

Littoral marocain et changement climatique

SEPTEMBRE 2010

Auteur du rapport

M. Abdellah LAOUINA

Professeur à l'Institut National de la Recherche Agronomique

Propriété de l'IRES, le présent rapport entre dans le cadre du programme d'études "Changement climatique : impacts sur le Maroc et options d'adaptation globales". De par les opinions qui y sont exprimées, ce rapport engage la responsabilité de ses auteurs et en aucun cas celle de l'IRES

Par le biais de sa publication, l'IRES entend contribuer à "... l'émergence d'une expertise nationale concernant les défis inhérents aux changements climatiques ..." Extrait du Message Royal, adressé aux participants à la rencontre internationale sous le thème "Le changement climatique : enjeux et perspectives d'adaptation pour le Maroc", organisée par l'IRES le 16 octobre 2009

Table des matières

| | |
|---|------------|
| Préambule | 5 |
| Introduction | 6 |
| 1. Le changement climatique et ses effets sur le littoral : principes de base | 8 |
| 1.1. Méthodes d'observation spécifiques du changement dans le milieu littoral | 9 |
| 1.2. Données générales sur l'effet du changement climatique sur le littoral | 10 |
| 1.3. Les composantes physiques, chimiques et biologiques du changement | 12 |
| 1.3.1. Le contenu thermique de l'océan et la circulation océanique | 12 |
| 1.3.2. Changements dans la bio géochimie et la salinité | 13 |
| 1.3.3. Changements dans le niveau de la mer | 14 |
| 1.4. Vulnérabilité des systèmes côtiers et zones basses adjacentes | 17 |
| 1.4.1. La dynamique habituelle des systèmes côtiers naturels | 19 |
| 1.4.2. L'effet de l'utilisation croissante de la zone côtière | 19 |
| 1.4.3. Seuils dans le comportement des systèmes côtiers | 21 |
| 1.5. Tendances futures | 22 |
| 1.5.1. Les scénarios d'émission et leurs projections sur le climat | 22 |
| 1.5.2. Impacts et vulnérabilité futurs | 28 |
| 2. Ressources et vulnérabilité du littoral marocain | 31 |
| 2.1. Caractéristiques générales du littoral marocain | 33 |
| 2.1.1. Le climat du littoral | 33 |
| 2.1.2. Les eaux marines | 33 |
| 2.1.3. Le rivage | 35 |
| 2.2. Vulnérabilité en terme de morphologie et de dynamique côtière | 41 |
| 2.2.1. La côte méditerranéenne | 41 |
| 2.2.2. La côte atlantique | 62 |
| 2.3. Ressources écologiques et vulnérabilité | 79 |
| 2.3.1. La côte méditerranéenne | 82 |
| 2.3.2. La côte atlantique | 88 |
| 2.4. Les insuffisances sur le plan institutionnel : Un espace faiblement protégé | 97 |
| 3. Incidences du changement climatique sur le littoral marocain | 100 |
| 3.1. Le changement climatique et ses effets sur le domaine littoral | 101 |
| 3.2. Impacts globaux du changement climatique sur le littoral marocain | 105 |
| 3.2.2. Modification des températures des eaux marines | 105 |
| 3.2.2. L'élévation du niveau de la mer | 112 |
| 3.2.4. Phénomènes de salinisation | 138 |
| 3.2.5. Biodiversité, pêche et aquaculture | 139 |
| 3.2.6. Effets sur d'autres activités | 142 |

| | |
|--|------------|
| 4. Les réponses au changement climatique et à ses effets dans le domaine littoral | 142 |
| 4.1. Enjeux et perspectives du littoral marocain | 143 |
| 4.2. Estimation de l'effet du changement climatique et coût de l'adaptation | 147 |
| 4.3. Philosophie générale de la réponse au changement climatique | 150 |
| 4.4. Les perspectives de développement du littoral | 152 |
| 4.4.1. Avant – projet de loi « Littoral », avril 2006 | 153 |
| 4.4.2. Projet de refonte du Code des Pêches maritimes | 153 |
| 4.4.3. Le Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de l'Aménagement de l'Espace | 153 |
| 4.4.4. Mise en œuvre des outils d'aménagement et d'urbanisme | 153 |
| 4.4.5. Plan Halieutis | 154 |
| 4.4.6. Programme National d'Assainissement Liquide et d'Epuración des Eaux Usées (PNA) | 155 |
| 4.4.7. Projet de développement durable du tourisme dans les pays méditerranéens | 155 |
| 4.4.8. Mise en valeur du littoral de Bouznika-Casa/Mohammedia et celui d'Agadir | 155 |
| 4.4.9. Projet de gestion côtière dans la zone du Rif Central | 156 |
| 4.4.10. Programme d'aménagement touristique de Marchica à Nador | 156 |
| 4.5. Stratégie d'adaptation au changement climatique | 157 |
| 4.6. Recommandations pour une politique de Gestion Intégrée des Zones Côtières | 159 |
| Conclusion : La gestion durable des zones marines et côtières | 162 |
| Bibliographie | 167 |
| Liste des graphiques | 174 |

Préambule

Le littoral et les régions côtières enregistrent ces dernières années des phénomènes spectaculaires : le tsunami du Pacifique et de l’océan indien, induit par le séisme de Sumatra, les tempêtes accompagnées d’inondations sur les côtes de l’Ouest de la France, fin février 2010 et le tsunami des côtes du Chili à la même date. Aucun de ses événements n’est réellement imputé au changement climatique. Même, la tempête Xynthia semble être « normale », malgré son intense violence.

Mais ces catastrophes naturelles nous sensibilisent à la fragilité de ce milieu d’interface entre la mer, la terre et l’atmosphère. Surtout, elles nous préviennent ; quelle serait, à titre d’exemple, la hauteur de la remontée des eaux dans les maisons vendéennes, si en plus de la tempête Xynthia et de la marée de vives eaux, on devait tenir compte d’une remontée accélérée due changement climatique ? Sans doute la gravité serait encore plus exacerbée. En effet, le changement climatique renforcera l’aléa tempêtes et leur donnera une magnitude plus grande ; ensuite il aura relevé le niveau des mers et donc favorisera de plus amples inondations.

Au Maroc, nous avons l’impression que la menace n’est pas présente. L’impact du changement climatique sur le littoral peut paraître réduit, de prime abord (une élévation de quelques millimètres par an), et à effet lointain (1 m d’élévation dans les scénarios pessimistes à l’échéance 2100). Faut-il donc s’en préoccuper ?

Les dynamiques en cours, sur le littoral, doivent nous inciter à le faire. Car le combat, pour nous adapter aux effets du changement climatique sur le littoral, est de même nature et parfois de même forme que celui que nous sommes dans l’obligation de lancer de manière urgente, pour lutter contre les dynamiques négatives en cours et pour corriger les dysfonctionnements qui en sont responsables :

- l’érosion des plages sableuses est largement entamée,
- la pollution des côtes est inquiétante,
- la sur-occupation du trait de côte est étouffante,
- les modes d’occupation défigurent de manière durable cette ressource précieuse,
- la biodiversité côtière est en dégradation rapide.

Partant de toutes ces considérations, le message que les décideurs de notre pays sont appelés à véhiculer doit être clair : il faut agir vite pour changer ces tendances rapides et à effet cumulatif.

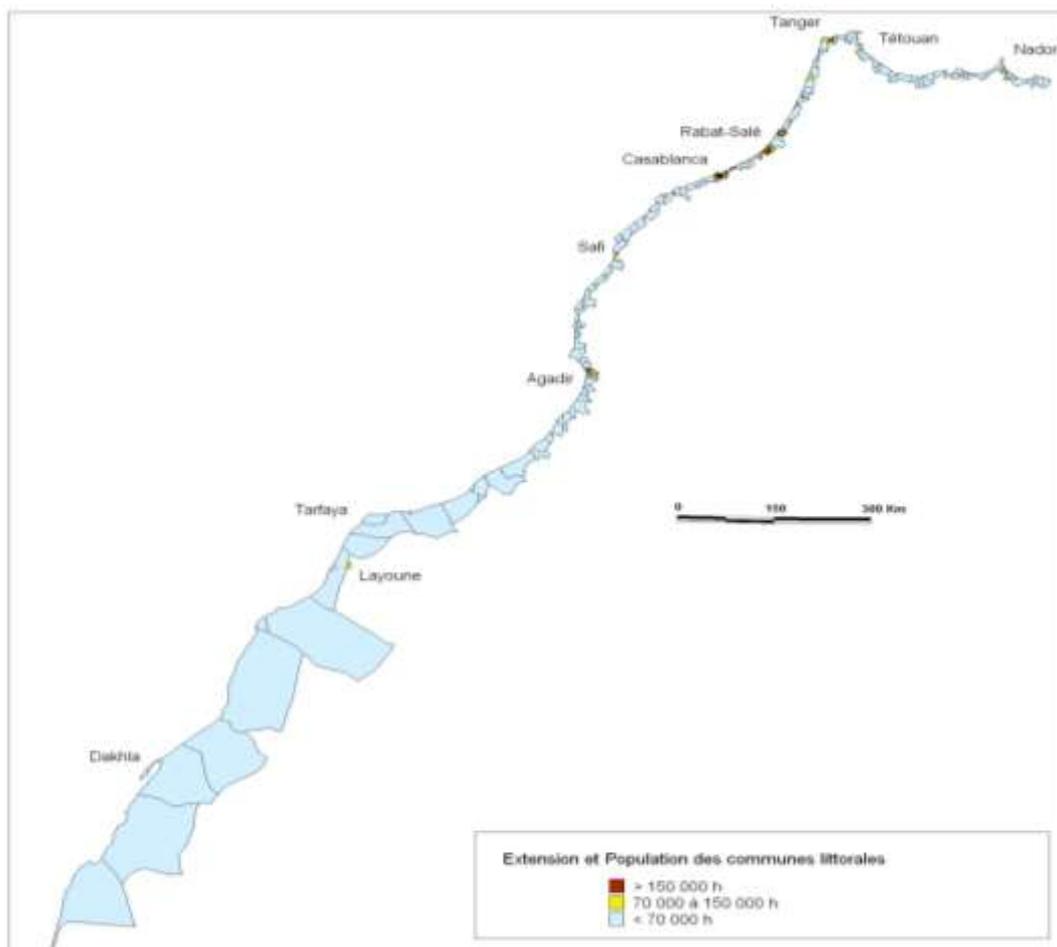
Toute action positive dans ce sens, c’est-à-dire toute action sur des changements qui ne sont forcément pas d’ordre climatique, aura sans doute des retombées positives en termes d’adaptation au changement global.

Introduction

Le littoral marocain comprend, selon la définition extensive, environ 66.000 km² d'eaux territoriales et 1,1 Mkm² de zone économique maritime exclusive. La partie continentale du littoral regroupe 187 communes, représentant une superficie équivalente au 1/7 du territoire. Sa population atteint 10 millions d'habitants sur 30 en 2004 (soit 1/3 de la population du pays). Du fait de l'extension urbaine et des infrastructures, la surface agricole est peu étendue dans la frange littorale (seulement 6% de la superficie contre 12% à l'échelle du pays).

La population urbaine domine très largement (près de 8,65 millions d'urbains et 1,43 millions de ruraux dans les communes littorales). Sur le littoral méditerranéen se trouvent plusieurs villes importantes: Sebta, Tétouan, Al Hoceima, Melilla et Nador auxquelles s'ajoutent une dizaine de petites villes dont l'accroissement est rapide. Sur le littoral atlantique se situent les deux capitales politique et économique du pays et toute une série de villes à fonctions commerciale, industrielle, touristique et de services, de premier ordre. Le cœur névralgique du pays est localisé dans la partie centrale de cette côte, d'El Jadida à Kénitra.

Graphique 1 : Les communes littorales et leur population



Le littoral marocain est affecté par le changement climatique planétaire, avec notamment le relèvement du niveau de la mer et des transformations biogéochimiques importantes ayant des impacts multiples en termes de biodiversité du milieu et de productivité biologique. En même temps, l'occupation humaine du littoral tend à devenir un phénomène d'ampleur majeur, sur le plan de l'économie et de l'emprise territoriale, et qui est préoccupant du fait de sa concentration et de ses impacts. Les interactions des deux phénomènes, changement climatique et emprise humaine risquent d'avoir des répercussions majeures, dans un domaine à la fois limité sur le plan spatial et fragile en termes d'environnement.

La gestion durable du domaine côtier s'impose pour deux principales raisons, tout aussi importantes :

- Le littoral comporte des richesses naturelles physiques et biologiques, dont certaines sont irremplaçables ou du moins à gérer convenablement et rationnellement, dans un but de durabilité.

Le littoral compte des secteurs d'activités humaines et économiques qui recherchent la localisation littorale, comme site préférentiel ou nécessaire: ports maritimes, industrie de raffinage et chimie, centrales thermiques modernes, pêche maritime, aquaculture marine, tourisme balnéaire et ports de plaisance... La poursuite de ces activités et leur développement nécessitent la persistance d'un certain équilibre côtier.

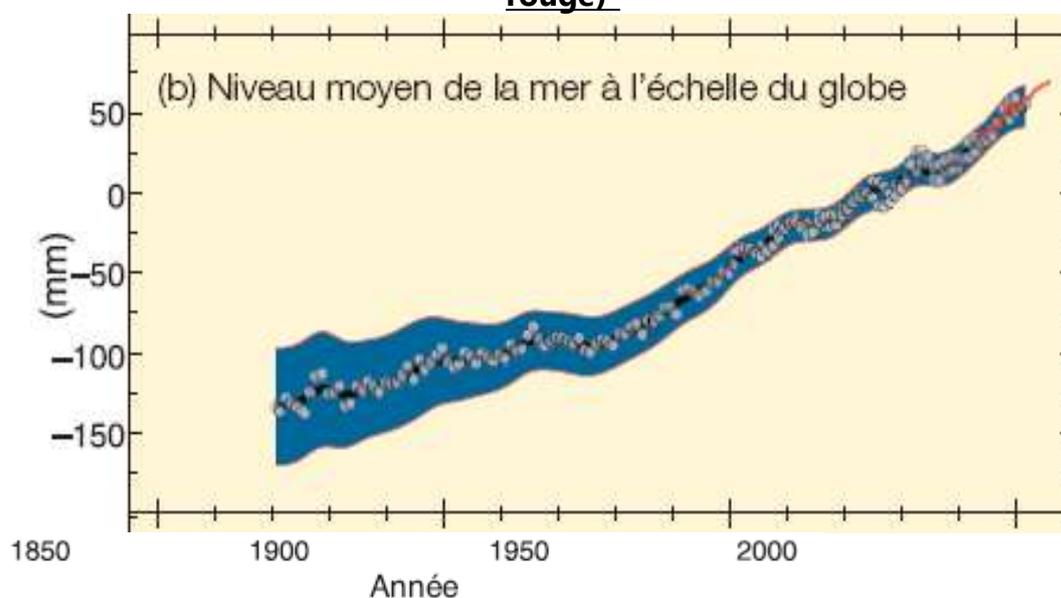
1. Le changement climatique et ses effets sur le littoral : principes de base

L'océan joue un rôle important dans le changement climatique et en même temps, il est fortement affecté par ce dernier, par des échanges importants mer/atmosphère. Sa capacité de chaleur est 1000 fois plus grande que celle de l'atmosphère. L'énergie retenue par les couches supérieures de l'océan joue un rôle crucial dans les variations climatiques, saisonnières et interannuelles.

Le transport d'énergie de la surface vers les couches inférieures et suivant les courants varie régionalement, ce qui influence les climats régionaux. La vie en mer dépend des statuts biogéochimiques et est affectée par la circulation. La biogéochimie peut avoir un effet sur le système climatique par l'effet d'absorption ou à l'inverse, d'émission de gaz ayant des effets en termes de radiations.

