectif principal est d'augmenter, d'ici à 2015, le tourisme de plage à 70% de l'offre totale à l'échelle nationale et à 90% au niveau méditerranéen. Toutefois, ce plan d'envergure présentait des défis sérieux de durabilité. C'est pour cette raison que la nouvelle stratégie touristique "Vision

2020" vise davantage une approche intégrée du développement durable, avec un nouveau cadre de gouvernance et une planification de la politique du développement territorial du tourisme, avec la mise en place d'un dispositif de veille, et le renforcement de la réglementation environnementale.

Cependant, en dépit de cette nouvelle stratégie plus intégrée, et compte tenu de l'absence de réglementation spécifique pour le littoral et pour l'extraction de sable, combinée avec un développement côtier mal planifié et l'impact attendu du changement climatique sur le littoral (Bigano et al., 2007), les côtes sableuses du Maroc risquent de disparaître et par voie de conséquence, le tourisme de plage risque de décliner fortement.

En conclusion, les nombreux risques, notamment d'érosion, qui pèsent sur le littoral, couplés avec la faiblesse des textes juridiques, et la forte dépendance du pays à l'égard du tourisme côtier, souligne le besoin urgent d'améliorer la gestion et la planification des zones côtières afin de réduire les pressions sur le littoral et de préserver les services dunes/plages fournis à la communauté côtière et au secteur du tourisme. En effet, les gestionnaires et les investisseurs sont de plus en plus conscients que le tourisme ne peut être durable que si les ressources naturelles sur lesquelles il est fondé sont protégées de la dégradation, d'où la nécessité de collecter les données pour cette protection et de réaliser des études qui aideront à la compréhension de tous les éléments et contraintes qui contribuent à l'évolution de cette zone.

### III. Site d'étude : Le littoral de Tétouan

Le littoral de Tétouan se situe au nord-est de la façade méditerranéenne du Maroc. Il s'étend sur presque 40 km de long, allant de la ville de Fnideq au nord à Azla au sud (Figure 4).

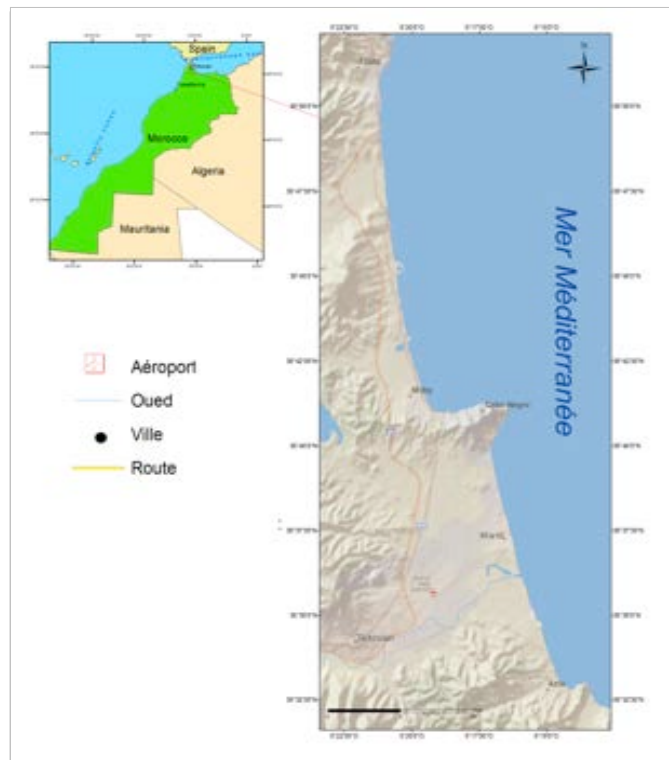


Figure 4 : Carte de situation du littoral de Tétouan

Du point de vue morphologique, la zone d'étude se présente sous forme de plaines littorales de faible altitude, marquées par le promontoire de Cabo Negro qui interrompt la linéarité des plages orientées nord-sud (El Mrini et al. 2008). La zone compte quelques cours d'eau qui se jettent en Méditerranée, à savoir les oueds Martil, Alila, et Negro et l'oued Smir qui vient nourrir la lagune du même nom classée comme site d'Intérêt Biologique et Ecologique en 1996 (El Mrini et al. 2008). Les apports sédimentaires ne sont pas significatifs surtout après la construction de barrages sur les sources les plus importantes de sédiments : les rivières Smir et Martil. Dans ce contexte de déficit sédimentaire et depuis les deux dernières décennies, ce littoral a été soumis à des pressions humaines croissantes, y compris la construction résidentielle sur les dunes et sur les côtes basses vulnérables, la construction de ports de plaisance (M'diq, Smir Marina et Kabila) et d'un réseau routier le long de la côte. Plus de 95% des dunes côtières ont été détruites par les infrastructures résidentielles et hôtelières (Figure5). Ces développements côtiers ont complètement perturbé et / ou interrompu le transport longitudinal et/ou transversal de sédiments, ce qui a conduit à une érosion côtière sévère. En fait, la côte de Tétouan est l'une des zones côtières de la Méditerranée qui ont été le plus rapidement et densément urbanisées au Maroc. En 2010, près de 180 000 personnes résidaient en permanence dans la région avec un taux de croissance moyen qui devrait atteindre jusqu'à 7% sur la période 2012-2015 (Benavente et al, 2007; Nachite, 2009), alors que l'afflux de touristes peut doubler la population au cours de l'été. Malheureusement, le développement de ce littoral a été étendu sans aucune vision intégrée ou planification à long terme, qui tiendrait compte de la capacité de charge du littoral.

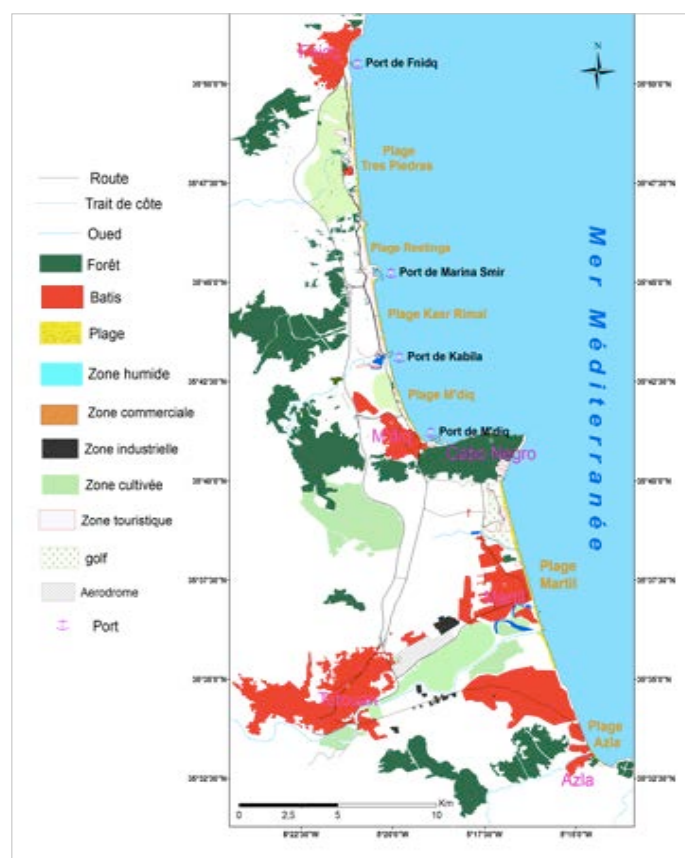


Figure 5 : Carte d'occupation du sol de la zone côtière de Tétouan avec l'emplacement des plages d'étudiées

#### **IV. Etude morphodynamique et évolution du littoral de Tétouan**

La compréhension de la morphodynamique des littoraux sableux est d'un intérêt capital ; cette dernière entre en interaction avec les fonctions et les usages se développant au niveau de la zone côtière. On distingue 3 principaux types d'interactions, qu'elles soient naturelles, récréatives, ou de protection (Valdemoro, 2005).