Les variations du niveau de la mer dépendent de changements de densité, en lien avec la température. Il peut y avoir également des variations locales, sous l'effet de la densité liée à la salinité. Enfin des effets des échanges d'eau entre la mer et les autres réservoirs hydriques : glaciers, banquise, nappes souterraines, atmosphère. Le changement de niveau n'est pas uniforme sur le plan géographique car les processus de circulations ne sont pas uniformes.

Graphique 2 : Variations observées du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe, selon les données recueillies par les marégraphes (en bleu) et les satellites (en rouge)¹



Source : Groupe Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC)

¹ Les écarts sont calculés par rapport aux moyennes pour la période 1961-1990

Il est très difficile d'évaluer à la fois le changement potentiel en zone côtière et la vulnérabilité du littoral face au changement et notamment face à l'élévation du niveau marin, du fait de l'interaction de facteurs multiples au niveau de cette interface terre – mer – atmosphère. Des données cruciales pour cette évaluation ne sont pas toujours disponibles (topographie précise du littoral et de la plateforme sous-marine, nature et distribution des valeurs écologiques, paysagères et patrimoniales les plus précieuses, cartes récentes d'occupation des sols et d'analyse des activités humaines, données marégraphiques, données suffisamment longues sur les événements météorologiques et marins extrêmes).

D'après les scénarios, les littoraux seront fortement affectés par le changement climatique et ses effets indirects; ils feront alors l'objet de difficultés socio-économiques et environnementales majeures si des mesures d'adaptation ne sont pas entreprises. L'effet sera aggravé par l'accroissement de la pression humaine sur les régions côtières.

1.1. Méthodes d'observation spécifiques du changement dans le milieu littoral

Observations à partir des marégraphes

Les observations disponibles au cours du XX^{ème} siècle à partir des données des marégraphes installés sur les côtes à l'échelle du globe, indiquent une tendance à la montée du niveau de la mer d'environ 1,5 à 2 mm/an.

Au Maroc, il n'existe aucun marégraphe opérationnel durant une période suffisamment continue pour fournir des données crédibles sur la tendance évolutive du niveau marin. Les données des marégraphes espagnols de Malaga en Méditerranée et de Cadiz, sur l'Atlantique, montrent clairement une élévation du niveau marin.

Modélisations

Dans son troisième rapport publié en 2001, le Groupe Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC), a évalué la hausse du niveau des mers due au réchauffement des océans à 0,7 mm par an, au cours du 20^{ème} siècle. Les valeurs globales obtenues par les marégraphes semblent ainsi plus de 2 fois supérieures à celles déduites des modèles, avec d'énormes incertitudes.

Données satellitaires

Les doutes sur l'élévation du niveau de la mer ont été levés, grâce aux mesures très précises du satellite Topex-Poseidon, lancé en 1992, suivi de Jason-1 et qui montrent que le niveau de la mer s'est élevé en moyenne de $3 \pm 0,4$ mm/an au cours des 12 dernières années, soit 5 fois plus vite que pendant les 5 ou 6 derniers millénaires (Lombard *et al.*, 2004).

Les valeurs estimées à partir des données satellitaires en Méditerranée occidentale (3 mm/an) bien que régionales, sont en fait beaucoup plus précises que les données des marégraphes.

Mais, comme les fluctuations du niveau marin dépendent également d'autres facteurs externes. C'est le cas, par exemple, en Méditerranée occidentale, où l'oscillation Nord Atlantique (NAO) a un impact significatif sur le niveau de la mer. La fiabilité de l'utilisation des tendances actuelles pour estimer les projections futures, est, dans ce sens remise en question.

1.2. Données générales sur l'effet du changement climatique sur le littoral

Les dimensions de changement climatique qui concerneront la côte sont de divers ordres :

- l'effet du forçage en CO₂, par séquestration et dissolution de ce gaz dans l'eau, a un impact direct sur la chimie de la mer, et donc sur la biologie marine,
- l'effet direct du réchauffement sur les eaux marines² et sur l'air aura des répercussions biologiques, mais aussi sur la dynamique des cyclons (fréquence et magnitude) et de leurs effets,
- les changements dans la dynamique et la circulation marine, en interaction avec la circulation atmosphérique auront des impacts sur la biologie marine et littorale, du fait du changement dans le parcours des courants et la richesse des eaux en nutriments,
- le relèvement du niveau de la mer a des effets directs sur la géographie littorale, sur la dynamique des eaux marines, et sur l'occupation humaine et les aménagements.

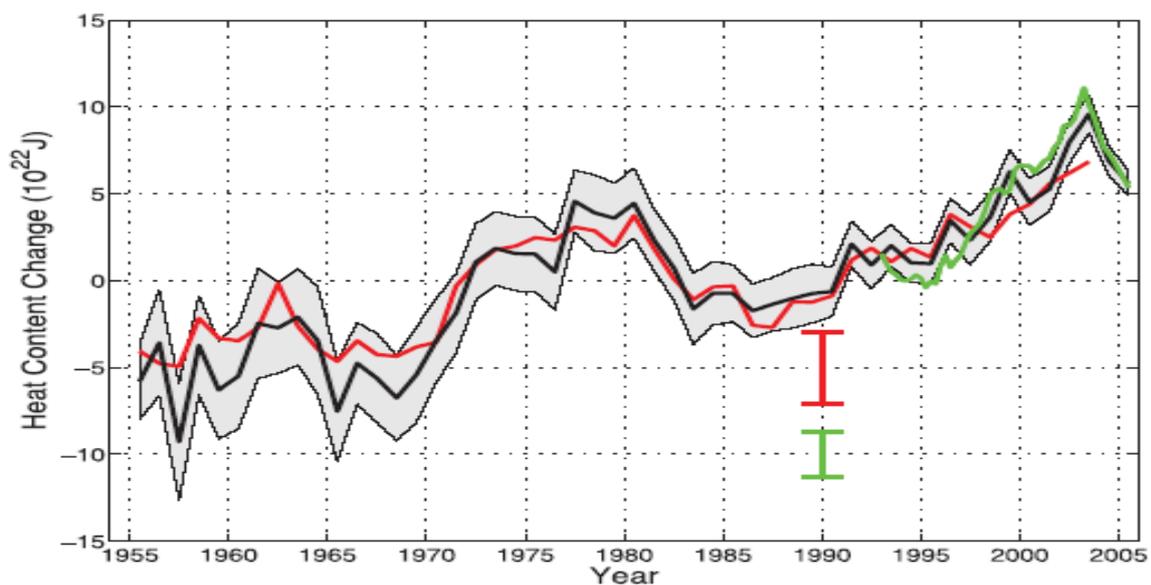
² Il faut rappeler le rôle capital de l'océan au cœur du dispositif écologique de la planète et son importance fondamentale pour l'humanité. L'océan absorbe environ 80 % de l'excès du CO₂ dû aux activités humaines et s'est réchauffé jusqu'à plusieurs milliers de mètres de profondeur.

Le réchauffement a une influence sur le niveau des mers par l'intermédiaire de divers processus :

- Expansion thermique des océans,
- Fonte des calottes glaciaires et des glaciers,

Les mouvements d'origine isostatique, liés à des facteurs anthropiques, notamment la surexploitation des eaux souterraines du domaine côtier et l'affaissement des terrains qui en résulte peuvent accentuer la vulnérabilité côtière.

Graphique 3 : Série chronologique de la température de l'océan (J) pour la couche de 0 - 700 m



Source : GIEC

Le rythme auquel le niveau de la mer s'élève a pratiquement doublé, passant de 1,8 mm par an en moyenne pour la période 1961-2003 à 3,1 mm par an en moyenne pour la période 1993-2003. L'augmentation totale au 20^{ème} siècle est estimée à 0,17 m. En ce qui concerne le siècle présent, les modèles prévoient une hausse du niveau des océans de près de 60 cm à 1m, d'ici la fin du siècle (GIEC, 2007). En raison des décalages dans les réactions climatiques, le niveau de la mer devrait continuer à s'élever à une allure comparable à l'actuelle au-delà de 2100, même si les émissions mondiales de GES sont stabilisées à leur niveau d'aujourd'hui. Cette élévation sera principalement due à la dilatation thermique et à la fonte des glaces (GIEC, 2007).

A l'échelle régionale, les variations du niveau de la mer pourraient être différentes de la moyenne globale en raison des changements dans la circulation des courants océaniques, des différences dans les régimes de marée et la densité de l'eau de mer, des particularités du littoral, ainsi que des affaissements ou soulèvements tectoniques.

Plusieurs impacts physiques et biochimiques sont cités par les auteurs³:

- Submersion et déplacement des terres humides et des basses terres ;
- Erosion des lignes de rivage ;
- Intensification des inondations sur les côtes en période des tempêtes ;
- Accroissement de la salinité au niveau des estuaires, intrusion de l'eau salée dans les aquifères et dégradation de la qualité des eaux d'une manière générale ;
- Modification des amplitudes de marée dans les rivières, fleuves et baies ;
- Modification des modes d'accumulation des sédiments ;
- élévation des nappes d'eaux souterraines ;
- Acidification de l'eau de mer et effets biologiques.

Les impacts socio-économiques potentiels de l'élévation du niveau de la mer peuvent être classés comme suit (2^{ème} *Communication nationale, 2010*) :

- Perte directe des valeurs économiques, écologiques, culturelles et de subsistance du fait de la perte des sols, d'infrastructures et d'habitats côtiers ;
- Risque accru d'inondation pour les gens, les sols et les infrastructures et perte conséquente des valeurs susmentionnées ;
- Changements dans la gestion de l'eau, des terres et de l'activité biologique (pêche).

1.3. Les composantes physiques, chimiques et biologiques du changement

1.3.1. Le contenu thermique de l'océan et la circulation océanique

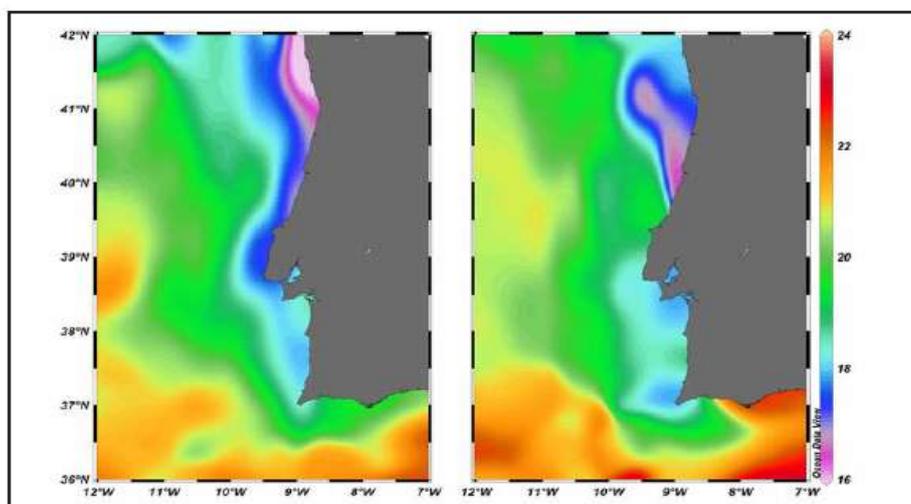
L'océan s'est réchauffé depuis 1955 (GIEC 2007); il a absorbé 80 % des changements d'énergie du système planétaire. 7,9 millions de profils verticaux de la température océanique ont été établis et ont permis de construire des courbes des variations temporelles. Ce bilan thermique montre des inadéquations régionales importantes. De 1961 à 2003, la couche 0 à 3000 m a pris $14,1 \times 10^{22}$ J, correspondant à une moyenne de réchauffement de $0,2 \text{ Wm}^{-2}$. La décennie 1993 – 2003 a enregistré un réchauffement de la couche de 0-700m de $0,5 \pm 0,18 \text{ Wm}^{-2}$.

³ Seconde Communication nationale, Etude de vulnérabilité, Mission I, Phase 1.1 Etat de référence, dossier littoral, 2008, 26 pages

Le réchauffement concerne toutes les mers dans les 700 m supérieurs et pénètre plus en profondeur dans l'Atlantique que dans le Pacifique et l'océan indien. L'Atlantique s'est plus réchauffé au sud de 45° nord. Deux mers dans les latitudes subtropicales sont en réchauffement très clair : la Méditerranée et la mer de Chine.

Mais d'importantes variations décennales ont été enregistrées : il existe de nombreuses régions où l'océan se refroidit, notamment, des parties de l'Atlantique Nord. On enregistre aussi une grande variabilité du fait de la circulation en Atlantique sud.

Graphique 4 : La température moyenne de surface de la mer au Portugal, au mois de juillet : de 1951 à 1970 (à gauche) et de 1981 à 2000 (à droite)



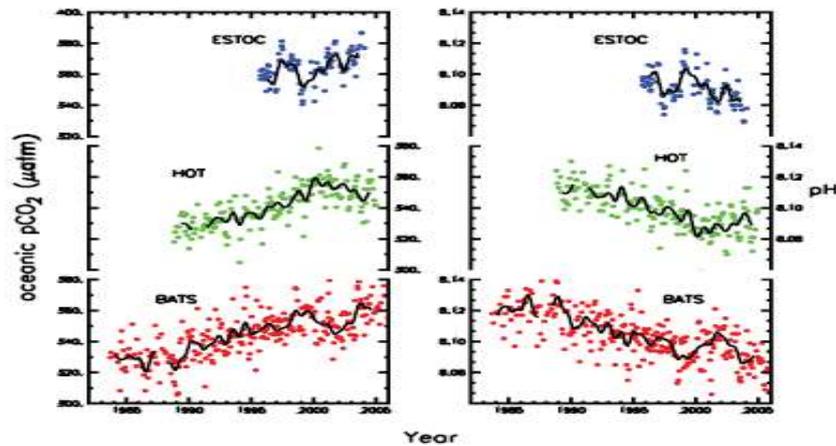
Source : Filipe Duarte Santos, Séminaire "Littoral en danger" Marseille, 3 et 4 février 2006

1.3.2. Changements dans la bio géochimie et la salinité

La dissolution de carbone a conduit à l'acidification de l'eau de mer (-0,1 unité⁴ de pH dans l'eau de surface). Les observations directes de pH montrent une décroissance de 0,02 unités par décennie (GIEC, 2007).

⁴ Cette valeur est estimée par modélisation

Graphique 5 : Changements dans la concentration de CO₂ et dans le pH de l'eau de mer dans trois zones (Europe en bleu, Hawaï en vert et Bermudes en rouge)



Source : GIEC

La baisse de pH, abaisse la profondeur à partir de laquelle le carbonate de calcium se dissout et accroît le volume de l'océan sous-saturé en calcaire⁵. Cette baisse de pH ajoutée à la hausse de température réduit la capacité d'absorption de CO₂.

La concentration d'oxygène de la thermocline (100-1000m) a baissé dans la majeure partie des océans entre 1970 et 1995. Ceci résulte-t-il d'une réduction de ventilation ou bien de changements dans l'activité biologique ? On a l'évidence de changements de salinité dans la 2^{ème} moitié du 20^{ème} siècle, avec accroissement de salinité dans les régions les plus évaporatoires dans les couches de sub-surface. Cela implique un changement dans le cycle hydrologique. Dans les zones polaires, l'eau est moins salée, car elles reçoivent plus de pluie et d'eau de fonte des glaces. Par contre, dans les zones subtropicales, on enregistre une augmentation de salinité dans la couche 0-500m, du fait de l'évaporation plus forte ; cela induit une circulation océanique des Tropiques vers les hautes latitudes et de l'Atlantique vers le Pacifique.