- ✓ L'interaction morphodynamique – fonction naturelle qui se manifeste en considérant la zone côtière comme étant le substrat sur lequel se développent les écosystèmes, sa configuration se fait à base des processus physiques qui affectent la valeur naturelle considérée. Dans le cas de la zone d'étude par exemple, l'évolution du trait de côte et du régime des tempêtes entraîneraient des changements sur les zones humides telles que la lagune de Smir, au niveau de sa morphologie, sa superficie et des écosystèmes qui s'y développent.
- ✓ L'influence de la morphodynamique sur la fonction récréative consiste en la détermination de la capacité d'accueil d'une plage pour les usages touristiques. Les plages de notre secteur d'étude sont généralement étroites, surexploitées et ont un usage saisonnier. Ainsi, pour analyser cette variable, il est nécessaire de caractériser l'érosion des plages, l'impact des tempêtes et les fluctuations saisonnières de l'état des plages. L'influence des tempêtes se manifestera quand elles se produisent tardivement juste avant la saison touristique, en déterminant ainsi la superficie disponible pour l'usage. En outre, l'évolution à long terme du trait de côte nous renseigne sur le devenir de certaines plages et des activités qui y sont liées.
- ✓ Finalement, l'influence de la morphodynamique sur la fonction de protection est de grande utilité notamment dans les côtes urbanisées comme notre zone d'étude, cette fonction consiste en la mesure de la capacité de dissipation de l'énergie des houles durant les périodes de tempêtes. Les variables clés sont l'agent déclencheur "tempête" et l'état des plages, qui peuvent être regroupées dans des indices exprimant la réponse des plages et les scénarios prévus. En effet, il existe une relation nette entre l'état morphodynamique d'une plage et sa vulnérabilité à l'érosion (Benavente et *al.*, 2002), ainsi, les paramètres morphodynamiques constituent une information basique pour la protection des zones côtières (régénération des plages, préservation, aménagement, etc.) (Anfuso et *al.*, 2001).

La réponse des plages aux tempêtes varie considérablement, et de ce fait, les infrastructures côtières seront affectées différemment selon la nature et les caractéristiques des plages sur lesquelles elles sont implantées ; pour cette raison, la prévention contre les tempêtes implique la connaissance de la distribution géographique des types de plages et la capacité de chaque plage à protéger son arrière pays et ses activités.

##### **1. Caractérisation morphodynamique des plages du littoral tétouanais**

Pour caractériser le comportement des plages du littoral tétouanais, nous avons réalisé un suivi topographique de périodicité bimensuelle à saisonnière sur une durée de deux ans, et

nous avons essayé d'établir la relation entre les variations des profils de ces plages avec les paramètres des houles incidentes et les caractéristiques des sédiments.

Le comportement morphodynamique des plages du littoral tétouanais confirme l'individualisation de deux grandes cellules morphosédimentaires séparées par le Cap Negro, on distingue (Voir Annexe A):

- Le secteur nord, entre Cap Negro et Fnideq est très exposé aux houles E et E-NE ; ces houles s'approchent de la côte avec un faible angle ou bien perpendiculairement. Les deux plages de ce secteur choisies dans cette étude ont montré une tendance vers des états de réflectivité. Elles sont constituées de sédiments grossiers résultant de remaniement de dépôts plus anciens (fragments de coquilles). Pendant les tempêtes, nous avons observé la formation d'escarpements et de dépôts sous forme de terrasses. La pente de l'estran est assez importante et a montré peu de variations pendant la période du suivi. Les profils en 2D montrent une allure linéaire à convexe avec une ou deux bermes (cas de Ksar Rimal) composées de sédiments grossiers. Les croissants de plage sont également souvent présents à cause de l'étroitesse de la pente et de la taille importante des grains. L'érosion de la berme pendant les tempêtes contribue à la diminution de la pente, on distingue ainsi un profil de tempête érosif et un profil de beau temps constructif avec une berme bien développée et une pente plus prononcée.
- Le secteur sud, entre Ras Mazari et Cap Negro, joue un rôle très important dans le comportement des plages ; en effet, il définit des zones exposées, des zones d'ombre et des zones à exposition intermédiaire. Les sables sont de taille moyenne au niveau de la plage de Martil, et tendent vers un sable fin à Cabo Negro et Sidi Abdeslam. L'alimentation est assurée par les apports de l'Oued Martil pour la première plage et par les dunes pour les deux dernières. Les variations de la pente sont plus importantes que dans le secteur nord, on observe une certaine relation entre ces variations et la taille des grains, plus le sédiment est fin plus les changements de la pente de l'estran sont importants. En plus, et au contraire des plages du secteur nord, on observe que les périodes de beau temps présentent des pentes plus douces que les périodes agitées, ces dernières sont caractérisées par la destruction de la berme et la formation de barres subtidales, notamment au niveau de Cabo Negro et Sidi Abdeslam.

La plage de Martil montre un comportement de plage intermédiaire tendant vers réflective, et une pente plus élevée que les plages de Cabo Negro et Sidi Abdeslam qui tendent vers dissipatif ; ceci est à mettre en relation avec les apports en sables fins à partir des dunes pendant les périodes de beau temps et des vents soufflant de terre, et qui alimentent l'estran contribuant ainsi à l'adoucissement de la pente.

Les plages du littoral tétouanais peuvent être classées ainsi :

- ✓ Exposées, présentent une pente moyenne de l'estran d'environ 0,1 et des grains moyens pour la plage de Martil, grossiers pour Tres Piedras et très grossiers et riches en débris coquilliers pour Ksar Rimal ; ce gradient est conforme au degré d'exposition de ces plages, et se reflète sur leur comportement morphodynamique, la plage de Ksar

Rimal est celle qui montre le plus une tendance vers la réflectivité et le contraire pour la plage de Martil.

- ✓ La plage de Sidi Abdeslam, semi exposée vue sa relative proximité de Ras Mazari au sud, elle présente une importante teneur en sédiments fins grâce à l'existence des dunes et une pente intermédiaire.
- ✓ Finalement, la plage de Cabo Negro, protégée par le Cap Negro, présente un enrichissement en grains fins également grâce à l'existence de dunes bien développées. Cette plage montre une courbature et une zone d'ombre importante, ainsi, aux moments de tempêtes E-NE, seules les houles diffractées peuvent y atteindre.

Quant aux volumes impliqués, on observe également des différences entre les plages du secteur nord et celles du secteur sud, les premières montrent une tendance claire à l'érosion avec une faible capacité de récupération des matériaux enlevés, notamment pour la plage de Tres Piedras à cause de l'absence des sources d'alimentation en apports continentaux et la présence d'une pente très accidentée pour sa partie immergée. Les périodes qui ont enregistré les variations les plus significatives sont celles associées aux tempêtes (c) et (f), la période (c) a connu l'érosion la plus importante de toute la période du suivi au niveau de tout le littoral tétouanais (Voir Annexe A).

D'autre part, le calcul de la surélévation théorique causée par les tempêtes a montré l'importance du phénomène dans ce type de plages microtidales dont les variations morphologiques sont peu importantes (Benavente et al., 2007).

Par ailleurs, l'étroitesse de la plate-forme continentale ne favorisant pas la dissipation de l'énergie incidente, du fait que la surélévation causée par la houle soit beaucoup plus importante que celle causée par les vents de mer. Un autre facteur favorisant la dissipation de l'énergie incidente est la pente de l'estran, ainsi, les plages ayant une pente élevée présenteront une valeur de surélévation et par conséquent un risque d'érosion et de submersion plus important (Tableau 2).

Tableau 2 – Surélévation provoquée par la houle et surélévation totale.

|            | $\tan\theta$ | Hauteur maximum<br>(Wave runup)<br>(m) | Marée astronomique<br>(m) | Surélévation totale<br>(m) |
|------------|--------------|----------------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Cabo Negro | 0,045        | 0,9315                                 | 0,8                       | 1,7315                     |
| Ksar Rimal | 0,1          | 1,2776                                 | 0,8                       | 2,0776                     |

## 2. Évolution passée et tendances futures du trait de côte du littoral tétouanais

### *Evolution historique du trait de côte*

Le littoral de Tétouan a fait l'objet de plusieurs études (El Moutchou, 1995 ; Anfuso et al., 2007 ; Niazi, 2007 ; El Mrini, 2011). Les résultats les plus récents de l'évolution historique du trait de côte du littoral (El Mrini, 2011, El Mrini et al, 2012) ont été obtenu à travers l'analyse

diachronique des photographies aériennes verticales et des images satellitaires couvrant une période de 50 ans environ (1958 – 2009) et par l'application des SIG (Tableau 3 et figure 6).

L'analyse cinématique du trait de côte permet aussi de prévoir le comportement futur probable de cette zone à court et à long terme (Niazi 2007), ce qui nous semble indispensable pour évaluer les services rendus par cet écosystème.