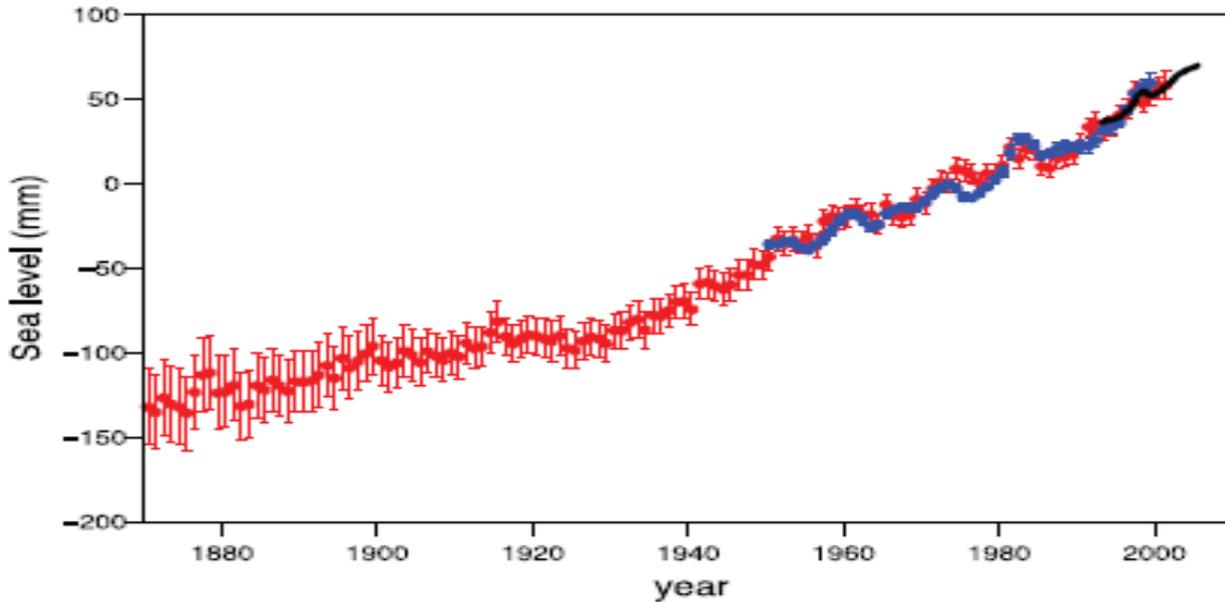
1.3.3. Changements dans le niveau de la mer

Dans la période 1961-2003, la moyenne d'élévation du niveau de la mer (ENM⁶) a été estimée, comme évoqué précédemment, à $1,8 \pm 0,5$ mm/an en se basant sur des mesures.

⁵ donc moins de précipitation de calcite et aragonite, utilisées pour les coquilles

⁶ Elévation du niveau de la mer ; on parle souvent d'EANM pour la qualifier d'accéléérée.

Graphique 6 : Moyennes annuelles du niveau de la mer moyen (en millimètres)



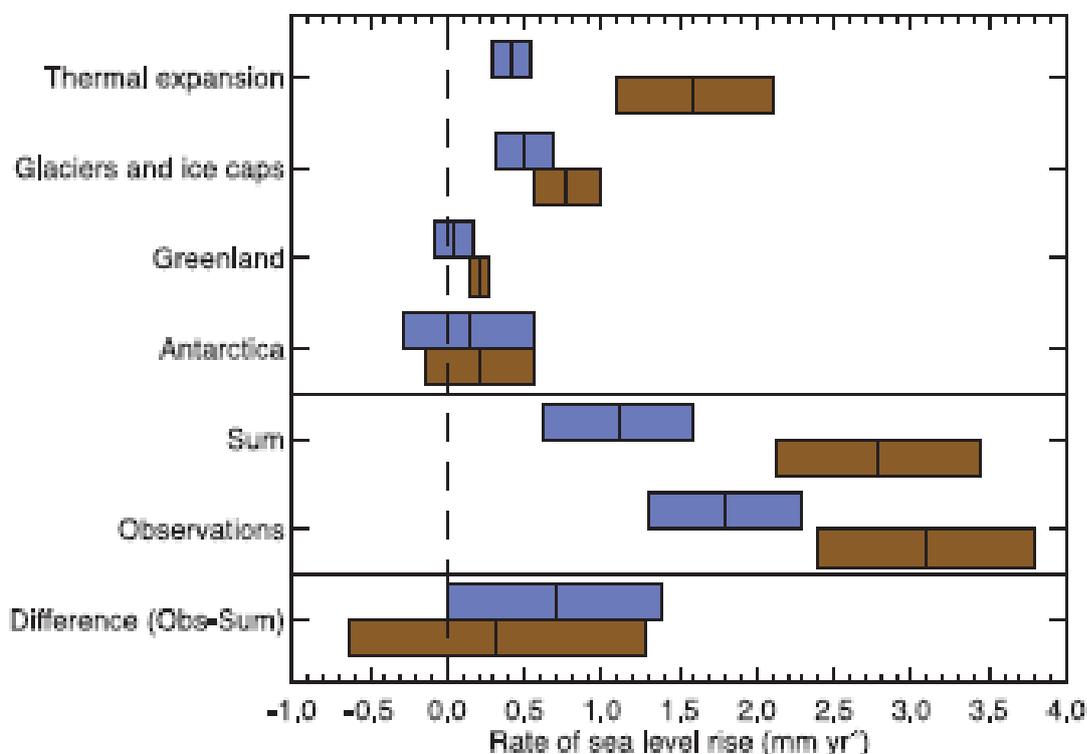
Source : Les oscillations en rouge sont reconstruites depuis 1870 ; les mesures côtières de marégraphes de la courbe bleue depuis 1950 (Holgate & Woodworth, 2004) et la courbe noire est basée sur les mesures satellitaires (Leuliette et al., 2004)

Dans ce bilan, les estimations indiquent que la contribution de l'expansion thermique est de $0,42 \pm 0,12$ mm/an avec des variations décennales importantes. La contribution de la fonte des glaciers et banquises serait de $0,75 \pm 0,5$ mm/an. La somme est donc de $1,1 \pm 0,5$ mm/an, ce qui représente moins que les mesures des marégraphes.

Pour rappel, les mesures de télédétection par Topex / Poséidon (satellite altimétrique), pour la période 1993-2003, indiquent $3,1 \pm 0,7$ mm/an, ce qui est proche de l'estimation de $2,8 \pm 0,7$ mm/an par modélisation, avec contribution de l'expansion ($1,6 \pm 0,5$ mm/an) et celle des changements dans les glaciers ($1,2 \pm 0,4$ mm/an).

Ceci dit, des mesures marégraphiques ont montré, dès 1950, des épisodes de montée rapide du niveau de la mer, aussi importantes que celle de la période 1993-2003. En somme, les spécialistes sont unanimes sur le fait que le taux d'ENM s'est accéléré entre le milieu du 19^{ème} et le milieu du 20^{ème} siècle.

Graphique 6 : Évaluation des diverses contributions au budget du changement de niveau de la mer, la somme de ces contributions et le taux observé d'élévation, et le taux observé sans la somme de contributions, pour 1961 à 2003 (bleu) et 1993 à 2003 (brun)



Les études de géologie ont montré, pour leur part, que l'ENM a été de 0,0 à 0,2 mm/an en moyenne sur les derniers 2000 ans. Les études d'archéologie en Méditerranée indiquent des oscillations qui n'ont pas dépassé 0,25 m.

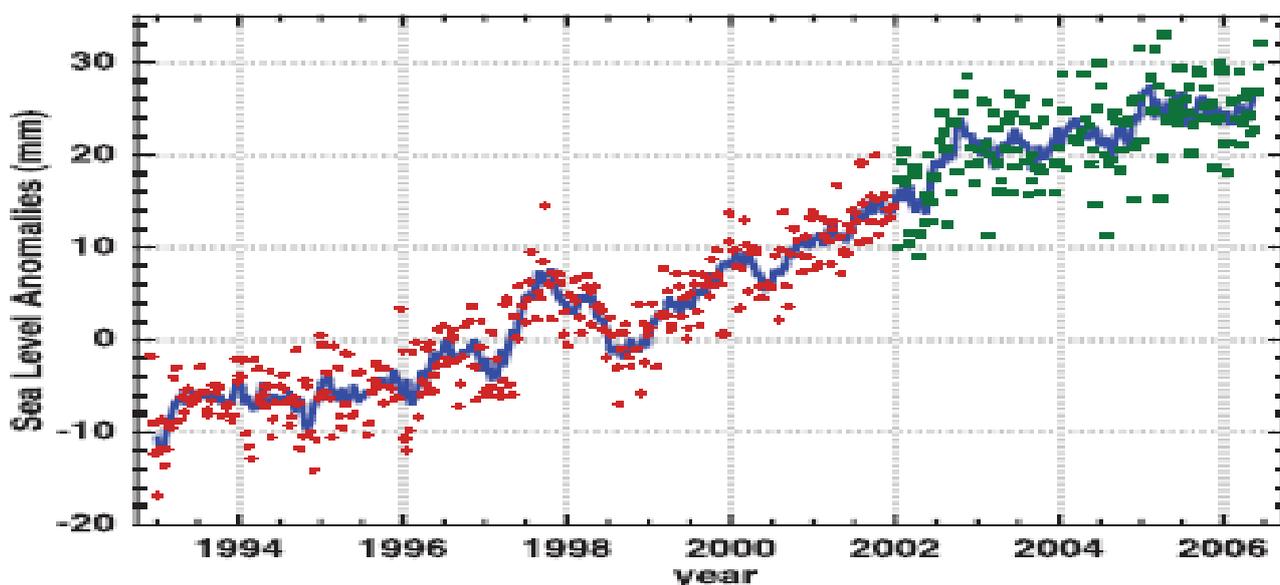
La remontée accélérée moderne ne daterait donc que du milieu du 19^{ème} siècle, mais avec une variabilité régionale sûre, selon les mesures satellitaires. Dans certaines régions, le taux d'ENM est plusieurs fois celui de la moyenne mondiale, dans d'autres, il est plus bas. Le plus grand niveau d'ENM est enregistré depuis 1992 dans l'ouest du Pacifique et l'est de l'océan Indien. Tout l'Atlantique montre une ENM importante. Par contre, l'est Pacifique et l'ouest indien enregistrent une baisse. Cette différenciation, est en lien avec l'influence du couplage océan/atmosphère (processus de ENSO⁷ / NAO⁸). En effet, les observations suggèrent des accroissements des hautes eaux extrêmes depuis 1975, avec une variabilité interannuelle des hautes eaux extrêmes, corrélée au niveau régional des mers et aux indices climatiques régionaux ENSO et NAO (GIEC, 2007).

⁷ El Nino southern oscillation

⁸ Oscillation nord atlantique

Plus globalement, les dernières estimations liées à l'élévation du niveau de la mer, présentées à l'occasion de la conférence de l'Union Européenne des Géosciences, montrent que le réchauffement climatique pourrait élever le niveau des océans de 80 cm à 1,5 m d'ici à la fin du siècle. Des estimations bien plus pessimistes que celles formulées dans le dernier rapport du GIEC. Ces prévisions s'appuient sur les travaux du laboratoire océanographique britannique Proudman, dont l'une des chercheuses, Svetlana Jevrejeva, a évoqué le rythme accéléré de hausse du niveau des océans. Après 2 cm au XVIIIe siècle, 6 cm au XIXe et 19 cm au siècle dernier, le niveau pourrait s'élever de 80 cm à 1,5 m d'ici à 2100. Or, le GIEC dans son rapport définitif rendu public fin 2007 estime que la hausse devrait être comprise entre 18 cm et 59 cm.

Graphique 7 : Variations du niveau de la mer (différence par rapport à la moyenne 1993 - 2001) calculé par les images satellitaires des mois de janvier



Source : évaluations décennales du satellite de TOPEX / Poseidon

1.4. Vulnérabilité des systèmes côtiers et zones basses adjacentes

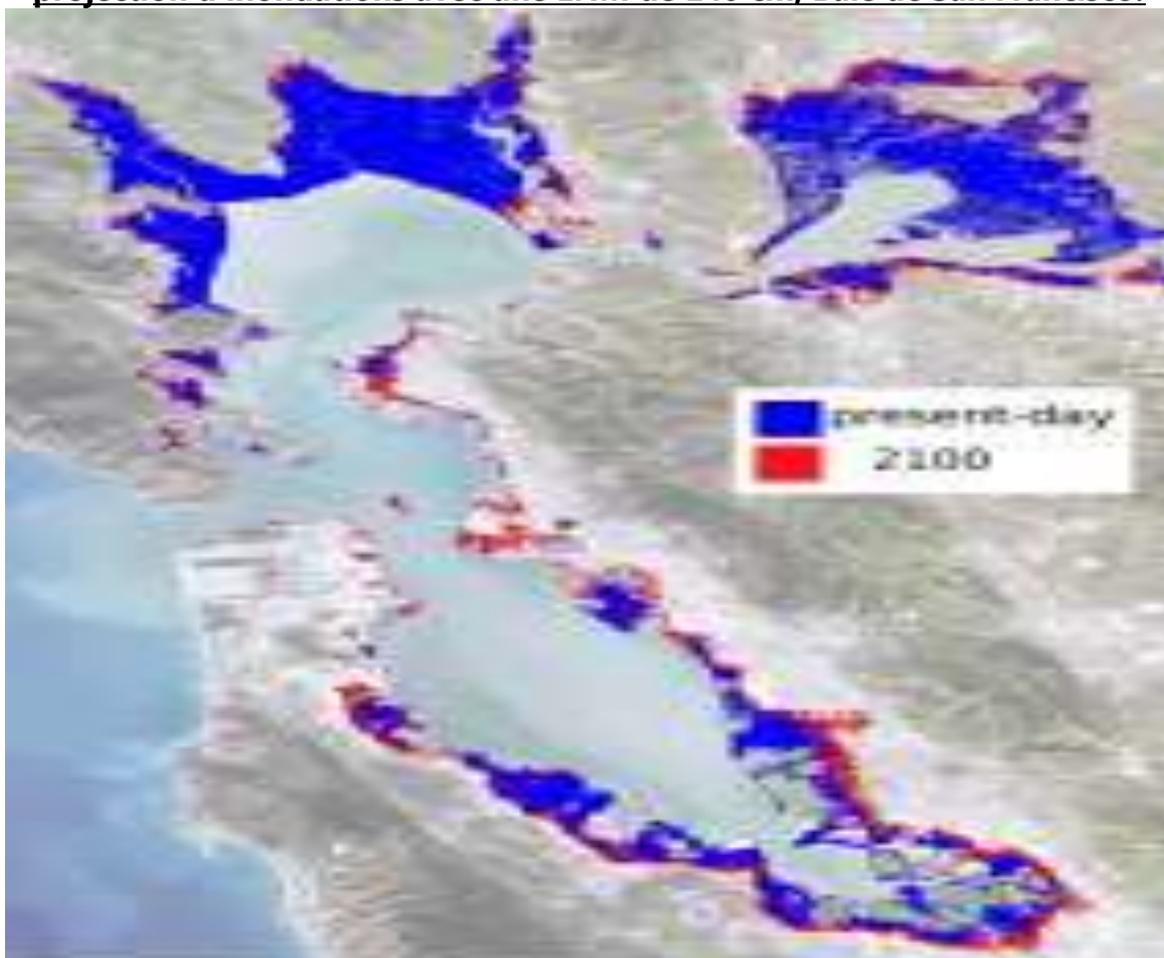
Les côtes subissent les conséquences des menaces liées au changement du climat et à l'ENM. Elles sont très vulnérables aux événements extrêmes comme les tempêtes et les cyclones (GIEC, 2007). En effet, l'ENM contribue aux inondations, à l'érosion et à la perte d'écosystèmes mais avec d'importantes différenciations régionales, dues à d'autres facteurs.

Les risques vont se multiplier dans les prochaines décennies. En effet, comme évoqué précédemment, on s'attend à enregistrer une accélération de l'ENM (0,6 m ou plus en 2100), une augmentation de la température de la surface de la mer de 3° C, une intensification des cyclones, de plus fortes vagues de tempêtes, un équilibre pluie / ruissellement altéré et une acidification plus prononcée de l'eau de mer.

De plus, il y aurait des impacts négatifs aux niveaux (1) des coraux, vulnérables au stress thermique, qui vont connaître des phénomènes de blanchiment et plus de mortalité, (2) des zones humides côtières sont fortement menacées et (3) on aura aussi des effets importants sur la société et les services environnementaux des écosystèmes.

Ces risques seront accrus à cause de la pression humaine. Les défis sont plus importants pour les côtes des pays en développement, ayant une capacité d'adaptation plus réduite. Mais les coûts d'adaptation sont en tous cas beaucoup plus faibles que ceux de l'inaction. En effet, le changement en milieu océanique et marin, qui est caractérisé par une longue inertie et une continuité, du fait de la masse hydrique que cela représente et des échanges thermiques internes, pose le problème de la viabilité des zones côtières et de la nécessité d'œuvrer à la fois en termes d'adaptation et d'atténuation.

Graphique 8 : Inondations habituelles lors des grandes marées et tempêtes (bleu) et projection d'inondations avec une ENM de 140 cm, Baie de San Francisco.



Source: Knowles (2008)

1.4.1. La dynamique habituelle des systèmes côtiers naturels

Les systèmes côtiers naturels sont des systèmes dynamiques subissant des ajustements en termes de formes et de processus, c'est-à-dire de morphodynamique, en réponse à des facteurs géomorphologiques et océanographiques. L'activité humaine exerce une pression additionnelle qui peut dominer les processus naturels.

On peut faire des reconstructions paléo climatiques, à l'échelle du millénaire, des études de processus, à l'échelle annuelle. Mais l'adaptation au changement climatique exige d'analyser des processus à une échelle de la décennie ou du siècle ; or à ce niveau, les données et la compréhension des phénomènes sont moins développées.

Les formes côtières, affectées par des perturbations à courte échéance (tempêtes) reviennent à leur morphologie première, ce que l'on nomme un retour à l'équilibre. Des ajustements habituels ont lieu, en liaison avec les vagues et les sédiments. Cette variabilité naturelle rend difficile l'identification des impacts du changement climatique, car, la plupart des plages sont touchées par l'érosion récente et l'ENM, dont le changement climatique n'est pas nécessairement le moteur premier. L'érosion peut résulter d'autres facteurs comme l'altération des données éoliennes, de la bathymétrie, de l'apport fluvial.

Le défi est donc de distinguer l'influence externe (changement climatique) de l'effet local ou enfin de la perturbation provisoire liée à une tempête, par exemple. Les oscillations en relation avec le climat du couple océan/atmosphère peuvent conduire à des changements côtiers. C'est l'exemple de l'ENSO, anomalie de température et de pression en mer, dans la zone équatoriale pacifique, avec une périodicité de 2 à 7 ans. La perturbation des vents et tempêtes en liaison avec ces anomalies peut affecter la dynamique des plages, la stabilité des falaises, comme le niveau d'eau des zones humides. On peut même avoir, comme évoqué précédemment, un blanchiment de corail sous cet effet. Des corrélations ont aussi été trouvées entre la NAO et la fréquence de tempêtes qui peuvent donc influencer sur les côtes atlantiques.

1.4.2. L'effet de l'utilisation croissante de la zone côtière

A travers le monde on a assisté à la conversion de multiples zones naturelles côtières, en terrains agricoles ou de production aquacole et plus encore en terrains urbanisés, industriels ou aménagés pour le tourisme. La densité de la population côtière représente au moins trois fois la moyenne de densité des populations, tous territoires compris, et ce du fait des migrations (littoralisation) et de la forte expansion de l'activité économique.

Ce changement anthropique est beaucoup plus important que l'effet du changement climatique. L'homme a opéré le drainage de zones humides, la déforestation de terrains boisés, l'aménagement de polders, des décharges d'eaux d'assainissement et a donc contribué à la contamination des milieux et parfois à leur transformation positive. Il a aussi contribué par le prélèvement de sable, de poisson, d'autres ressources à appauvrir ces milieux littoraux. Il a construit des murs de protection ou de défense, des barrières, des barrages sur les oueds. Il a donc introduit des changements dans la circulation d'eau et dans les budgets de sédiments et de nutriments.

Les services rendus par les écosystèmes se réduisent du fait de l'anthropisation, et ce dans au moins trois domaines :

- la transformation et l'accumulation de nutriments,
- l'atténuation de l'énergie des vagues,
- le soutien à l'activité écologique.

La dynamique naturelle et l'effet anthropique s'additionnent pour changer l'état du littoral et transformer son comportement. On peut alors distinguer deux types d'effets :

- **Les influences terrestres** conduisent à des stress sur la zone côtière. Les activités dans les bassins versants drainés vers la côte ont pour impact des changements dans les flux d'eau, de sédiments et de nutriments qui atteignent la côte. La déforestation modifie les volumes et les régimes hydrologiques ; l'érosion amène un accroissement de la charge des rivières ; les barrages induisent par contre une réduction de la charge par rétention.
- **Les influences marines :**
 - ✓ Vagues de tempêtes en mer et leur influence sur la côte
 - ✓ Événements rares et extrêmes, comme les tsunamis
 - ✓ Courants marins et le transfert de chaleur.

Tableau : Moteurs des systèmes côtiers (GIEC, 2007)

| | |
|-------------------------------|--|
| Concentration CO ₂ | pH (acidification), impact sur les récifs coralliens et autres organismes sensibles au pH. |
| T° de la surface de la mer | Stratification thermique forte ; circulation changée, impact sur les récifs coralliens et mortalité, Migration d'espèces vers le pôle, plus de développement des algues. |
| Niveau Mer | Inondation, dommages liés aux tempêtes, érosion, intrusion saline, élévation de l'eau, problèmes de drainage, perte de zones humides. |
| intensité des tempêtes | Niveaux extrêmes + hauts, vagues + hautes, érosion épisodique + forte, dommages, risques d'inondation- destruction de défenses |
| Fréquence de tempêtes | Déferlement, vagues de tempêtes. Conditions alternées de houle, Modèles d'érosion accrétion changés – Réorientation des Plages |
| Ruissellement | Risques d'inondation + sédimentation et problème d'apport de nutriments |

1.4.3. Seuils dans le comportement des systèmes côtiers

Les réponses à toutes ces influences sont complexes et non linéaires. Quant les processus sont équilibrés, la côte adopte une situation d'équilibre (Transport *versus* apport de sédiments ou remise en mouvement). Les tempêtes peuvent introduire un changement brutal. Le changement climatique et l'ENM affectent la mobilisation, le transport et le dépôt de sédiments.

Des changements peuvent survenir quand des seuils sont dépassés. Tant que l'ENM est lente, l'équilibre entre apport et ajustement peut être maintenu, notamment si une lagune ou une zone humide adjacente se comble à la même vitesse. L'accroissement d'ENM affecte l'équilibre qui ne peut être maintenu, surtout dans le cas où l'apport en sédiments est limité.

Le dépassement d'un seuil peut initier un processus irréversible de creusement et d'autres réponses géomorphologiques suivent l'inondation. Il est donc difficile de distinguer la variabilité naturelle et l'impact durable du changement climatique.

Pour chaque mer, le seuil critique a une valeur spécifique dépendant de l'hydrodynamique et des caractéristiques sédimentaires régionales et locales, d'où l'importance de déterminer ces seuils pour aider les aménageurs à concevoir une protection efficace.

Par ailleurs, il est difficile de distinguer la variabilité naturelle et l'impact durable du changement climatique :

- La concentration de CO₂ et son absorption par la mer expliquent la baisse du pH de 0,1 unité depuis 1750, mais cela n'a pas d'effet à ce jour, sur les côtes (GIEC, 2007),
- l'effet de l'augmentation d'intensité des cyclones tropicaux n'est pas encore cerné,
- l'augmentation de 0,6° C depuis 1950, de la température de la surface de la mer a commencé à avoir des effets, mais quels sont les changements plus brutaux que cela peut avoir, suite au dépassement de seuils d'adaptation biologique ? La perte d'écosystèmes, particulièrement, la menace claire pour les récifs coralliens, du fait notamment de l'élévation de température de l'eau : peu d'études ont quantifié sans ambiguïté les relations entre ces pertes, le CC et l'ENM.
- l'érosion des littoraux a une relation directe avec l'ENM, mais aussi avec la subsidence et d'autres moteurs de changements d'origine humaine. Le plus difficile est de distinguer ces diverses influences.

1.5. Tendances futures

Sur le plan économique et social, les quatre familles de scénarios prévus et de leur effet d'émission de gaz à effet de serre (GES) permettent d'envisager des tendances variées en ce qui concerne le littoral.

1.5.1. Les scénarios d'émission et leurs projections sur le climat

Les modèles de circulation générale (GIEC, 2007), bâtis selon quatre scénarios principaux socio-économiques, c'est-à-dire quatre séquences différenciées en termes d'émissions de GES, donnent des gammes de réchauffement allant de 1,1 à 6,4°C d'ici l'an 2100, et donc des gammes variées en termes d'impact sur le littoral, à travers le réchauffement de l'eau de mer, les changements de sa chimie et de sa dynamique et l'élévation plus ou moins accélérée du niveau de la mer.

- Scénario A1 : Il prévoit une croissance rapide, avec poursuite de l'augmentation de population jusqu'en 2050, suivie d'un début de déclin. Des technologies efficaces sont rapidement introduites, dans un contexte de convergence entre régions, cultures et sociétés et un renforcement des capacités humaines. Ce scénario se décompose en 3 variantes :

- ✓ la première basée sur les énergies fossiles (AIFI),
- ✓ la seconde sur des énergies alternatives (A1T),
- ✓ et la 3ème sur un équilibre entre diverses sources d'énergie (A1B).

On peut ainsi résumer ce scénario :

- ✓ Croissance économique très rapide;
 - ✓ Pic démographique vers 2050 puis déclin;
 - ✓ Introduction rapide de nouvelles technologies;
 - ✓ Réduction importante des différences régionales dans le revenu par habitant;
 - ✓ Renforcement des interactions culturelles et sociales.
- Scénario A2 : Il se conçoit dans un monde plus hétérogène, avec recherche d'un développement orienté régionalement, de la préservation des identités locales et où la démographie continue de croître, même après 2050.
 - ✓ Monde très hétérogène et développement économique régional;
 - ✓ Recherche de l'autosuffisance;
 - ✓ Préservation des identités locales;
 - ✓ Accroissement continu de la population mondiale;
 - ✓ Croissance économique par habitant et évolution technologique plus lentes.
 - Scénario B1 : Il propose un monde de convergence, comparable à celui du scénario A1, mais avec plus d'efforts pour l'introduction de technologies propres, plus d'efficacité dans l'utilisation des ressources, plus de développement humain et de recherche de l'équité sociale, mais sans initiatives particulières pour la gestion du climat.
 - ✓ Pic de population en 2050 puis déclin;
 - ✓ Changements économiques rapides, économies de services et d'information;
 - ✓ Introduction de technologies propres;
 - ✓ Utilisation durable des ressources; et équité accrue entre les nations;

- Scénario B2 : L'accent est placé sur les solutions locales dans la recherche de la viabilité. On obtiendra alors un certain maintien de la croissance de population, des niveaux intermédiaires de développement, un développement technologique moins avancé que dans A1 et B1, mais dans une orientation conservatoire des ressources et équitable sur le plan social.
 - ✓ Solutions locales concernant la viabilité économique, sociale et environnementale;
 - ✓ Accroissement continu de la population mais à rythme moins élevé;
 - ✓ Différents niveaux de développement économique;
 - ✓ Évolution technologique moins rapide;
 - ✓ Protection de l'environnement et équité sociale aux niveaux local et régional.

Tableau : Projection d'indicateurs, selon les scénarios socio économiques (GIEC, 2007)

| | A1 | A2 | B1 | B2 |
|---------------------------------|-------------------|-----------|------------------|----------|
| Population côtière ⁹ | 1,8-2,4 | 3,2-5,2 | 1,8-2,4 | 2,3-3,4 |
| Subsidence (par pompage) | oui | | non | |
| Aménagt Bas. verst | Forte réduction | Réduction | Faible réduction | |
| Agriculture | Accroissement imp | | Faible accroist | |
| Infrastructure | + Large | Large | Faible | + Faible |
| Ind. Extractive | Large | | Faible | |
| Réponse/Adaptation | Réactive | | Proactive | |
| Aménagt Risques | Faible priorité | | Haute priorité | |
| Conservation d'habitats | Faible priorité | | Haute priorité | |
| Croissance Tourisme | Plus forte | Imp. | imp. | + faible |

⁹ Population côtière, à < de 100 km de la mer, et à < 100 m attitude.

Tableau : Moyennes projetées pour la fin du 21e siècle, selon les scénarios (GIEC, 2007)

| | B1¹⁰ | B2 | A1B¹¹ | A1 T¹² | A2 | A1 F1¹³ |
|--|------------------------|-----------|-------------------------|--------------------------|-----------|---------------------------|
| pH (en 2000 : 8,1) | 8 | 7,9 | 7,9 | 7,9 | 7,8 | 7,7 |
| Élévation de T° de surface de la mer par rapport à 1980-99 | 1,5 | - | 2,2 | - | 2,6 | - |
| ENM (m) par rapport à 1980-99 | 0,28 | 0,32 | 0,35 | 0,33 | 0,37 | 0,43 |

La subsidence des terres, pour des causes naturelles ou humaines, va accentuer le phénomène d'élévation relative du niveau de la mer (Bird, 2000), dans les deltas et les grandes villes côtières. Là l'effet sera significatif, (Dixon et al., 2006, Ericsson et al., 2006) car on aura le cumul des effets des niveaux extrêmes, celui des changements des caractéristiques de tempêtes (tropicales et extra tropicales) à celui plus général de l'ENM.

La cyclogenèse renforcée est en relation avec l'élévation de température de la surface en mer. Mais ses caractéristiques et le nombre de répétitions de situations cycloniques ne sont pas certains. Les phénomènes de ruissellement ne sont pas certains, non plus, sur les modèles.

La montée des eaux marines, consécutive à la fonte des glaciers et à la dilatation des masses d'eau de surface des océans, aura des impacts très forts sur la circulation océanique, elle-même en interaction avec le climat terrestre. L'augmentation globale de la température de l'océan aura d'ailleurs des effets multiplicateurs sur la modification du climat.

L'augmentation du niveau de la mer de 2,4 à 3,8 mm/an sera-t-elle une valeur ayant une tendance sur le long terme ? De nouvelles estimations pensent à plus d'un mètre d'ENM d'ici 2100, avec l'accélération de la fonte du Groenland. La contraction continue de la

¹⁰ B1 produit les émissions les + basses et donc la moindre élévation de température et la moindre ENM

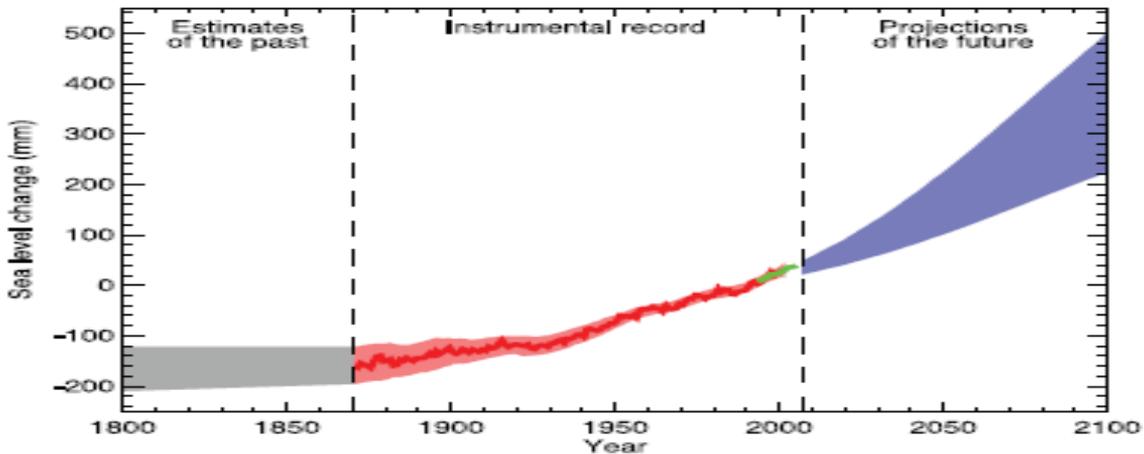
¹¹ A1B énergies fossiles équilibrées par l'utilisation d'autres énergies alternatives

¹² A1T sans énergies fossiles

¹³ A1F1 Energies fossiles intensément utilisées, produit les émissions les + fortes et donc la plus forte hausse de température.

calotte du Groenland permettra la poursuite de l'ENM après 2100.