Tableau 3. Résultats de l'analyse de l'étude historique du trait de côte du littoral de Tétouan (Compilation d'après les résultats de Niazi, 2007 et El Mrini, 2011).

| Secteurs du littoral de Tétouan              | Evolution<br>(Erosion/ Accrétion/ stabilité)                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fnideq - Oued Negro                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 1958 et 1986 : Stabilité</li> <li>● 1986 et 2003 : Erosion modérée de -1 et -2 m/an</li> <li>● 2003 – 2003 : Erosion -3 m/an</li> </ul>                                                                |
| Oued Negro - Port de Marina Smir             | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 1958 et 1986 : Erosion modérée moins -2 m/an au sud de la pointe d'Almina avec stabilité au nord</li> <li>● 1986-2003 et 2003-2009 : Erosion</li> </ul>                                                |
| Port de Marina Smir - Port de Kabila         | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 1958 – 1986 : Recul moins de -2 m/an</li> <li>● 1986 et 1994 : Accrétion de 7,5 m/an (au sud de marina Smir)</li> <li>● 1994 – 2003 et 2003 – 2009 : Variation entre 0 et -2 m/an.</li> </ul>          |
| Port de Kabila - Port de M'diq               | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 1958 et 1986 : Erosion (- 1 à - 2 m/ an).</li> <li>● 1986 et 1994 : Erosion (-2,5 m/an).</li> <li>● 1994 et 2003 : Erosion (-3 m/an)</li> <li>● 2003 et 2009 : Erosion plus de (- 4,5 m/an)</li> </ul> |
| Cap Negro -Embouchure de l'Oued Maleh        | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 1958 – 1986 : Engraissement (+5 m/an)</li> <li>● 1986 – 2007 : Erosion moins de (– 2 m/an)</li> </ul>                                                                                                  |
| Embouchure de l'Oued Maleh - Digue de Martil | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 1958 et 1986 : Accrétion avec forte érosion au niveau de Embouchure de l'Oued Maleh</li> <li>● 1986 – 2007 : Erosion</li> </ul>                                                                        |
| Digue de Martil - Sidi Abdeslam              | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 1958 et 1986 : Légère accrétion avec érosion au niveau de l'Oued Martil.</li> <li>● 1986 – 2007 : Erosion (-4m/an)</li> </ul>                                                                          |

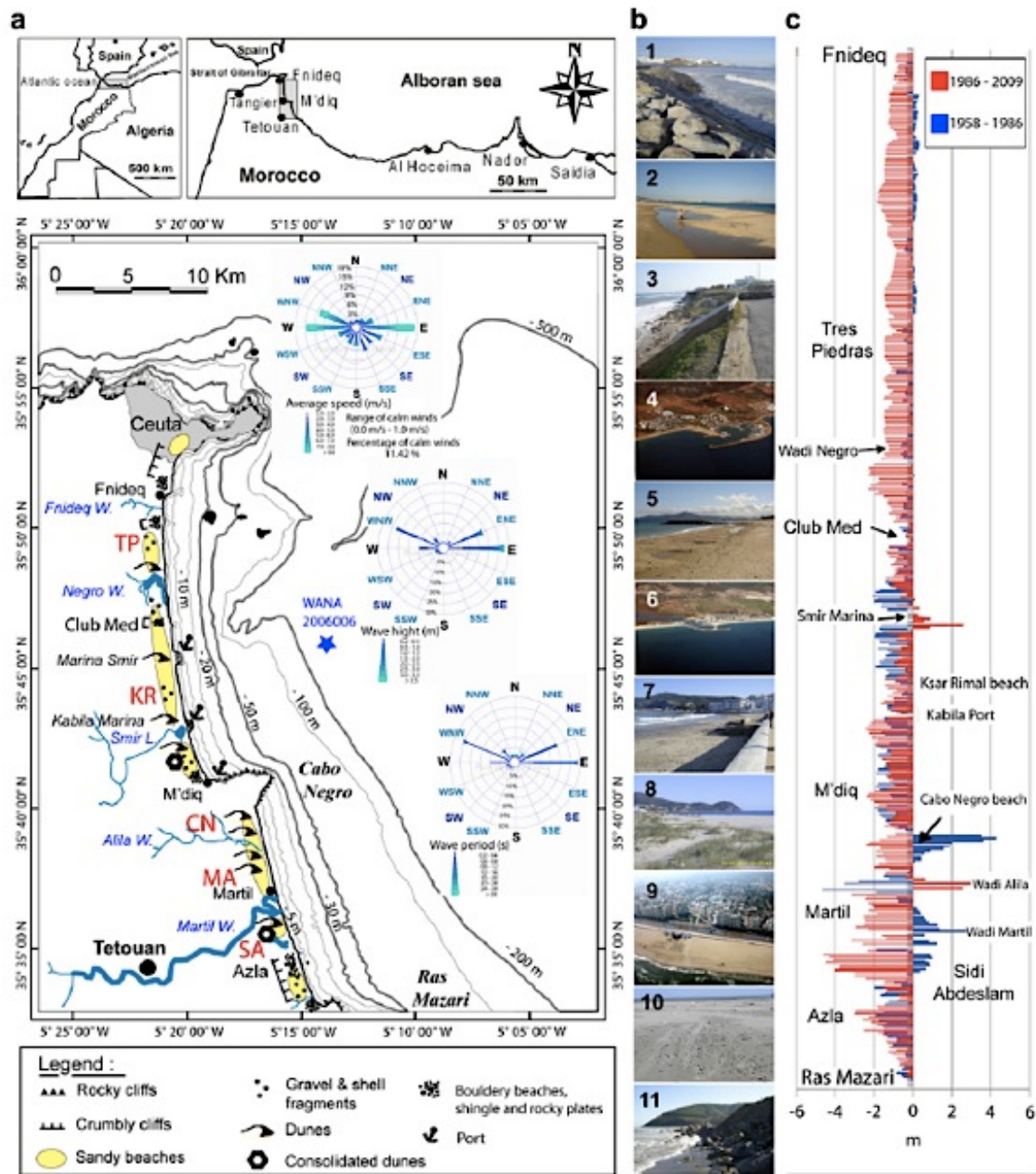


Figure 6: a) Carte de localisation des principales plages étudiées sur le littoral de Tétouan. b): Photos illustrant les différentes plages. c): Evolution côtière entre 1958 and 2009. (Source : El Mrini *et al.*, 2012)

### ***Tendances évolutives et estimation du risque de disparition de certaines plages emblématiques de la région***

Le constat de l'évolution régressive et les taux d'érosion élevés enregistrés, nous ont poussés à effectuer une estimation de la date de disparition totale de certaines plages de grande importance dans la région, et dont la disparition aura des conséquences dramatiques sur les activités socio-économiques et de loisir. En plus, plusieurs projets sont programmés au niveau de ce littoral, notamment ceux visant à augmenter la capacité d'accueil des touristes.

Nous avons estimé les dates de disparition de 9 plages de grand intérêt touristique dans la région, et où abondent les résidences secondaires et les complexes touristiques, souvent tout près de la ligne de rivage (Figure 7).