Graphique 9 : Séries chronologiques de la moyenne mondiale du niveau de la mer (par rapport à la Moyenne 1980-1999)¹⁴



Source : GIEC

La circulation thermo-haline de l'Atlantique nord ralentira au 21^e s. La valeur moyenne estimée de cette réduction est de 25% pour le scénario d'émission A1B. Malgré cela, il y aura augmentation des températures en Atlantique avec le réchauffement.

Si le forçage radiatif est stabilisé en 2100, la seule dilatation thermique donnera une ENM de 0,3 à 0,8 m par rapport à 1990. Cela continuera pendant des siècles (temps pour transporter la chaleur en profondeur).

Il y aura accentuation de la perte de glace avec la température ; ce recul de la glace sera plus important que l'effet des gains liés aux précipitations. En masse, le bilan sera donc négatif. Si ce bilan est maintenu sur des millénaires, il y aura disparition complète de la calotte du Groenland, ce qui donnera + 7 m d'ENM (valeur de l'interglaciaire Riss-Würm, il y a 125 000 ans).

La calotte autarchique restera trop froide pour subir une fonte étendue en surface ; son extension sera même accrue à cause de chutes de neige plus abondantes. Mais il y aura perte nette en masse, du fait de l'écoulement dynamique et la chute de glace en mer.

¹⁴ Le gris indique l'incertitude dans l'estimation. La ligne rouge est une reconstruction de la moyenne mondiale du niveau de la mer à partir de marégraphes. La ligne verte indique la moyenne mondiale du niveau de la mer observée par les satellites altimétriques. Le bleu représente la gamme de modèles de projections pour le 21^{ème} siècle, par rapport à la moyenne de 1980 à 1999 (GIEC 2007) ; la gamme va de 0,28 à 0,43m d'élévation liée au changement climatique.

La poursuite de la déglaciation des calottes glaciaires va causer des inondations très importantes. On devra alors subir le coût élevé du déplacement des populations et des activités. Il y aura également une grande probabilité de ralentissement de la circulation thermo- haline avec ce que cela produira comme changements dans la productivité des écosystèmes marins et des capacités de pêche ainsi que d'absorption de CO₂ par la mer.

Avec l'exacerbation du réchauffement, les possibilités d'adaptation deviennent de plus en plus limitées et les coûts augmentent. De nombreuses contraintes politiques, économiques et sociales entraveront l'adaptation. D'autre part, la vulnérabilité au changement climatique augmentera si les pressions s'accroissent (facteurs de stress), ex. de la pollution.

Alors que le GIEC prévoyait, dans son rapport de 2007, une augmentation du niveau des mers de 18 à 59 centimètres d'ici 2100, de nouvelles estimations prévoient que cette augmentation pourrait bien être de plus d'un mètre¹⁵. L'élévation accélérée du niveau de la mer pourrait avoir des impacts risquant de compromettre certains des potentiels économiques les plus significatifs des zones côtières, et d'avoir des répercussions négatives sur les investissements économiques, le bien-être des populations et les équilibres écologiques. L'élévation du niveau de la mer, par la consommation d'espace, amènera à intensifier la pression sur le restant des zones côtières, particulièrement dans les régions où les activités humaines se sont fortement concentrées, réduisant ainsi les conditions d'adaptation.

L'adaptation pour les régions côtières sera plus difficile dans les pays en voie de développement que dans les pays développés, à cause des contraintes pesant sur la capacité d'adaptation.

1.5.2. Impacts et vulnérabilité futurs

Réponses physiques (Morphologie côtière)

La plupart des côtes sableuses ont reculé au 20^{ème} siècle (Bird, 1985) et l'ENM se trouve être l'une des causes de ce recul. Plus de la moitié des côtes du Mississippi et du Texas ont été érodées, avec un recul moyen de 3,1 à 2,6 m/an depuis les années 70. En Louisiane, ce rythme est de 12 m/an et au Nigeria de 30 m/an localement.

¹⁵ C'est le scénario présagé par Stefan Rahmstorf, professeur à l'Institut Postdam pour la recherche sur l'impact climatique, dans le cas où les émissions de GES continuent leur augmentation. D'autre part, la fonte de la glace au Groenland s'est accélérée au cours des dix dernières années, indique le chercheur Konrad Steffen, de l'Institut Coopératif pour la recherche dans les sciences environnementales à l'Université du Colorado à Boulder.

L'accélération de l'ENM va exacerber ces retraits, mais la réponse locale dépend du bilan de sédiments. Selon le modèle de Brunn (1962), le retrait de la côte est 50 à 200 fois la valeur de l'ENM, mais l'application automatique de ce modèle est controversée. Avec l'ENM, les estuaires et lagunes doivent maintenir leur équilibre en relevant leur lit ; ces terres basses vont constituer des puits pour le sable venant des côtes ouvertes, ce qui accroît encore plus fortement l'érosion. Il n'y a donc pas une relation simple entre le retrait et l'ENM.

Les falaises de roches dures ont une résistance relative, alors que les falaises de roches tendres vont enregistrer un retrait plus rapide dans le futur. Ce retrait sera amplifié par le relèvement de la nappe phréatique (Pierre et Lahousse, 2006). Cependant ces retraits sont épisodiques. Dans les deltas, la morphogenèse est liée à la combinaison de processus fluviaux, de marée et de vagues.

L'élévation du niveau de l'océan mondial aura, comme évoqué précédemment, aussi un impact économique et social colossal. Les pertes en terres liées à une élévation de 1 m du niveau de la mer sont évaluées à 1% de la superficie totale de l'Égypte, 6 % dans le cas des Pays Bas et beaucoup plus dans certains pays affectés par les inondations ou la subsidence.

Changements chimiques et biologiques marins

Ils sont associés au réchauffement des eaux, au changement dans la couverture de glace, dans le taux d'oxygène et la circulation marine. Le changement climatique aura des incidences à la fois bénéfiques et néfastes sur la richesse écologique du milieu marin. Vu sous l'angle de l'élévation des températures à la surface des océans, des effets néfastes se sentiront aux niveaux des récifs coralliens.

Par ailleurs, les écosystèmes côtiers sont affectés par les maladies et la toxicité, dans le nouveau contexte de pH, de température de l'eau, du vent, de salinité et des toxines dues aux activités humaines.

Des changements dans les populations de poissons, vont être associés aux oscillations climatiques. En effet, des facteurs climatiques affectent les éléments biotiques et abiotiques qui influent sur le nombre et la répartition des poissons. Les changements climatiques pourraient aussi influencer sur les chaînes alimentaires, en particulier celles qui incluent les mammifères marins

Les marais salins et les zones humides côtières seront affectés par l'ENM surtout là où la zone humide est bloquée du côté intérieur. À l'échelle mondiale, environ 20% des terres humides côtières pourraient disparaître d'ici 2080 en raison de l'élévation du niveau de la mer, avec des variations régionales importantes.

Les incidences de l'élévation du niveau de la mer sur les écosystèmes côtiers (marécages, herbiers marins, etc.) dépendront des processus d'érosion marine et de dépôt d'origine terrestre. En effet, le rythme d'accumulation dans les marécages ne suffira pas forcément pour contrebalancer l'élévation relative du niveau de la mer et créera donc de nouvelles conditions écologiques.

La disponibilité des sédiments, alliée à l'élévation des températures et à l'augmentation de la profondeur de l'eau aura des effets néfastes sur les fonctions productives et physiologiques des herbiers marins. Dans les estuaires et lagunes, on remarquera un accroissement de salinité et une élévation du plan d'eau et donc des changements dans la distribution biologique de la flore et de la faune, à cause des conditions nouvelles de mélange eau salée / douce. La température peut aussi influencer sur la production d'algues.

Les herbiers marins se réduisent partout du fait de l'impact humain et le CC va accélérer cela. Mais on notera à l'inverse, que plus de HCO_3 dans l'eau va augmenter la photosynthèse et on aura vraisemblablement des accroissements de la biomasse.

En hautes latitudes on notera des variations importantes dans les aires de distribution et l'abondance d'algues, de poisson, de plancton ainsi que des migrations de poissons plus précoces dans les rivières.

Les effets de l'acidification ne sont pas encore suffisamment étudiés. L'acidification aura un effet négatif sur les organismes coquilliers (coraux) et les espèces qui en dépendent. Les coraux sont vulnérables au stress thermique et ont une faible capacité d'adaptation. Pour 1 à 3° en plus, on enregistrera une augmentation de fréquence des blanchiments de coraux et une mortalité accrue.

On constate plus sûrement un effet du réchauffement sur les systèmes physiques et biologiques. L'ENM cause des pertes de zones humides côtières et des inondations côtières, avec dépassement de la résilience de beaucoup d'écosystèmes au 21e siècle, du fait de l'association de facteurs. Mais on ne discerne pas toujours les effets du CC de ceux de l'augmentation de pression humaine et de la surexploitation.

Pour 1,5 à 2,5° d'augmentation de la température, en plus de la croissance de la pression de CO_2 , des changements importants seront enregistrés dans la structure et la fonction des écosystèmes, notamment des interactions entre espèces et leur aire de répartition et des conséquences négatives en terme de biodiversité et de services fournis par les écosystèmes.

Les déplacements des stocks de poissons, déjà affaiblis par la surexploitation, du fait de la pêche industrielle, mais aussi à cause du déplacement de leurs stocks de nourriture - plancton et autres poissons - conséquences directes de modification des paramètres écologiques marins, vont s'accroître.

Les espèces qui ne pourront ni s'adapter ni migrer sont, à plus ou moins court terme, vouées à l'extinction, ce qui constitue une perte de biodiversité et une diminution de ressources vitales pour l'homme que ce soit d'un point de vue alimentaire, économique ou social. La combinaison de la surpêche, du réchauffement climatique et de la pollution en provenance de la terre, pourrait à plus ou moins brève échéance transformer bien des régions océaniques en « désert biologique ».

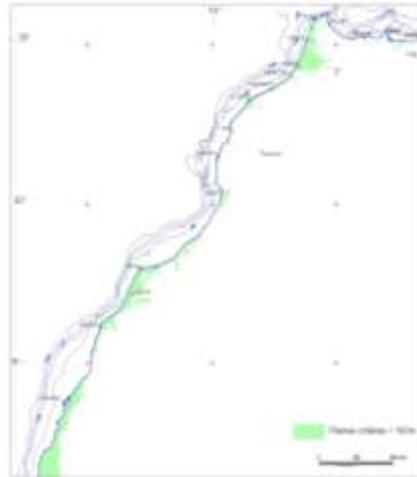
Impacts liés à la fréquence / intensité des événements

L'augmentation de l'intensité des cyclones tropicaux dans l'Atlantique nord depuis 1970 est à corréliser avec l'augmentation de température de la surface de la mer sous les tropiques, mais il est difficile de trancher complètement compte tenu de la pertinence de cette corrélation au vu de l'absence d'observations satellitaires avant 1970. Il n'y a donc pas de tendance claire. Vraisemblablement les futurs cyclones deviendront plus intenses et avec eux les tempêtes responsables d'inondations et de phénomènes d'érosion.

2. Ressources et vulnérabilité du littoral marocain

Au nord-ouest du continent africain, le Maroc présente une façade méditerranéenne de près de 550 km de long et une façade atlantique qui s'étend sur près de 3000 km, du Cap Spartel au Cap Blanc, entre les 36^{ème} et 21^{ème} parallèles nord. Le littoral marocain comprend, selon la définition extensive, environ 66.000 km² d'eaux territoriales et 1,1 Mkm² de zone économique maritime exclusive.

Graphique 10 : Configuration de la côte, des basses plaines et de la plateforme continentale



Dans ce travail, la définition du littoral sera limitée à la zone de contact terre-mer et d'interaction entre effets marins et continentaux. Cet espace représente une ressource précieuse et limitée parce qu'il correspond à cette étroite zone de contact entre le domaine continental et le monde sous-marin. Toute occupation abusive aboutit à la consommation définitive de cette ressource, sans possibilité de reproduction. Par contre l'exploitation rationnelle et légère permet à cet espace de se perpétuer sans perdre de sa qualité. C'est cette ressource rare que l'on peut voir se dégrader ou même se perdre du fait du changement climatique.

La côte représente un patrimoine inégalable, avec des paysages précieux, des sites d'intérêt biologique et des sites d'intérêt historique et archéologique. Elle comporte des richesses naturelles physiques et biologiques, dont certaines sont irremplaçables ou du moins à gérer convenablement et rationnellement, dans un but de durabilité.

Plusieurs composantes principales constituent ce patrimoine. La mer est un patrimoine varié (Secrétariat d'Etat à l'environnement, 1998 ; RDH50, 2005) qui comporte une flore et une faune originales (le cortège floristique est composé essentiellement d'algues et de formations à halophytes ; la faune marine, encore incomplètement répertoriée, compte de nombreuses espèces connues, des sites naturels divers et un patrimoine édifié par l'homme. Le phénomène d'upwelling - remontées d'eau froide riche en plancton, particulièrement intenses en été - est à la base de la richesse biologique des côtes atlantiques qui comptent parmi les plus poissonneuses du monde.

Le littoral est composé de plusieurs types de formes de modelé et d'habitats : frange côtière proprement dite, lagunes, estuaires, îles, plages et falaises littorales. La frange intertidale, les lagunes et les milieux humides adjacents hébergent une faune extrêmement diversifiée, dont une avifaune côtière, particulièrement riche, englobant les oiseaux marins.

2.1. Caractéristiques générales du littoral marocain

2.1.1. Le climat du littoral

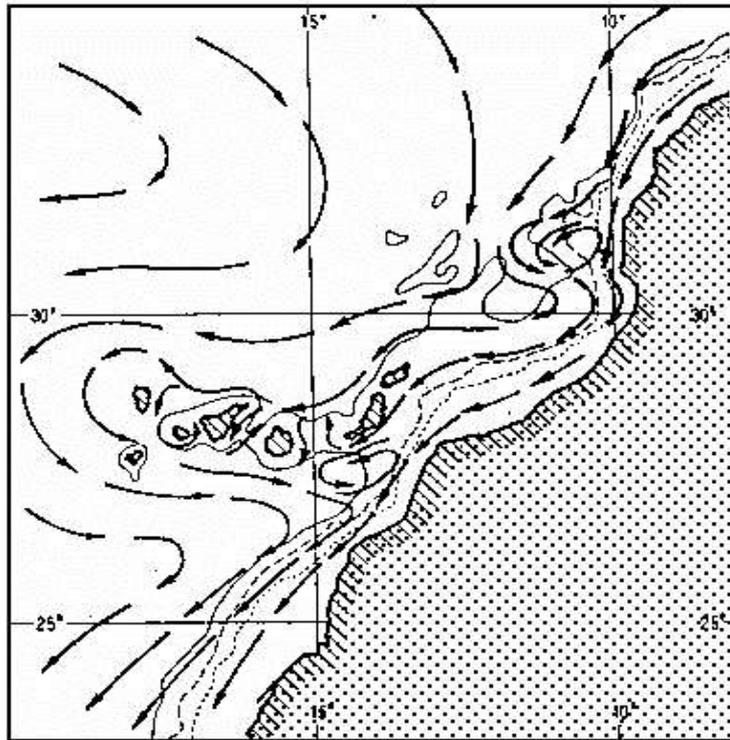
Le climat du littoral est de caractère méditerranéen, tempéré à chaud avec un été chaud et sec et un hiver relativement doux et pluvieux, du moins, dans sa section non saharienne. L'upwelling atlantique et la brise marine ont une influence notable sur la température de l'air : la température maximale se trouve abaissée et la température minimale rehaussée ce qui se traduit par une faible valeur de l'amplitude thermique qui, dans certains cas, ne dépasse pas 6°C (Essaouira).