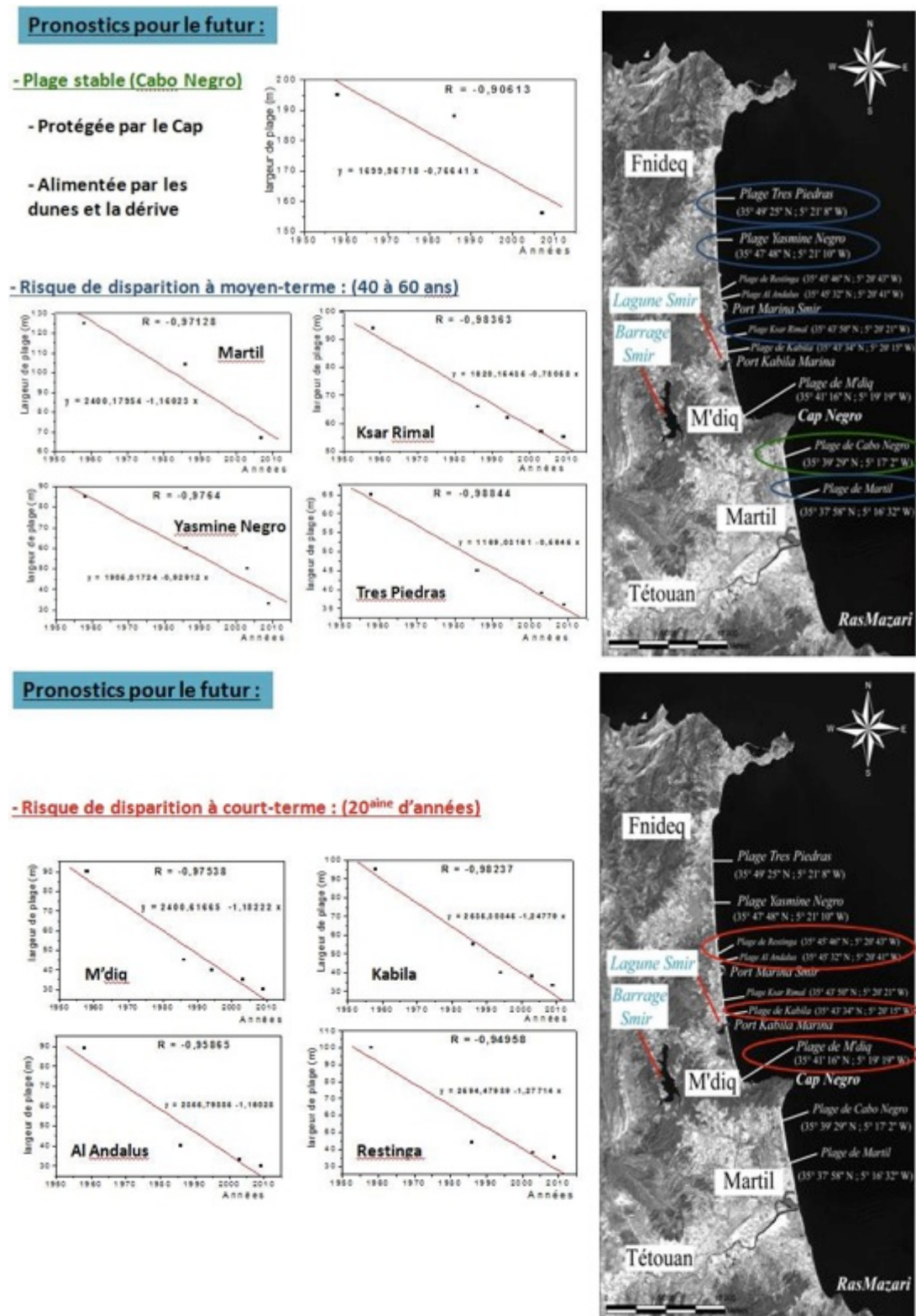


Figure 7 : Pronostics pour le futur

Les résultats de cette étude laissent prévoir un scénario peu optimiste, notamment pour les plages du secteur M'diq – Fnideq.

- Ainsi, quatre plages de ce secteur sont menacées de disparition dans un futur très proche (une vingtaine d'années environ) : M'diq, Kabila, Al Andalus et Restinga, ce qui frappera durement les activités socio-économiques de la zone : tourisme balnéaire, complexes et résidences, cafés et restaurants, corniche, augmentation du risque d'inondation, menace des constructions portuaires, etc., en plus de l'impact écologique que peut avoir cette tendance au niveau de la lagune de Smir et son acquière, en induisant leur salinisation.
- Trois plages de ce secteur (Ksar Rimal, Yasmine Negro et Tres Piedras), en plus de la plage de Martil du secteur sud, ont montré un risque de disparition à moyen-terme (entre 40 et 60 ans environ).
- La seule plage qui a montré une stabilité remarquable et celle de Cabo Negro grâce à sa protection des houles de tempêtes par le Cap Negro et la disponibilité d'apports sédimentaires assurés par le courant de dérive littorale et les dunes assez développées.

L'étude morphodynamique du littoral de Tétouan nous a permis de comprendre son évolution et sa réponse aux forçages météo-marins et anthropiques. Selon un scénario tendanciel et si aucune mesure de protection n'est entreprise, les prévisions de l'évolution future de ces plages, et notamment l'année de leur disparition totale, sont des données capitales si on veut évaluer les pertes économiques potentielles pour le secteur du tourisme en raison de leur dégradation puis de leur disparition à court ou moyen termes.

## **V. Evaluation économique des pertes potentielles pour le secteur touristique suite à la dégradation des plages**

### **1. Présentations des différentes méthodes d'évaluations des services écosystémiques**

Avant d'évaluer le coût de la dégradation de quelques services écosystémiques fournis par les plages du littoral de Tétouan, nous avons mené une revue bibliographique sommaire des principales méthodes d'évaluation économique ; les plus couramment utilisées sont:

- *La méthode du prix de marché*, qui permet d'estimer la valeur économique des produits et des services écosystémiques qui sont achetés et vendus sur les marchés commerciaux. Le principal avantage de cette méthode est qu'elle implique les données (prix, quantité...) qui sont relativement faciles à obtenir, et qu'elle utilise des techniques économiques standards. Mais parmi ses inconvénients, cette méthode peut générer des prix qui sont faussés par les imperfections du marché, en plus de son incapacité d'évaluer certains services écosystémiques qui ne sont pas sur le marché. (Massicotte, 2012)
- *La méthode des prix hédoniques* : elle permet d'estimer les valeurs économiques de l'écosystème ou des services environnementaux qui influent directement sur les prix du marché. Elle peut être utilisée pour estimer les avantages économiques environnementaux, comme par exemple les valeurs esthétiques, la proximité, ou encore les coûts associés à la qualité de l'environnement (pollution de l'air, pollution de l'eau, bruit...). La principale force de cette méthode est qu'elle peut être utilisée

pour estimer les valeurs basées sur des choix réels avec la possibilité de tenir compte de plusieurs interactions entre les produits du marché et la qualité environnementale. Mais les avantages environnementaux qui peuvent être mesurés sont limités à des choses qui sont liées à des prix de biens. Ainsi, si les gens n'ont pas conscience des liens entre les attributs environnementaux et les avantages pour eux ou leurs biens, la valeur estimée ne sera pas reflétée dans les prix. (Vaschalde, 2014).

- *La méthode du coût du transport* est une méthode qui se base sur les dépenses de temps et de déplacement que les gens engagent pour profiter d'un service ou visiter un site, en supposant que les dépenses de leur voyage révèlent le coût économique du service à évaluer. Parmi les avantages de cette méthode, on peut citer le fait qu'elle soit basée sur un comportement réel des gens, en plus du coût relativement bas pour l'appliquer. Mais les résultats de cette technique peuvent être sous-estimés car elle ne tient pas compte de la population qui habite à proximité du site et qui n'est pas capturée par le procédé de cette méthode. (Dupras et al., 2014)
- *La méthode de transfert des bénéfices* qui permet d'estimer la valeur économique des services écosystémiques par le transfert de l'information disponible à partir des études similaires déjà accomplies dans un autre site (Mavsar et al., 2013). Un des avantages de cette méthode, est qu'elle est généralement moins coûteuse que la conduite d'une étude d'évaluation d'origine ; par ailleurs, les bénéfices économiques peuvent être estimés plus rapidement que lorsqu'on entreprend une étude d'évaluation du site étudié. Mais il faut mentionner que les résultats de ce procédé peuvent être biaisés puisque les valeurs transférées dépendent fortement des spécificités du site d'origine (de Groot et al., 2007).
- *La méthode d'évaluation contingente (CVM)* est utilisée pour estimer les valeurs économiques pour tous les types d'écosystèmes et de services environnementaux, en menant des enquêtes directement auprès d'individus, sur le prix qu'ils seraient prêts à payer (le consentement à payer) pour des services environnementaux spécifiques. C'est la méthode la plus utilisée pour estimer les valeurs de non-usage, mais ses résultats sont sensibles à la conception et à l'élaboration de l'enquête, avec des risques de surestimation (Vaschalde, 2014)
- *Les méthodes du coût des dommages évités, du coût de remplacement, et des coûts d'atténuation ou de restauration*, sont des méthodes qui supposent que les coûts qui permettent d'éviter des dommages ou de remplacer les écosystèmes ou leurs services, fournissent des estimations utiles de la valeur de ces écosystèmes et de leurs services. Ces méthodes, qui sont plutôt faciles à mettre en œuvre, reflètent des arbitrages réels (Vaschalde, 2014), mais présentent néanmoins un risque de sous ou sur-estimation.

L'application d'une méthode d'évaluation du coût de dégradation des services écosystémiques des plages de notre zone d'étude, a nécessité d'abord d'identifier les services écosystémiques attribuables au littoral de Tétouan (Tableau 4), afin de retenir ceux sur lesquels on dispose de données, ensuite choisir les méthodes d'évaluation pour les services retenus.