2.1.2. Les eaux marines

Les masses d'eaux marines ont des caractéristiques différentes, selon qu'elles appartiennent au domaine méditerranéen ou atlantique, la confrontation entre ces deux masses, se faisant au niveau du détroit. Les eaux méditerranéennes sont plus chaudes (25°C en été) et plus salées (38,5 g/l) que les eaux atlantiques. Cette différence de densité, renforcée par une différence de niveau entre ces deux masses d'eaux, entraîne, au niveau du détroit de Gibraltar, un appel d'eau océanique superficielle qui gagne la Méditerranée. Un contre courant profond transportant l'eau de la Méditerranée vers l'Atlantique compense le courant de surface. Dans leur progression vers l'est, les eaux atlantiques pénétrant en Méditerranée longent les côtes marocaines et sont à l'origine d'un échange de faune et de flore important sur la façade méditerranéenne du Maroc.

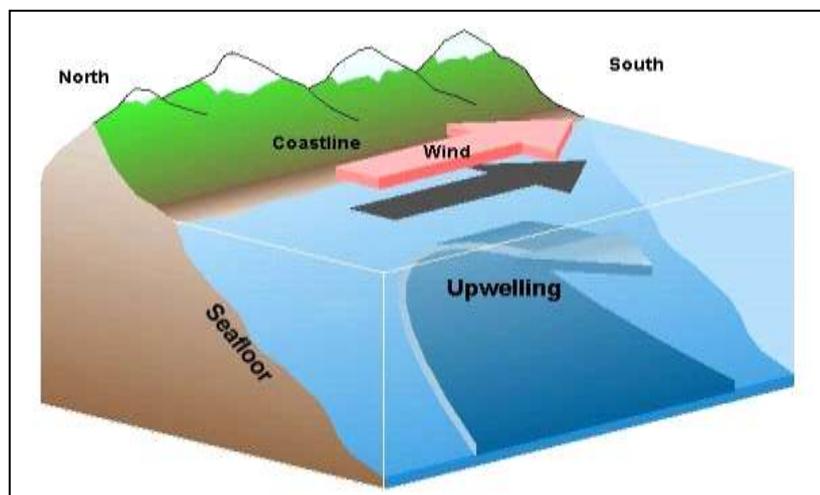
Dans l'océan atlantique, les eaux originaires de l'Atlantique nord-central, se dirigent vers le sud-est et se subdivisent en plusieurs branches. L'une d'entre elles, connue sous le nom de courant des Canaries, longe la côte marocaine. La température de surface y varie, selon les saisons, de 15 à 23°C le long des côtes. Les eaux sud-atlantiques, plus chaudes et moins salées, remontent le long des côtes du Sénégal et de Mauritanie et sont confrontées aux eaux nord-atlantiques dans la région de la péninsule de Cap Blanc où elles forment un front de mélange ; un contre courant sub-superficiel permet à ces eaux de remonter jusqu'au 25ème parallèle, entre Boujdour et Dakhla.

Graphique 11 : Carte du système des Canaries sur la côte marocaine



Sous l'influence des Alizés (secteurs nord à nord-est) et de la rotation de la terre, plusieurs régions de la côte marocaine sont affectées par des remontées d'eaux froides profondes dénommées "upwelling". Ces eaux, dont l'origine se situe entre 100 et 300 mètres de profondeur, ont une température nettement inférieure à celle des eaux de surface. Elles ramènent près de la surface des eaux riches en éléments nutritifs qui sont à l'origine d'une production primaire intense.

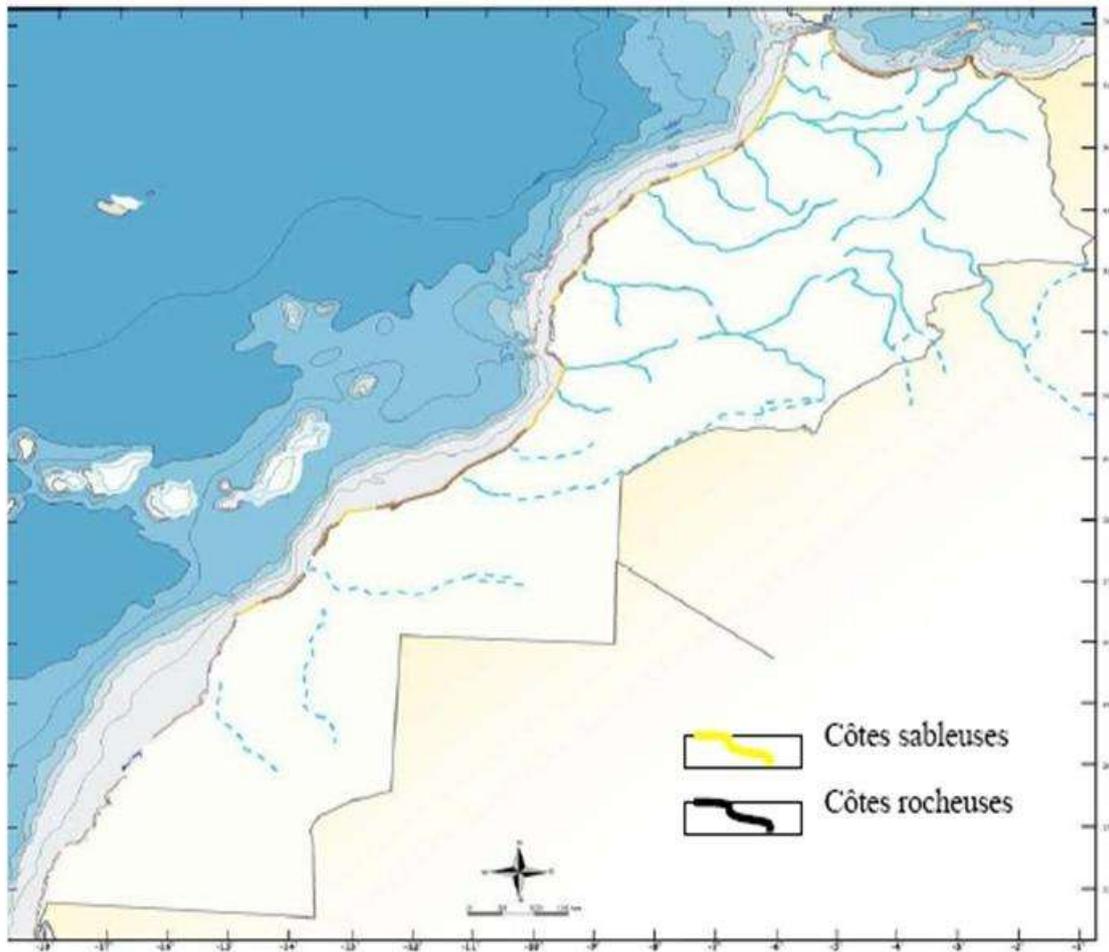
Graphique 12 : Présentation schématique du phénomène d'upwelling



2.1.3. Le rivage

Le littoral marocain est dominé par quatre principales formes: les plages sableuses, attractives pour le tourisme balnéaire, les côtes rocheuses à falaises, à attrait paysager élevé, les côtes rocheuses formées de platiers plus ou moins réguliers et les zones humides, souvent classées en Sites d'intérêt Biologique et Ecologique (SIBE) car elles recèlent une faune et une flore très diversifiées.

Graphique 13 : Cotes rocheuses et plages du Maroc



La côte marocaine est relativement rectiligne hormis quelques caps proéminents en Méditerranée. La longueur totale de la côte n'est d'ailleurs que de 3500 km, à peu près équivalente à l'extension linéaire du rivage, du fait de la faiblesse des indentations, de la faible profondeur des golfes et de la rareté des îlots pré-littoraux. Elle présente quelques baies largement ouvertes (Al Hoceima, Tanger, Azemmour, Essaouira, Agadir, Cintra) ; seule la baie de Dakhla est relativement fermée.

Le Maroc possède trois façades maritimes : la Méditerranée, le détroit de Gibraltar et l'océan Atlantique. Chacune se caractérise par une morphologie et une dynamique particulières et offre des potentialités d'occupation humaine qui lui sont propres et qui sont définies par la nature géomorphologique du rivage, son tracé, son profil transversal, par le relief continental et sous-marin qui frangent ce rivage et par la dynamique marine du secteur, notamment l'agitation de la mer, la force des courants et leur direction.

De ce fait, le littoral marocain représente un environnement fragile, face à l'action marine et en équilibre instable. Dans de nombreux secteurs, des falaises sont modelées dans des roches tendres (marnes et schistes du Rif) ou faiblement cimentées (calcarénites de la meseta atlantique et du Sahara, superficiellement encroûtées, mais restées friables en profondeur). Les risques de rupture sont évidemment très grands.

Les secteurs de plage sont dominés par des falaises mortes, sculptées en roche dure et donc inaptes à fournir le stock nécessaire à l'engraissement côtier. Dans les zones où le littoral est constitué de dunes vives, la recolonisation végétale est souvent malaisée pour des raisons climatiques, alors que la constance et la vigueur de certains vents, de secteur ouest ou de secteur nord-est réactivent rapidement les constructions dunaires en voie de fixation.

La vulnérabilité de la côte a été accentuée par le phénomène de littoralisation et d'urbanisation côtière avec notamment la constitution de méga-villes littorales. Cela a pour conséquence l'extension de la pression sur le terrain littoral et sur les ressources marines. Des conflits entre usages et une compétition entre secteurs d'implantations représentent actuellement une donnée fondamentale et une problématique sérieuse pour l'aménagement.

La menace d'une rupture de cet équilibre est permanente. C'est le cas des plages où d'importants investissements ont été consentis pour la promotion touristique et balnéaire. L'ablation du sable de la plage suivie par l'affleurement d'écueils rocheux (exemple de la plage des sables d'or au sud-ouest de Rabat) ou l'attaque directe des constructions édifiées sur le haut de plages (exemple de la baie de Tanger ou de Mohammedia) constituent des cas de dégradation difficilement réversible.

Dans les ports, le risque d'ensablement est non moins dangereux car celui-ci entraîne la réduction de la capacité d'accueil et l'augmentation des frais de maintien et d'exploitation. C'est le cas dans les ports de Saïdia, de Kabila et d'Asilah.

La dynamique littorale est basée sur un système d'échange continu entre les terres émergées et le milieu marin, cet échange se faisant dans les deux sens. Les continents fournissent à la mer des matériaux sous différentes formes (solutions, et particules grossières ou en suspension). L'énergie des eaux marines prélève, en plus de ces apports continentaux, des matériaux directement érodés sur la ligne côtière. Ces matériaux sont redistribués vers la mer, ou repoussés sur le littoral, parfois repris par le vent et amenés plus ou moins loin à l'intérieur des terres.

Deux types de tendances peuvent être distingués :

- une tendance à l'érosion littorale par recul du trait de côte,
- ou au contraire une tendance à l'engraissement, sous l'effet de l'accumulation de matériaux de progradation sur le littoral.

Le long du littoral marocain, les exemples relevés de recul de la côte et d'ablation du sable des plages semblent être plus fréquents, même si les cas d'ensablement ne sont pas rares.

Le littoral marocain compte quelques 300 km de plages, dont 174 fréquentables. Peu d'informations exhaustives sont disponibles concernant l'importance de l'érosion côtière. Les études du Ministère de l'Équipement (1993-94), ont montré que, sur les 47 plages recensées sur la côte méditerranéenne, 7 avaient déjà disparu et 16 étaient dans un état de dégradation très avancé. Les travaux de recherche montrent que le phénomène touche d'autres plages et s'accroît dans celles déjà érodées, car souvent les mesures entreprises n'ont pas eu d'effet notable.

Les deux tiers des plages du Maroc seraient en érosion. Pratiquement toute la côte méditerranéenne est concernée par ce phénomène. Les régions les plus touchées sont les extrémités ouest (Tétouan, Mdiq, Restinga-Smir) et est (Nador, Saidia) ainsi que le centre nord (Al Hoceima, Cala Iris), et la partie orientale de la baie de Tanger.

Les falaises, notamment celles qui longent certains secteurs littoraux de la façade atlantique, montrent de nombreux entailles et éboulements de blocs, qui ont déjà entraîné un recul important du trait de côte à certains endroits, témoignant ainsi de l'importance de l'action marine. On ne dispose pas de valeurs quantifiées de ce recul, mais les falaises du littoral de Rabat et de Salé, et celles entre Jorf Lasfar et Oualidia sont celles dont le paysage est le plus représentatif de ce phénomène.

La ligne de rivage s'établit selon un tracé particulier en fonction de la dynamique en cours. Chaque portion du littoral est dépendante des secteurs environnants parce que la côte est le lieu d'échanges latéraux importants, de matériaux véhiculés par des courants côtiers et notamment la dérive littorale. La tendance générale est souvent une tendance à la régularisation par entraînement des matériaux issus d'un point donné fournisseur, vers des zones dont les fournitures sont moindres. Dans les situations stables, la redistribution est réalisée selon un bilan conservant à chaque secteur un "budget" équilibré.

Deux séries de causes peuvent intervenir pour transformer la tendance globale d'évolution des côtes :

- des causes naturelles ou indirectement influencées par l'action humaine; il s'agit de modifications à long terme (relèvement général du niveau des mers lié au changement climatique) ou de la succession, au cours d'une saison, d'événements météorologiques particuliers par leur violence (magnitude) et leur faible fréquence (tempêtes exceptionnelles par exemple);
- des causes en relation directe avec une explication anthropique, agissant soit sur les échanges transversaux entre le continent et la mer, soit sur les échanges longitudinaux perturbant le transit latéral des matériaux.

La succession d'évènements caractérisés par une violence particulière des tempêtes entraîne l'attaque des littoraux et l'entraînement de matériaux vers le large. Les études semblent d'ailleurs montrer, comme évoqué précédemment, une accentuation de la fréquence et de la force des tempêtes dans les dernières décennies.

Le relèvement du niveau de la mer du fait du changement climatique, entre autres, agit sur la dynamique côtière. La valeur moyenne avancée par certains auteurs (1 à 1,7 mm/an)¹⁶ serait suffisante pour expliquer la tendance générale à l'érosion des côtes, notamment les plages et les basses falaises en matériel non consolidé.

En plus du danger d'immersion des côtes très basses (deltas, basses vallées littorales, marais), le relèvement amène une exagération de l'attaque érosive des rivages et donc leur recul.

¹⁶ Donnée tirée des projections d'ENM, traitées dans la première partie

La mise en place de barrages-réservoirs sur les grands fleuves a favorisé la rétention d'une grosse partie des sédiments qui normalement atteignaient la mer. Les barrages retiennent surtout la charge de fond des rivières (matériaux transportés par saltation et charriage). La localisation des barrages joue un rôle fondamental; en effet plus la retenue est proche du trait de côte, plus le déficit côtier en matériaux de provenance fluviale est accusé. Il se trouve qu'au Maroc la plupart des grands barrages, ont été implantés en montagne ou au débouché de l'oued en plaine, ce qui a moins d'impact sur le bilan sédimentaire côtier. Néanmoins, plusieurs fleuves ont enregistré la construction de barrages secondaires en aval, très près du débouché, pour empêcher la remontée des eaux salines lors des courants de flot ; c'est le cas sur le Sebou et le Loukkos. Le Bouregreg a aussi son barrage, Sidi Mohammed Ben Abdellah (SMBA), très près du rivage. L'Oum Rbia a deux barrages secondaires dans les Doukkala.