Tableau 4. Les services écosystémiques attribués par les plages sableuses de Tétouan

| Services écosystémiques      | Rôle                                                                                   | Spécificité locale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Services d'approvisionnement | Matières premières<br>(Sable et gravier pour la construction)                          | Exploitation illicite entre Fnideq et M'diq sur 10 Km de plage<br>(Comité technique interministériel sable et dunes côtières du Maroc 2006)                                                                                                                                                                                                                                  |
|                              | Eau douce                                                                              | Plus de cinq nappes côtières exploitées au niveau du littoral de Tétouan<br><br>(L'agence du bassin hydraulique du Loukko - <a href="http://www.agire-maroc.org/fileadmin/user_files/pdf/session2/1-2_8Interession1_ABH_Loukkos_El_Annid.pdf">http://www.agire-maroc.org/fileadmin/user_files/pdf/session2/1-2_8Interession1_ABH_Loukkos_El_Annid.pdf</a> )                  |
|                              | Valeur foncière                                                                        | Le taux d'occupation de la bande littorale de 0-2 Km à Tétouan est de 80 % en 2004 (Nachite, 2009)                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Services de régulation       | Régulation des risques naturels<br>(Submersion / tempête / érosion / Intrusion saline) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plusieurs plages du littoral de Tétouan sont en état d'érosion (El Mrini, 2011)</li> <li>- Le risque submersion est présent, surtout au niveau des plaines alluviales de Restinga, Smir et Martil. (Niazi 2007)</li> <li>- Les nappes côtières de Tétouan sont exposées à invasion saline à cause de l'ENM (Niazi, 2007)</li> </ul> |
| Services culturels           | Récréation et tourisme                                                                 | Fréquentation journalière de 150 000 personnes pour la plage de Martil durant la saison estivale 2001-2013. (Ministère de l'Équipement, du Transport et de la Logistique et Ministère délégué auprès du Ministre de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Environnement 2013)                                                                    |
|                              | Educatif                                                                               | Plusieurs études et productions scientifiques réalisés sur le littoral de Tétouan (thèses, articles...)                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                              | Relation sociale entre la communauté des pêcheurs                                      | Création de 10 associations et 3 coopératives. (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime, 2006)                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Services de support          | Habitat naturel                                                                        | Habitats ornithologiques du complexe des zones humides de Smir : rôle d'importance internationale pour les espèces migratrices (El Agbani et al, 2005)                                                                                                                                                                                                                       |

Il convient de souligner ici, que le choix des services écosystémiques et de la méthode d'évaluation, ont été fortement conditionnés par la disponibilité des données requises d'une

part, et par le temps limité du projet, mais les résultats fournissent déjà une information importante sur les conséquences économiques de la dégradation des littoraux étudiés.

Les services fournis par les plages de Tétouan et que nous avons retenus pour cette étude, sont (i) ceux relatifs au service d'approvisionnement du sable comme matière première pour le secteur du bâtiment et des travaux publics et (ii) ceux liés au secteur du tourisme, en tant que service culturel, et dont les pertes peuvent être traduites en termes de coût de dégradation des plages, support principal de ce secteur.

## **2. Application au cas de Tétouan**

### *Services d'approvisionnement*

Cette catégorie est représentée par le service d'extraction du sable, en tant que matière première utilisée pour divers usages, notamment dans le domaine des bâtiments et travaux publics. Au Maroc, plus de 80% du sable exploité provient des côtes, dans des conditions où l'exploitation clandestine connaît une forte recrudescence, ce qui a provoqué une destruction systématique du cordon dunaire et une défiguration de nombreuses plages gravement atteintes (Ministère de l'Aménagement du Territoire de l'Eau et de l'Environnement, 2006).

L'évaluation des revenus générés à partir de l'exploitation du sable du littoral de Tétouan ont été calculés pour l'horizon 2048, qui correspond à l'année prévue pour la disparition des plages étudiées, déduite à partir de l'étude morphodynamique de l'évolution historique du trait de côte, présentée dans la section précédente. Pour cette évaluation, nous avons opté pour la méthode du prix du marché, en se basant sur le prix du sable brut à l'extraction. Au Maroc, le prix du sable extrait des dunes et des plages varie en fonction de sa provenance, légale ou illégale. Le prix du sable exploité est de l'ordre de 70 DH/m<sup>3</sup>, alors que le prix du sable extrait de manière informelle est de 30 à 40 DH/m<sup>3</sup> (Ministère de l'Aménagement du Territoire de l'Eau et de l'Environnement, 2006). Pour notre évaluation, nous avons utilisé le prix de 22.62 US\$ du m<sup>3</sup> (225 DH/m<sup>3</sup>) de sable en 2015<sup>3</sup>. Concernant la quantité de sable extraite des plages étudiées, nous avons utilisée celle prévue d'être exploitée en 2015 (Ministère de l'Aménagement du Territoire de l'Eau et de l'Environnement, 2006). (Voir l'annexe pour plus de détails des calculs)

### *Services culturels*

Les plages du littoral de Tétouan constituent un pôle d'attraction qui a permis le développement effréné du tourisme dans la région. Pour évaluer les pertes potentielles qui peuvent être enregistrées pour ce service, suite à la dégradation des plages, nous avons choisi d'appliquer une méthodologie basée sur les données des nuitées dans les établissements hôteliers, situés à proximité des plages. Les données dont nous disposons (Tableau 5) couvrent uniquement la zone nord du littoral de Tétouan, qui s'étend entre Fnideq et M'Diq ; on s'est donc contenté, dans ce premier temps, d'appliquer cette méthode à la partie nord du littoral de Tétouan.

---

<sup>3</sup> Le prix du m<sup>3</sup> du sable de 2015, utilisé dans les calculs, est tiré de [www.lavieeco.com](http://www.lavieeco.com) puis converti en US\$ avec le taux de change de 2015 de 1DH = 0.1004 USD

Tableau 5 : Statistiques des nuitées enregistrées dans les établissements hôteliers de la préfecture M'diq-Fnideq entre 2009 et 2014 (Source : Ministère du tourisme – Délégation de la wilaya de Tétouan, 2014).

| ANNEES | NUITEES TOURISTIQUES |
|--------|----------------------|
| 2009   | 151 936              |
| 2010   | 197 509              |
| 2011   | 201 456              |
| 2012   | 241 881              |
| 2013   | 219 225              |
| 2014   | 200 811              |

On part de l'hypothèse que la dégradation des plages sableuses, traduite en termes de diminution de leur largeur, entrainera une baisse des nuitées des établissements hôteliers, et par suite des revenus touristiques, mais que la rareté ainsi engendrée ne créera pas une hausse des prix; on a ensuite calculé la moyenne des largeurs des plages et la moyenne de la période prévue pour leur disparition, afin de pouvoir déduire les rendements des années à venir, jusqu'à l'année de disparition totale des plages.

### 3. Résultats et discussion

#### *Services d'approvisionnement*

Avant de calculer les bénéfices du sable exploité au niveau du littoral de Tétouan, de 2015 à 2048, il fallait estimer la quantité du sable à exploiter en 2015. Pour se faire, nous avons utilisé les données du « Rapport relatif à l'exploitation du sable de plage et du cordon dunaire littoral » du Ministère de l'Aménagement du Territoire de l'Eau et de l'Environnement au Maroc » (2006).

- Quantité de sable prévue pour l'exploitation à l'échelle du Maroc en 2015 : **30 millions de tonnes** au niveau de 168 points.
- Le littoral de Tétouan compte 2 points d'exploitation.
- Calcul de l'exploitation annuelle (**EA**) au niveau de la zone d'étude.  

$$EA = \text{Nombre de points d'exploitation} \times \text{Consommations annuelle par point d'exploitation}$$
- Consommation annuelle par point de prélèvement (**CAP**) en supposant que les points de prélèvement génèrent la même quantité du sable :

$$CAP = \text{consommation annuelle totale} / \text{nombre total de points d'exploitation}$$

Donc l'exploitation annuelle prévue pour l'an 2015 au niveau de la zone d'étude est de l'ordre de 207 641 m<sup>3</sup>.

En considérant que l'exploitation annuelle de sable pour l'année 2015 conservera le même niveau durant la période 2015-2048 -ce qui suppose que le cadre légal reste le même et que le prix du sable n'augmente pas avec sa rareté -, on a pu estimer la valeur des bénéfices de

cette activité à l'horizon 2048 de l'ordre de **76 Millions de US\$ (756 Millions de DH)**. (Voir annexe D)

### *Services culturels*

Comme annoncé dans la méthodologie, les pertes pour le secteur touristique, causées par la dégradation des plages de Tétouan ont été estimées en se basant sur l'évolution potentielle des nuitées touristiques, en réponse à cette dégradation, et sur la période prévue pour la disparition des plages. On a ainsi calculé les « Revenus touristiques sans recul des plages », qui correspond à l'état actuel, et les « Revenus avec recul des plages » suite à leur érosion. (Annexe B et C)

- (1) Revenus SANS recul des plages : 254 Million US\$
- (2) Revenus AVEC recul des plages : 158 Million US\$

A partir de ces estimations, on peut déduire que le coût de la dégradation des plages de Tétouan, traduit en termes de pertes susceptible d'être enregistrées entre 2015 et 2048 par le secteur du tourisme (1) – (2), est de l'ordre de **96 millions de US\$ (956 Millions de DH)**

Donc, si on compare les gains susceptibles d'être enregistrés par le service "extraction des sables" au niveau du littoral de Tétouan entre 2015 et 2048, avec le coût de la dégradation des plages basé sur les revenus du tourisme pour la même période (Figure 8) on peut conclure que les pertes du secteur touristique dépassent les gains du service d'approvisionnement.

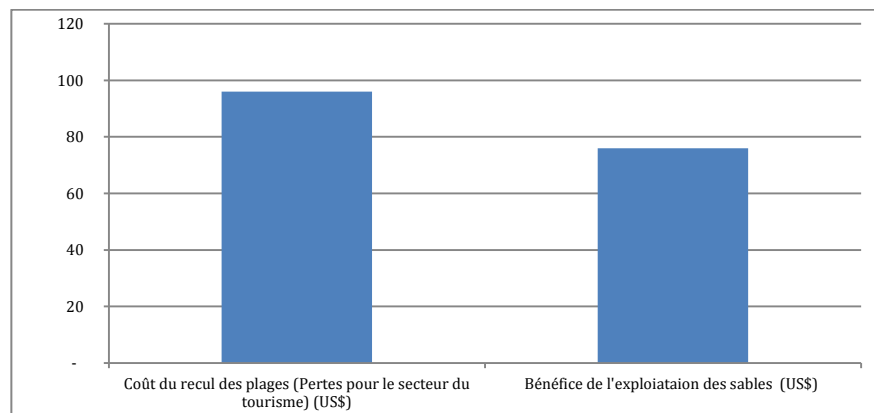


Figure 8. Bénéfices de l'exploitation des sables du littoral de Tétouan et pertes pour le secteur touristique entre 2015-2048 (exprimés en US\$)

## **VI. Conclusion et recommandations**

Cette étude a tenté de combiner l'océanographie physique et la modélisation côtière avec l'évaluation économique des ressources naturelles représentées par les plages sableuses du littoral de Tétouan, dans le but d'évaluer les impacts économiques de l'érosion de ces plages sur le tourisme et l'économie de la région. Elle considère un scénario de perte progressive jusqu'à disparition totale de ces plages par érosion prévue à l'horizon 2048, et la perte correspondante des avantages économiques pour le secteur du tourisme. L'approche utilisée considère que la baisse de la qualité de la plage (matérialisée par la diminution de sa largeur)

aurait pour conséquence probable une réduction des taux de fréquentation touristique, qui à son tour donnerait lieu à la perte de revenus pour l'industrie touristique.

Bien que les estimations avancées du coût de dégradation des plages du littoral de Tétouan, soient entachées d'incertitudes liées aussi bien au manque et à la fiabilité des données qu'à la méthode d'évaluation économique appliquée, elles donnent néanmoins une approximation très significative de la valeur de la dégradation de ce capital naturel à cause des processus d'érosion. Les résultats de cette analyse montrent que les plages du littoral tétouanais, du fait de leur rôle de base dans la prospérité de l'industrie touristique, fournissent à l'économie de la région des avantages économiques réels. Toutefois, leur dégradation accélérée pourrait entraîner le déclin du tourisme (de plus de la moitié des revenus des nuitées seulement) avec des conséquences néfastes sur l'emploi et l'économie de la région. Par ailleurs, il faut ajouter qu'à Tétouan, c'est le tourisme résidentiel et domestique qui se développe de manière effrénée et sans vision intégrée ni de planification à long terme, mettant la durabilité du secteur, et celle du capital naturel sur lequel il repose en danger.

Une des pressions humaines qui contribue à l'érosion des plages sableuses est l'exploitation minière pour les besoins de la construction et notamment "la bétonisation" du front de mer. Le sable encore disponible dans les dunes et les plages du littoral de Tétouan, contribue certes au secteur économique du BTP ; mais il s'avère que les gains générés par cette exploitation, jusqu'à épuisement des plages, reste bien inférieure aux impacts économiques de la dégradation de ces plages sur l'industrie du tourisme.

Par ailleurs, les plages et les dunes littorales fournissent de nombreux autres services écosystémiques importants qui pourraient également être perdus de manière irréversible, notamment : la protection du littoral et de ses actifs contre les tempêtes marines et l'offre d'habitats pour les pêcheries et la biodiversité.

Le Maroc a érigé le tourisme côtier comme levier du développement économique, mais dans les conditions actuelles de dégradation du capital naturel sur lequel le tourisme repose, et compte tenu de l'obsolescence des textes juridiques en vigueur jusqu'en 2014 dans le domaine de la préservation du littoral, les services fournis par cet écosystème seront progressivement perdus si aucune action n'est entreprise, et exposeront de plus en plus les populations et les enjeux au risque d'inondation côtière par les houles de tempête, dont l'intensité et la fréquence sont prévues d'augmenter avec les changements climatiques.

L'ampleur du phénomène de recul des plages de Tétouan, et des services écosystémiques d'importance critique qu'ils fournissent, interpelle les décideurs à agir de manière urgente pour réhabiliter ces « infrastructures naturelles » et préserver les services qu'elles prodiguent aux populations riveraines. Cela nécessitera une gestion intégrée et une protection efficace à travers des plans de développement qui tiennent pleinement compte de la valeur économique des services de ces écosystèmes, et qui se font dans un cadre juridique étoffé et actualisé et une politique environnementale durable renforcée, avec de nouvelles possibilités de financement de la conservation à long terme des plages en ciblant les principales parties prenantes ayant des intérêts directs dans les biens et services que fournissent ces plages.

## Références

ANFUSO G., Martinez del Pozo A., Nachite D., Benavente J. & Macias A. (2007). Morphological characteristics and medium-term evolution of the beaches between Ceuta and Cabo Negro (Morocco). *Environmental Geology*, 52: pp. 933–946.

ANFUSO, G. (2001). Morfología y dinámica sedimentaria del litoral gaditano entre Chipiona y Rota. Thèse de Doctorat, Université de Cadix: 378 p.

ARIFS S. et Doumani F. 2014. Maroc, Coût de la Dégradation de l'Environnement due aux Déchets Ménagers et Assimilés dans le Grand Rabat. Programme SWEEP-Net financé par la GiZ. Tunis.

BELGHAZI S. (2014) : Etude d'Evaluation Socio-économique des activités de la Mer et du Littoral Méditerranéen au Maroc Décembre 2014 Rapport final. Plan Bleu. GEF: Governance and Knowledge Generation Socio-economic Evaluation of Maritime Activities *Mediterranean Regional Activity: Egypt, Lebanon, Morocco, Tunisia* Project ID: P118145 Borrower/Bid No: FC006

BENAVENTE J., Bello, E., Anfuso, G., Nachite, D., Macias, A., 2007. Sobre-elevación debida a temporales y cambios producidos en las playas del litoral Marroquí. *Revista Cuaternario y Geomorfología* 21, 13-25

BENAVENTE J., Del Rio L., Anfuso G., Gacia F.J. & Reyes J.L. (2002). Utility of morphodynamic characterization in the prediction of beach damage by storms. *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 36, pp. 56–64

BIGANO, A., Hamilton J.M and Tol R.S.J. (2007). The impact of climate change on international and domestic tourism: A simulation study, *The Integrated Assessment Journal*, Vol. 7, Issue 1, pp. 25–49

CASTAÑO-ISAIZA J., et al. (2014). *Valuing beaches to develop payment for ecosystem services schemes in Colombia's Seaflower marine protected area*. Ecosystem Services.

Conseil Economique Social et Environnemental (CESE) 2014: Saisine relative à la loi n°27-13 sur l'exploitation des carrières. 30p.

CROITORU L. and Sarraf M. (2010) The cost of environmental degradation: case studies from the Middle East and North Africa /The World Bank Washington DC. 192p.

DUPRAS et al., (2013) L'évaluation économique des biens et services écosystémiques dans un contexte de changements climatiques.

EL MRINI A. (2011). *Évolution morphodynamique et impact des aménagements sur le littoral Tétouanais entre Ras Mazari et Fnideq (Maroc nord occidental)*. Thèse de 3ème cycle, Univ. Abdelmalek Essadi (Maroc) & Univ. de Nantes (France).

El MRINI A., Anthony E.J., Maanan M., Taaouati M., Nachite D. 2012. Beach-dune degradation in a Mediterranean context of strong development pressures, and the missing integrated management perspective. *Ocean & Coastal Management* 69 (2012) 299-306.