L'homme transforme aussi l'échange transversal, en agissant directement sur le milieu côtier, notamment en consolidant les matériaux susceptibles de fournir à l'érosion marine les sédiments équilibrant le budget littoral. La construction de routes en corniche et l'urbanisation de la dune bordière ou même de la plage elle-même empêchent la mer de prélever¹⁷ sur ces milieux les matériaux susceptibles d'alimenter le bas de plage. L'action marine se concentre alors sur la plage elle-même, la fait reculer ou du moins en transforme la composition granulométrique, par prélèvement des sables fins et abandon sur place des sables grossiers.

L'appauvrissement du bilan est exagéré par l'homme, partout où des sables sont prélevés dans les plages ou les dunes bordières. En effet, les sables côtiers sont souvent naturellement bien triés par les vagues et constituent pour cela d'excellents matériaux de construction, fortement recherchés. La rareté de ce matériel et son prix élevé ont souvent conduit à son prélèvement illégal dans le domaine côtier, au détriment de la stabilité du rivage. Cela contribue donc à exagérer l'action érosive de la houle et des courants côtiers à cause de la réduction du potentiel sédimentaire capable de maintenir l'équilibre. L'exemple est rapporté des multiples noyades enregistrées à Mehdiya, du fait de la vente de sable prélevé sur le haut de plage en hiver, à laquelle a succédé la formation de grosses cuvettes d'érosion, par érosion sur le bas de plage, et qui sont d'ailleurs très dangereuses pour les nageurs isolés.

¹⁷ Ce que la mer arrivait à réaliser en cas de tempête, au détriment de la dune bordière et du haut de plage

Le pays est un immense chantier de construction et d'infrastructures ; le sable devient donc un produit stratégique (15 millions de m³ consommés en 2005¹⁸, et 20 millions de m³ en 2010 selon des sources non vérifiées). Les principales ressources de sable surexploitées au Maroc sont les plages et les dunes littorales. Les plages de Tamaris dans la région de Casablanca, Houara et Ghandori à Tanger, et les dunes bordières des régions de Chlihet et de Lemnassra à Kenitra, d'Oualidia dans la région de Safi et de Sidi Bou Kssibat à Larache ont été fortement dégradées. La poursuite de l'exploitation excessive de ces plages et dunes risque de les faire disparaître complètement, de défigurer le paysage littoral et de provoquer l'avancée de la mer par rapport au continent. Les études d'évaluation des besoins de sable et les études environnementales sur l'état de dégradation avancée du littoral ont démontré l'incapacité des sables des dunes et plages à supporter cette situation. La solution à présent consiste à se tourner vers le sable marin, à prélever, loin sur la plateforme, en cherchant la façon la plus viable, aux points de vue économique et écologique, pour résoudre le problème de pénurie de sable et protéger les plages et le littoral de la surexploitation¹⁹.

Le marché du sable est dominé par l'informel, qui ne respecte pas les règles élémentaires de protection de l'environnement. L'exploitation abusive menace les écosystèmes littoraux et conduit inexorablement à la dégradation des plages.

En aménageant des obstacles perpendiculaires au trait de côte, l'homme agit aussi sur les transferts latéraux de matières. Des atterrissements ont lieu contre les jetées qui freinent le courant, alors qu'au-delà, les portions du littoral, privées des matériaux qui leur parvenaient, connaissent le démaigrissement et le recul.

La côte tétouanaise au nord des falaises de Koudiet Taïfor offre notamment l'exemple d'un littoral régularisé, mais où l'établissement des trois ports de M'diq, Kabila et Smir, a été à l'origine d'une transformation du système de transfert des sables; c'est pourquoi se succèdent des secteurs d'érosion et des milieux d'accumulation.

Ces déséquilibres compromettent l'aménagement lui-même et menacent la ressource "littoral" dans son fondement en gommant pratiquement des rivages équilibrés et d'une rare qualité sur le plan esthétique. Le littoral devient alors une zone dangereuse et inexploitable pour les loisirs. Cette dynamique est difficilement contrôlable et exige de gros moyens pour la réduire sur le plan local ; mais ce qui se gagne en un point, peut représenter une perte pour les sections voisines.

¹⁸ Projet d'audit intégral du littoral marocain, Direction de l'Aménagement du Territoire, 2006

¹⁹ Cette solution n'est pas indemne de dangers, car elle prélève sur un stock qu'utilisent les courants et la houle pour réalimenter le rivage.

L'homme agit enfin en polluant les littoraux et les estuaires. La côte est le lieu où débouchent les eaux fluviales et les eaux de nappes phréatiques que l'homme a souvent fortement polluées. Les villes côtières et de nombreuses industries déversent directement leurs eaux usées en mer, sans traitement. L'activité maritime, notamment à proximité des ports, contribue aussi à la pollution des eaux (déballastage des navires notamment). Des nuisances dangereuses pour l'activité biologique végétale et animale et pour la santé de l'homme affectent de plus en plus le milieu littoral et en rendent l'exploitation de plus en plus difficile en réduisant notamment les potentialités de loisirs. C'est avant tout à proximité des grandes villes de la côte atlantique (Rabat - Mohammedia - Casablanca) que ces phénomènes atteignent des ampleurs significatives alors que la pollution est moins accusée à l'intervalle de ces lieux de concentration humaine et industrielle. Le tourisme se développe surtout à proximité des agglomérations urbaines; l'effet de la pollution n'en est donc que plus dangereux. Là où de gros centres de loisirs s'implantent, loin des villes et des industries, l'absence de précautions relatives aux rejets d'eaux usées et l'accumulation des déchets, constituent un risque de pollution grave, notamment lors de la haute saison touristique.

La pollution qui menace le littoral s'explique aussi par des raisons externes. Le cas du Maroc est pour cela préoccupant du fait de sa proximité des grandes voies de passage des principales lignes maritimes de transport des hydrocarbures (20% environ du tonnage total mondial des cargaisons pétrolières transitent par la Méditerranée venant des pays producteurs du Moyen Orient et se dirigeant vers les pays consommateurs d'Europe et d'Amérique.

L'accident survenu au pétrolier Kharg 5 et la marée noire qui en a résulté (mais qui heureusement n'a pas eu d'impact négatif) a bien mis en évidence cette vulnérabilité du littoral marocain.

2.2. Vulnérabilité en terme de morphologie et de dynamique côtière

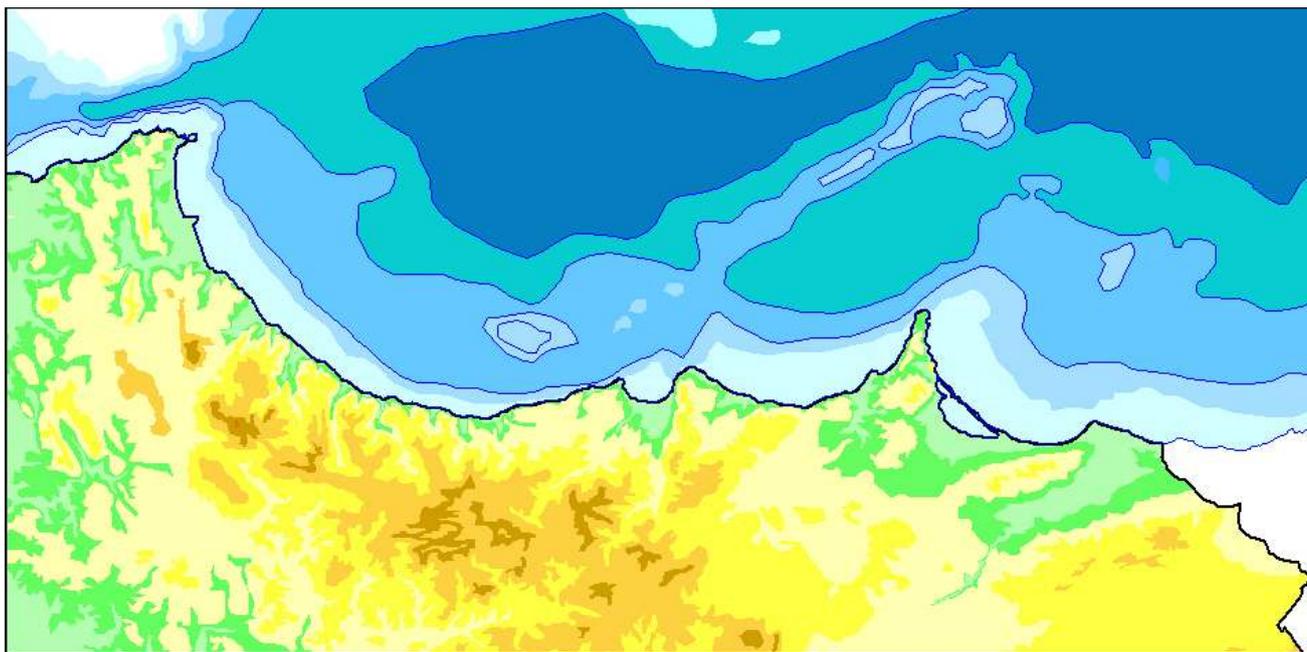
2.2.1. La côte méditerranéenne

La côte méditerranéenne correspond au rivage d'une montagne qui, pratiquement domine la mer, sauf aux endroits où s'intercalent de petites plaines littorales limitées par un cordon marin et dunaire. C'est ce qui explique la différenciation entre les côtes découpées en falaises de la chaîne rifaine et les côtes plus souvent basses et sableuses, des deux extrémités Ouest et Est de la montagne, à partir du Cap Mazari vers le nord, jusqu'à Sebta ou de Nador en direction de la frontière algérienne.

En termes de géométrie, la côte se présente sous la forme de trois grandes concavités de dimensions variables :

- A partir de la plage de Saïdia à l'Est, la première concavité longue d'environ 80 km se poursuit jusqu'au promontoire du Cap des Trois Fourches. Dans cette portion, les zones les plus vulnérables sont la plage de Saïdia et le cordon littoral étendu sur 24 km, séparant la mer de la lagune de Nador.
- La seconde concavité de dimension comparable à la précédente, mais plus montagneuse, s'étend au delà du Cap des Trois Fourches, jusqu'à Ras Tarf et la baie d'Al Hoceima.
- Concernant la troisième, la côte se dessine, jusqu'à Sebta, en une large concavité très ouverte où elle change progressivement d'une direction est-ouest à une direction sud-nord entre Mdiq et Fnidek. L'ensemble de la côte est une succession de falaises qui alternent avec des plages de petites dimensions, sauf au droit de Tétouan.

Graphique 14 : La côte méditerranéenne du Maroc



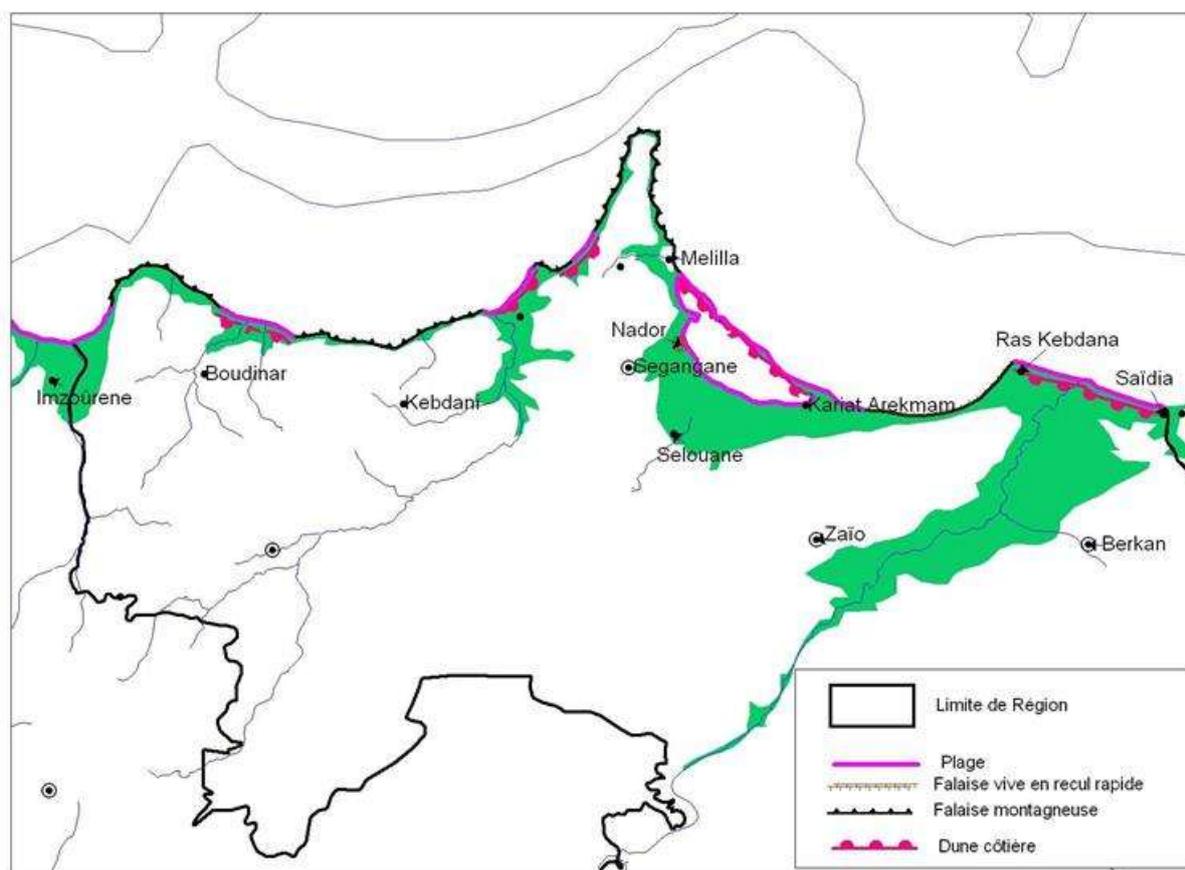
La côte méditerranéenne sinueuse comporte quelques petites baies (Tétouan-Smir, Al Hoceima, Bou Arg et Saïdia) où des rivières ont pu donner lieu à de petites plaines alluviales, voire à quelques lagunes. Les baies de Bou Arg et de Saïdia comportent les plus grands espaces plats et les plus grandes zones humides de la côte méditerranéenne.

La mer ne connaît ni courants forts ni haute barre; la marée semi-diurne n'a qu'une faible amplitude (0,8 à 1 m) ; un courant fréquent de dérive littorale prend une direction sud-nord dans la région de Tétouan.

La mer d'Alboran se caractérise dans sa partie ouest par une accumulation d'eau superficielle, alors que vers l'est, dans une zone de divergence vers le nord et le sud, les eaux sont plus froides et plus nutritives. La grande richesse planctonique s'explique par la faible importance du plateau continental. La zone de richesse principale se situe à l'est d'Al Hoceïma, avec concentration autour du Cap de 3 Fourches.

La côte du Maroc oriental

Graphique 15 : La côte de la région orientale



Saïdia, Ras Al Ma et Kariat Arekmane sont les plus importantes plages et représentent un linéaire de plus de 30 km connaissant un début de mise en valeur qui comporte, compte tenu des modes d'aménagement, des risques de dégradation de l'environnement (destruction du couvert végétal, construction de rangées de villas directement sur la dune, implantation des équipements d'animation commerciale directement sur la plage, difficultés d'assainissement ...).

Ces stations balnéaires étaient pour l'essentiel orientées vers la satisfaction de la demande régionale et nationale. Leur rythme d'évolution était intimement lié aux marocains résidant à l'étranger. Depuis peu, la perspective d'un tourisme international et les investissements importants qui ont été réalisés ont complètement changé la donne. Les ressources côtières de la région sont devenues beaucoup plus précieuses eu égard aux investissements consentis. Le risque de dégradation lié au changement climatique devient donc plus prononcé.