El MOUTCHOU, B. (1995). Dynamique côtière actuelle et évolution morphosédimentaire de la frange littorale méditerranéenne entre M'diq et Oued Laou (Région de Tétouan, Maroc nord-occidental). Fac. des Sciences. Rabat, Univ. Mohammed V. Thèse de 3ème cycle: 131 p.

DE GROOT, R.S., M.A.M. Stuij, C.M. Finlayson, N. Davidson (2007). Evaluation des zones humides: Orientations sur l'estimation des avantages issus des services écosystémiques des zones humides. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse et Secrétariat sur la diversité biologique, Montréal, Canada. (Rapport technique Ramsar n°3/Série des publications techniques de la CBD n°27).

KLEIN, A. H. F., & Menezes, J.T., (2001). "Beach morphodynamics and profile sequence for a headland bay coast." *Journal of Coastal Research*, 17: pp. 812 – 835.

LEVREL, Harold, HAY, Julien, BAS, Adeline[et al.], « Coût d'opportunité versus coût du maintien des potentialités écologiques: deux indicateurs économiques pour mesurer les coûts de l'érosion de la biodiversité », *Natures, Sciences, Sociétés*, vol. 20, 2012, p. 1-14.

MASSICOTTE E., (2012) Évaluation de la valeur économique des biens et services écologiques : démarche, méthodes et exemple du lac Brompton – Université de Shebrooke.

MAVSAR R., Varela, E., Gouriveau, F. et al. (2013). Report on the state of the art of methods and tools for socio-economic valuation of forest ecosystem goods and services in the Mediterranean Region. Draft version. European Forest Institute, Forest Sciences Centre of Catalonia. 125 p.

Millennium Ecosystem Assessment (2005) Ecosystems and human well-being: current state and trends assessment. Washington: Island Press. pp. 838. Accessible from <http://www.maweb.org/en/condition.aspx>

MINISTERE DE L'ENERGIE, DES MINES, DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT DU MAROC, (2006) « *Rapport relatif à l'exploitation du sable de plage et du cordon dunaire littoral* ».

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT ET DU TRANSPORT ET DE LA LOGISTIQUE - Direction des Ports et du Domaine Public Maritime Maroc (2013 – 2014). *Rapport analytique « Surveillance de la qualité des eaux de baignade des plages du Royaume du Maroc »*.

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 d'Etat. Faculté des Sciences, Université Mohammed V, Rabat.

PILKEY O. H., Young R. S, Kelley J., Griffith A. D. (2008) Mining of coastal sand: a critical environmental and economic problem for morocco. Unpublished report

SMALL C., NICHOLLS R.J. (2003). *A global analysis of human settlement in coastal zones*. J. Coastal Res., Vol. 19, pp 584-599.

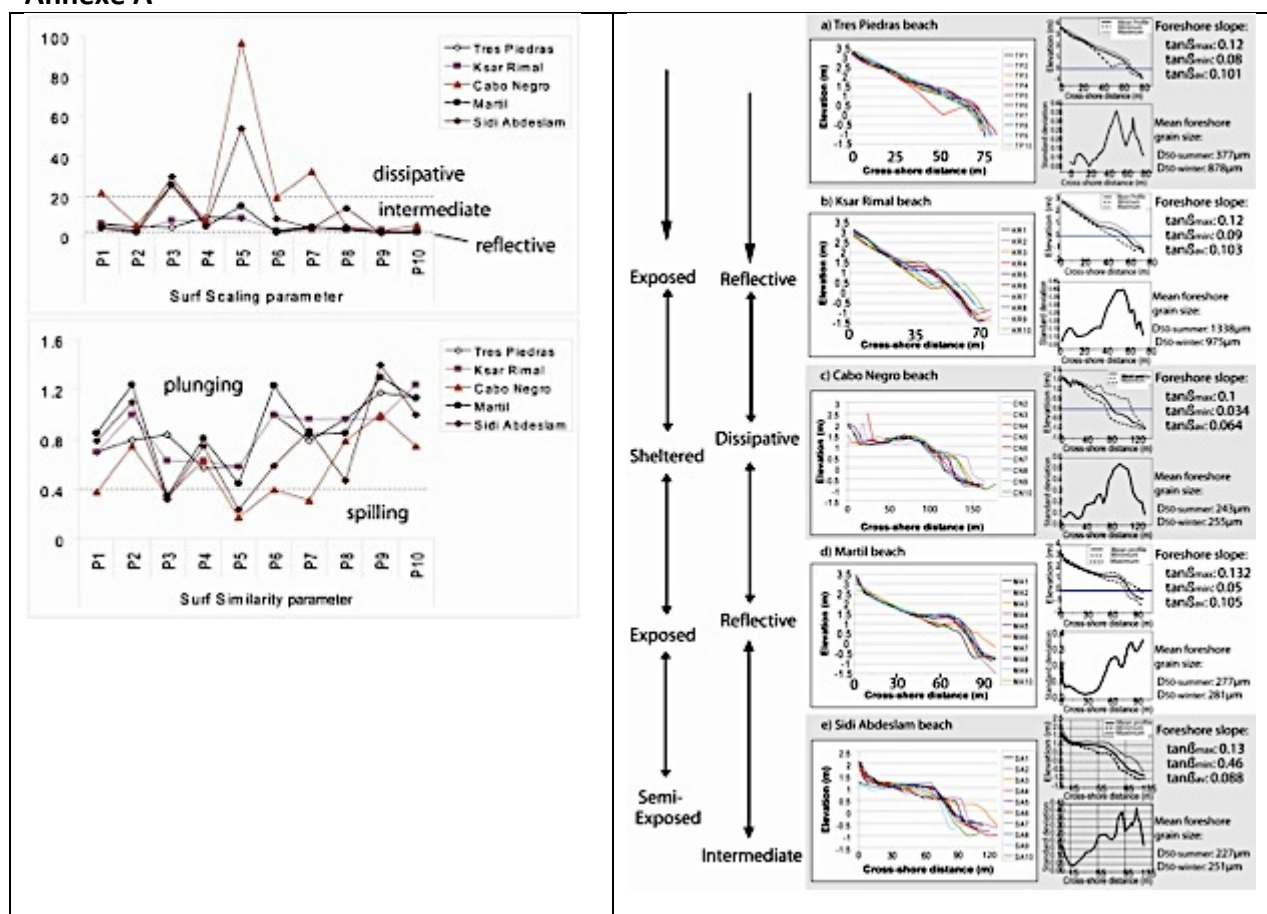
VALDEMORO, H. I. (2005). La influencia de la morfodinámica en los usos y recursos costeros, Universitat Politècnica de Catalunya, Spain. Ph.D. thesis: 163 p.

VASCHALDE D. (2014) Rapport technique, Services écologiques rendus par les zones humides en matière d'adaptation au changement climatique Etat des lieux des connaissances et évaluation économique.

World Bank (2003): Coût de la dégradation de l'environnement. Royaume du Maroc. Bureau Régional Moyen-Orient & Afrique du Nord Département Eau, Environnement, Développement Social et Rural. Rapport N° 25992-MOR. 57p.

World Travel & Tourism Council (WTTC) 2014: Travel & Tourism Economic Impact 2014  
<http://www.wttc.org/>  
<http://www.lavieeco.com/news/economie/40-du-sable-utilise-dans-le-btp-provient-de-l-informel--2704.html>  
<http://www.ecosystemvaluation.org/index.html>

## Annexe A



Evolution temporelle des paramètres environnementaux caractérisant l'état des plages (gauche) et modèles séquentiels de profils et types des plages du littoral tétouanais.

Paramètres des houles, énergie et changement des volumes pendant la période de suivi

| Survey period            | Av<br>Hs (m) | Tav<br>(s) | $\Sigma$ (j/s) | Hs,max<br>(m) | Tmax<br>(s) | Direction<br>Hs,max (°) | Day      | Volume changes ( $m^3 / m^2$ ) |        |              |        |              |        |              |         |              |        |
|--------------------------|--------------|------------|----------------|---------------|-------------|-------------------------|----------|--------------------------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|---------|--------------|--------|
|                          |              |            |                |               |             |                         |          | Tres Piedras                   |        | Ksar Rimal   |        | Cabo Negro   |        | Martil       |         | S. Abdeslam  |        |
|                          |              |            |                |               |             |                         |          | Inter-survey                   | Cumul  | Inter-survey | Cumul  | Inter-survey | Cumul  | Inter-survey | Cumul   | Inter-survey | Cumul  |
| a. April-June05          | 0.36         | 6          | 736            | 2.4           | 11.1        | 83°                     | 24/05/05 | +0.089                         | —      | +0.062       | —      | —            | —      | -0.057       | —       | +0.012       | —      |
| b. June-September05      | 0.4          | 4          | 628            | 1.6           | 9.8         | 82°                     | 04/08/05 | +0.084                         | +0.173 | +0.081       | +0.143 | +0.23        | —      | +0.157       | +0.1    | +0.093       | +0.105 |
| c. September-December05  | 1.1          | 5.9        | 7009           | 4.1           | 9.3         | 78°                     | 22/12/05 | -0.231                         | -0.058 | -0.234       | -0.091 | +0.01        | +0.24  | -0.029       | +0.071  | -0.096       | +0.009 |
| d. December05-March06    | 1            | 4.5        | 4418           | 3.1           | 8.9         | 78°                     | 25/01/06 | +0.182                         | +0.124 | +0.237       | +0.146 | -0.038       | +0.202 | +0.008       | +0.0079 | +0.025       | +0.034 |
| e. March-April06         | 0.46         | 7.4        | 1537           | 1.4           | 9.8         | 79°                     | 14/04/06 | +0.0021                        | +0.126 | +0.125       | +0.271 | +0.116       | +0.318 | +0.03        | +0.109  | -0.022       | +0.012 |
| f. April-June06          | 0.55         | 6.2        | 1840           | 2.5           | 11.6        | 82°                     | 26/05/06 | -0.085                         | +0.041 | -0.247       | +0.024 | -0.129       | +0.189 | -0.022       | +0.087  | +0.11        | +0.122 |
| g. June-September06      | 0.36         | 5.7        | 725            | 2.2           | 10.7        | 81°                     | 21/08/06 | +0.0043                        | +0.045 | +0.246       | +0.27  | +0.075       | +0.264 | +0.033       | +0.12   | +0.068       | +0.19  |
| h. September06-January07 | 0.46         | 7.4        | 1537           | 3.5           | 25.6        | 81°                     | 11/12/06 | -0.03                          | +0.015 | -0.038       | +0.232 | +0.084       | +0.348 | +0.016       | +0.136  | +0.04        | +0.23  |
| i. January-March07       | 0.5          | 7.3        | 1790           | 4.5           | 16          | 78°                     | 28/01/07 | -0.068                         | -0.052 | -0.106       | +0.126 | -0.116       | +0.232 | -0.066       | +0.07   | +0.063       | +0.293 |

Hs : Hauteur significative des houles

Tav : Période moyenne des houles

$\Sigma$  : Puissance des houles

Hs,max : Hauteur maximale des houles

Tmax. Période maximale des houles

## ANNEXE - B

Rendement des nuitées touristiques entre Fnideq = M'diq

| Rendement des nuitées touristique entre Fnideq - M'diq |                                                                                                                                                                           |                      |                                      |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| Année                                                  | NUITEES TOURISTIQUES                                                                                                                                                      | Tarif/nuit (moyenne) | Revenu des nuitées touristiques (Dh) |
| 2009                                                   | 151936                                                                                                                                                                    | 760                  | 115471360                            |
| 2010                                                   | 197509                                                                                                                                                                    | 760                  | 150106840                            |
| 2011                                                   | 201456                                                                                                                                                                    | 760                  | 153106560                            |
| 2012                                                   | 241881                                                                                                                                                                    | 760                  | 183829560                            |
| 2013                                                   | 219225                                                                                                                                                                    | 760                  | 166611000                            |
| 2014                                                   | 200811                                                                                                                                                                    | 760                  | 152616360                            |
|                                                        |                                                                                                                                                                           |                      |                                      |
|                                                        |                                                                                                                                                                           |                      |                                      |
|                                                        |                                                                                                                                                                           |                      |                                      |
|                                                        | Total (Dh)                                                                                                                                                                |                      | 921 741 680                          |
|                                                        | Total (US\$) *                                                                                                                                                            |                      | 94367913                             |
|                                                        |                                                                                                                                                                           |                      |                                      |
|                                                        | Rendement des nuitées par an (US\$)**                                                                                                                                     |                      | 94367913                             |
|                                                        |                                                                                                                                                                           |                      |                                      |
|                                                        |                                                                                                                                                                           |                      |                                      |
|                                                        |                                                                                                                                                                           |                      |                                      |
| *                                                      | Conversion du Dh marocain au US\$ par le taux de change de 2015 ( <a href="http://themoneyconverter.com/FRMAD/USD.aspx">http://themoneyconverter.com/FRMAD/USD.aspx</a> ) |                      |                                      |
| **                                                     | Nuitées touristiques à partir de doc de l'office du tourisme de tetouan pour les hôtels à proximité des plages (200 mètres maximum c                                      |                      |                                      |

### Règle de trois pour déduire les revenus des nuitées correspondant aux reculs des plages :

**44,58** (largeur de la plage en 2014) -----> **15 727 985,5 US\$** (revenu des nuitées en 2014)

**43,55** (largeur de la plage en 2015) -----> **X** (revenu des nuitées en 2015)

Donc **X** = (43,55\*15727985,5)/ 44,58

ANNEXE – C

| Calculs du coût du recul des plages basés sur les revenus des nuitées touristiques entre Fnideq et M'diq à l'horizon 2048 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

| Calculs des bénéfices du sable exploité au niveau du littoral de Tétouan, de 2015 à 2048 |              |                                                               |                        |                                                                       |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--|
| Prix du m <sup>3</sup> de sable en 2015 en US\$ *                                        | 22,62        | revenu de l'exploitation des sables entre 2015 et 2048 (US\$) | \$                     | 76 055 469,87                                                         |  |
| exploitation annuelle du sable au niveau de Tétouan (m <sup>3</sup> )                    | 207 641      |                                                               |                        |                                                                       |  |
| revenu annuel du sable au niveau du littoral de Tétouan en 2015 (US\$)                   | 4 696 839,42 |                                                               |                        |                                                                       |  |
| Taux d'actualisation                                                                     | 5%           |                                                               |                        |                                                                       |  |
|                                                                                          |              | Année                                                         | revenu annuel du sable | Détail des valeurs actualisées des revenus de l'exploitation du sable |  |
|                                                                                          |              | 2015                                                          | 4696839,42             | 4473180,4                                                             |  |
|                                                                                          |              | 2016                                                          | 4696839,42             | 4260171,81                                                            |  |
|                                                                                          |              | 2017                                                          | 4696839,42             | 4057306,485                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2018                                                          | 4696839,42             | 3864101,415                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2019                                                          | 4696839,42             | 3680096,585                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2020                                                          | 4696839,42             | 3504853,891                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2021                                                          | 4696839,42             | 3337956,086                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2022                                                          | 4696839,42             | 3179005,797                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2023                                                          | 4696839,42             | 3027624,568                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2024                                                          | 4696839,42             | 2883451,97                                                            |  |
|                                                                                          |              | 2025                                                          | 4696839,42             | 2746144,733                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2026                                                          | 4696839,42             | 2615375,936                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2027                                                          | 4696839,42             | 2490834,225                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2028                                                          | 4696839,42             | 2372223,071                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2029                                                          | 4696839,42             | 2259260,068                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2030                                                          | 4696839,42             | 2151676,255                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2031                                                          | 4696839,42             | 2049215,481                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2032                                                          | 4696839,42             | 1951633,792                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2033                                                          | 4696839,42             | 1858698,849                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2034                                                          | 4696839,42             | 1770189,38                                                            |  |
|                                                                                          |              | 2035                                                          | 4696839,42             | 1685894,648                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2036                                                          | 4696839,42             | 1605613,95                                                            |  |
|                                                                                          |              | 2037                                                          | 4696839,42             | 1529156,143                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2038                                                          | 4696839,42             | 1456339,184                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2039                                                          | 4696839,42             | 1386989,699                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2040                                                          | 4696839,42             | 1320942,57                                                            |  |
|                                                                                          |              | 2041                                                          | 4696839,42             | 1258040,543                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2042                                                          | 4696839,42             | 1198133,851                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2043                                                          | 4696839,42             | 1141079,858                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2044                                                          | 4696839,42             | 1086742,722                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2045                                                          | 4696839,42             | 1034993,068                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2046                                                          | 4696839,42             | 985707,6841                                                           |  |
|                                                                                          |              | 2047                                                          | 4696839,42             | 938769,223                                                            |  |
|                                                                                          |              | 2048                                                          | 4696839,42             | 894065,9266                                                           |  |
|                                                                                          |              |                                                               |                        | 76055469,87                                                           |  |