Depuis la construction des barrages à l'amont, les apports sont de plus en plus piégés par les barrages et le delta connaît un net recul. Ce manque d'apports sédimentaires a influencé l'évolution du delta et du littoral.

L'évolution morphologique est liée, en premier lieu, à la dynamique météo-marine et à la dynamique fluviale de l'oued Moulouya en tant qu'artère principale drainant un bassin versant de presque 53.000 km² dont l'apport en éléments fins fût toujours très considérable (avant la mise en place des barrages Mechra Hamadi en 1956 et plus à l'amont celui de Mohammed V en 1967, et plus récemment le barrage Hassan II sur l'oued Za en 1996).

Pour évaluer l'évolution du littoral, nous avons exploité les photographies aériennes allant de 1958 à 1995, des images satellitaires de 1993, de 2000, et de 2001 en plus des relevés sur le terrain au cours des années 1998, 1999, 2000, 2001, 2002 et 2003.

- Les plages de Saïdia – Ras el Ma

Depuis la frontière et jusqu'à Ras El Ma, il s'agit de larges plages sableuses ininterrompues sur les deux rives du débouché de la Moulouya ; la côte est particulièrement rectiligne, bordée vers l'intérieur par d'importantes accumulations dunaires, fixées par le couvert végétal, mais d'une grande fragilité, du fait de la forte pression sur ces milieux (Laouina, 1987 a & b).

Graphique 16 : Les menaces pesant sur le littoral du Sareg de Saïdia à Ras El Ma (au moment de la prise d'image, le projet touristique est un chantier en cours de réalisation)



✓ Constitution de la plage et aspects de vulnérabilité

La zone littorale de la plaine des Triffa est une bande de terrains bas, naturellement fragiles (Laouina, 1987a & b). Le Cap de l'Eau (Ras Kebdana), à l'extrémité occidentale protège la plage de Saïdia des houles de Nord Ouest. Ceci n'empêche pas la plage de connaître actuellement une tendance à l'érosion des sables. Le changement climatique ne fera qu'exagérer des dynamiques déjà enclenchées.

Différentes accumulations sableuses de modelé dunaire constituent un stock sableux instable, sujet à la déflation éolienne et à l'érosion marine et que toute exploitation imprudente aboutirait à déstabiliser de manière durable. Les dunes avaient été plantées par des eucalyptus et des acacias il y a maintenant plusieurs dizaines d'années. Par ailleurs, depuis la mise en œuvre du projet de protection du SIBE de la Moulouya, des efforts importants de fixation des dunes ont été entrepris.

Toutefois, cette zone est actuellement soumise à une forte pression par le développement du tourisme balnéaire et l'urbanisation; la conservation de bandes végétales suffisamment denses et larges, à l'intervalle des terrains occupés, devait représenter une condition de stabilité fondamentale qui, malheureusement, n'a pas été respectée.

La zone supérieure de la plage est constituée de dunes parallèles à la côte (dernière génération de dunes). En hiver, lors des grands vents, se construisent quelques dunes paraboliques, significatives d'une certaine instabilité. Le piétinement régulier et anarchique représente un risque supplémentaire que des sentiers fixes de promenade auraient permis d'éviter.

Toutes les études ont recommandé d'interdire l'exploitation du sable car cela accélérerait l'érosion marine, déjà perceptible. Ces études ont aussi recommandé que l'occupation du domaine public maritime soit proscrite et que les installations touristiques se placent loin en arrière, pour permettre la poursuite de l'échange sédimentaire continent/mer et pour prévenir l'amaigrissement de la plage. La largeur de l'estran est de 7 à 10 m avec une faible pente vers le haut de plage ; dessus s'observent des figures de courant, signe de la mobilisation des sables lorsque fonctionne la dérive littorale.

Des ouvertures naturelles ont été conservées. La zone du delta de la Moulouya constitue le milieu le plus favorable car il est le plus spectaculaire et le plus varié. Le delta est en évolution permanente, en raison des transformations que le cours de l'oued et son débit ont subies. Il a connu récemment un important déplacement de son tracé qui peut avoir un impact important sur l'équilibre des plages de la région et sur le fonctionnement du port de pêche proche de Ras Kabdana. Celui-ci enregistre un ensablement de son entrée du fait du transit de sables avec la dérive.

Des signes de déficit du stock sableux sur le rivage, du fait de la construction des barrages sur la Moulouya, commencent à être visibles sur les dunes et les plages (Moulis, 2004). La présence de microfalaises sur les berges constitue également des signes d'érosion côtière. Plusieurs brèches interrompant le cordon dunaire, seraient directement liées à la fréquentation par les touristes ou les excursionnistes qui sillonnent les dunes à pied mais aussi avec des engins motorisés.

Aujourd'hui, l'important développement touristique et urbanistique modifiera totalement et durablement cette région côtière, tant sur le plan socio-économique qu'environnemental et paysager.

Du fait de la construction du port de plaisance de Saïdia, le déficit en sédiments est vraisemblablement lié à l'interruption de la dérive littorale, ce qu'attestent, d'ailleurs, les accumulations de sable à l'Ouest des digues portuaires et l'ensablement précoce du port.

Graphique 17 : Débouché du delta de la Moulouya en évolution constante ; des plages menacées



- ✓ Effets des aménagements sur l'évolution du littoral de la baie de Saïdia

Une analyse diachronique a été réalisée par l'étude du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (Snoussi, 2006). Elle repose sur la comparaison de quatre missions aériennes échelonnées de 1958 à 2004, à l'échelle du 1/20000. Le littoral de la rive gauche de la Moulouya a connu une progradation de 2,09 mètres par an, en relation avec la destruction du delta et la redistribution de ses matériaux par la dérive littorale provenant de l'Est. La rive droite de la Moulouya a enregistré un retrait rapide pouvant atteindre 11,89 mètres par an, lié principalement à l'installation des barrages²⁰.

Le littoral de la baie de Saïdia a fait l'objet de nombreux aménagements : deux ports, celui de Cap de l'Eau, à 7 km à l'Ouest de l'embouchure de la Moulouya et celui de Saïdia, à 5 km à l'Est de l'embouchure. Le port de Cap de l'Eau construit en 1983, avec une entrée orientée vers l'Est, est soumis à un ensablement important. Le port et le Cap jouent un rôle d'obstacle pour les transits sédimentaires en provenance de l'oued Moulouya.

²⁰ Cette côte du delta de la Moulouya a connu de multiples phases de reprofilage avec changement de tracé.

Graphique 18 : La dynamique au niveau de Cap de l'Eau



La construction du port de plaisance de Saïdia a démarré en 1998 et s'est achevée en 2002. L'entrée est orientée vers l'Ouest, face à des transits liés à une dérive de sens Ouest-Est. L'entrée du port de Saïdia s'est donc trouvée ensablée avant même que le port ne soit fonctionnel.

L'espace touristique aménagé recouvre 713 hectares. Les aménagements effectués ont exploité les sables des plages et des dunes côtières pour ses constructions (fabrication de béton), ce qui met encore plus en danger cette zone littorale, notamment en cas de tempête exceptionnelle (Bouabdallah & Larue, 2009).

Graphique 19 : Le port de Saïdia et la zone du projet touristique (à la date de lancement)



- A partir du redan de Cap de l'Eau

La côte dans cette zone est plus variée; elle s'organise en un grand arc de cercle à l'est du Cap des Trois Fourches qui voit se succéder des falaises vives et découpées par de profondes vallées, taillées parfois sur 70 m de hauteur dans un matériel terreux rouge, sur 30 km le long du piémont des Kebdana.

Les accumulations dunaires actives de Ras Kebdana correspondent à de grosses quantités de sable accumulées durant plusieurs épisodes d'ensablement; les cordons sont alignés ouest-nord-ouest/est-sud-est et séparés par des couloirs dont certains fonctionnent en dayas. Ces sables sont fréquemment remis en mouvement. L'utilisation de ce secteur doit être très prudente pour éviter la remise en mouvement des sables dans ce milieu assez aride et peu protégé par la végétation. Mais cet espace ne sera que peu affecté par le relèvement du niveau marin, du fait de sa configuration en falaises.

Les falaises vives des monts des Kebdana s'étirent sur 30 km d'un arc de côte sapé par la mer; les falaises vives représentent la limite nord de plateaux de piémont construits dans des produits détritiques rubéfiés et sont profondément entaillées par des oueds courts descendant de la montagne. A cause de la cohérence des produits détritiques, la falaise semble conserver un profil vertical, avant de s'ébouler par pans entiers lors des tempêtes ; les fines sont exportées au loin par les vagues et les courants alors que s'accumulent des galets et graviers aux débouchés des oueds (petits deltas).

La faible stabilité des falaises représente un risque sérieux pour toute installation, d'autant plus que l'estran est très étroit. Ces falaises sont fortement menacées par la remontée du niveau de la mer et risquent de connaître des épisodes d'évolution catastrophique lors des tempêtes.

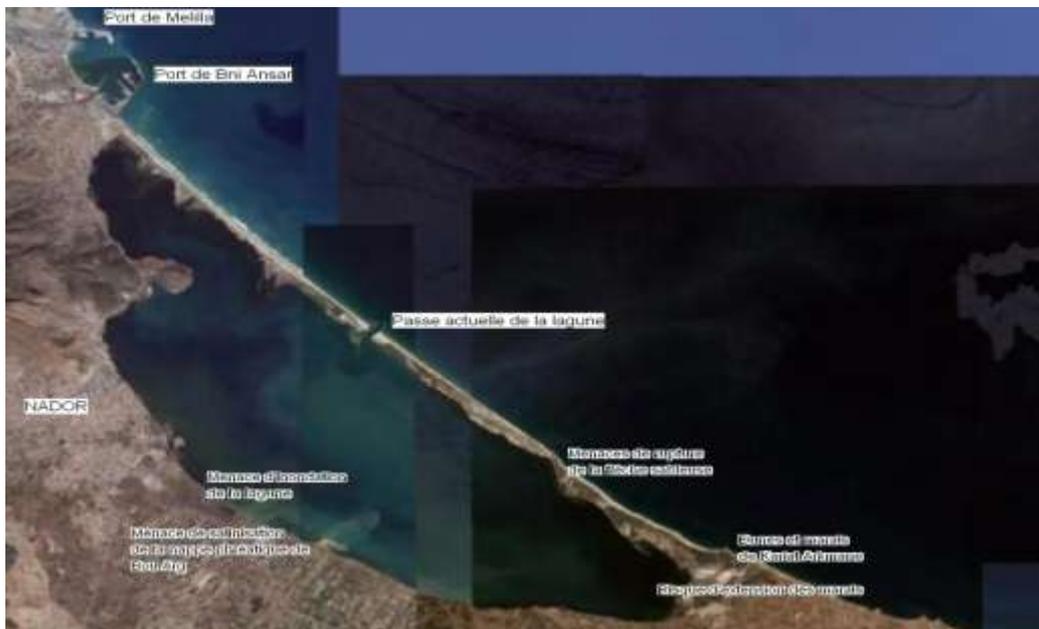
Graphique 20 : Zone de passage des falaises Kebdana aux sables et marais de Bou Arg



- La côte de la plaine de Bou Arg

Une étroite flèche sableuse isole la lagune de Bou Arg, entre Kariat Arkmane et Nador, dans un secteur nettement subsident. L'essentiel des problèmes de cette région découle de l'extension rapide de la ville. La pollution représente la menace fondamentale. Mais l'évolution des conditions physico-chimiques et, par voie de conséquence, écologiques, du au changement climatique, risque de renforcer la vulnérabilité de ce milieu très sensible, avec notamment le risque de submersion des basses terres et de changements par rupture du cordon littoral.

Graphique 21 : Impacts prévisibles de l'ENM sur la lagune de Nador



La région comprend outre les collines environnantes, des plans inclinés surplombant la lagune. La dérive littorale de nord-ouest avait édifié un cordon littoral de galets et de sables que recouvrent des dunes vives de 8-10m, isolant ainsi un espace lagunaire long de 25 km sur 7 km et plus de 100 km² de superficie.. La passe a souvent changé de localisation et a été maintenue ouverte en permanence par des dragages. Récemment une nouvelle passe a été creusée en raison du défi que cela représente pour l'aquaculture de Nador.

Sur le rivage, la houle forte de secteur nord-est est peu fréquente et atteint exceptionnellement un maximum de 7m. Le solde de transport littoral semble nul dans la région. Mais le relèvement de la mer peut créer des situations d'instabilité inattendues.

- Le littoral montagneux bordant le Rif oriental

Le littoral rifain avec des formes rocheuses et des falaises vives est un milieu instable sur le plan sismique qui a tendance à s'exhausser ; c'est pourquoi l'ENM n'y a de prise que sur les minuscules plaines de débouché des torrents issus de la montagne. Mais de nombreux sites instables, avec risques d'éboulement doivent être traités soigneusement. Ce littoral est beaucoup plus sauvage en raison de son enclavement. Les petites plages qui séparent de vastes secteurs de falaises sont rarement visitées et le littoral ne semble pas participer réellement à l'économie de ces régions. Seul un écotourisme intégrant les deux composantes montagne et littoral est envisageable. La réalisation de la rocade rifaine a désenclavé ce territoire.

Sur les deux flancs de la péninsule du Cap des Trois Fourches, la côte escarpée, parfois pittoresque, est échancrée par de petites criques où s'abritent de petites plages. La côte orientale est formée de hautes falaises vives; à l'ouest, des terrasses marines, couvertes d'éolianites, dominant de basses criques abritées; au sud de Dchar Rana, la côte basse est dominée par un versant de solifluxion très instable; des sections de falaises, aux roches volcaniques noires s'individualisent au sud-ouest de la péninsule. Les risques de déstabilisation des escarpements sont importants. Les routes doivent être réalisées avec beaucoup de précaution. Les possibilités touristiques existent mais ne doivent pas concerner une activité de masse.

Boukane, plage de Bni Ançar, est l'espace de redéploiement de la population citadine (Nador et Mlilia). La commune a mis en place un projet de lotissement et d'aménagement touristique, mais les contraintes de développement sont davantage liées à l'activité de pêche artisanale, d'aquaculture et portuaire, en plus de la localisation de quelques industries. La proximité des deux centres urbains et des activités qu'ils génèrent réduisent la qualité même de la fonction estivale de cet espace.

Le secteur du Cap des Trois Fourches est quasi inaccessible ; c'est pourquoi il est essentiellement visité par les habitants de Mlilia. Il s'agit là d'un des secteurs les plus intéressants (avec possibilités de développement de la pêche sous marine). Le niveau de sa mise en valeur se réduit à quelques unités de résidences précaires louées aux touristes, en provenance de l'Espagne, et à quelques barques pour l'exercice de l'activité de pêche. Les plages sont, dans l'état actuel de desserte, presque inaccessibles. Il s'agit là d'un des secteurs qui peut constituer l'espace de développement d'un tourisme de luxe national et international.

Les plages d'Oued Kert, Tazarhine et Nakkour comportent les principaux villages de pêche de la zone. La difficulté d'accessibilité et la distance par rapport aux centres urbains les prédisposent, dans une première phase, à constituer les espaces de drainage de la demande locale. Ce secteur connaît aujourd'hui un pillage systématique de sable, compte tenu de la valeur marchande du produit. Le développement de cette activité s'est traduit par le développement, sans précédent, de l'acquisition des tracteurs (servant au transport du sable). Cette tendance rend encore plus menaçante pour ces côtes, le phénomène d'élévation du niveau de la mer.

« Nador West Med » représente un complexe portuaire intégré, industriel, énergétique et commercial qui s'élèvera à la baie de Betoia à 30 Km à l'ouest de la ville de Nador et qui est appelé à devenir le second grand complexe portuaire sur la côte méditerranéenne après Tanger Med. A 30 Km à l'ouest de la ville de Nador, cette baie sur la zone estuaire de l'oued Kert, au niveau de la Pointe noire (Punto negro), connue aussi sous le nom de Chemlala, sera le lieu de la construction progressive d'un complexe portuaire intégré.

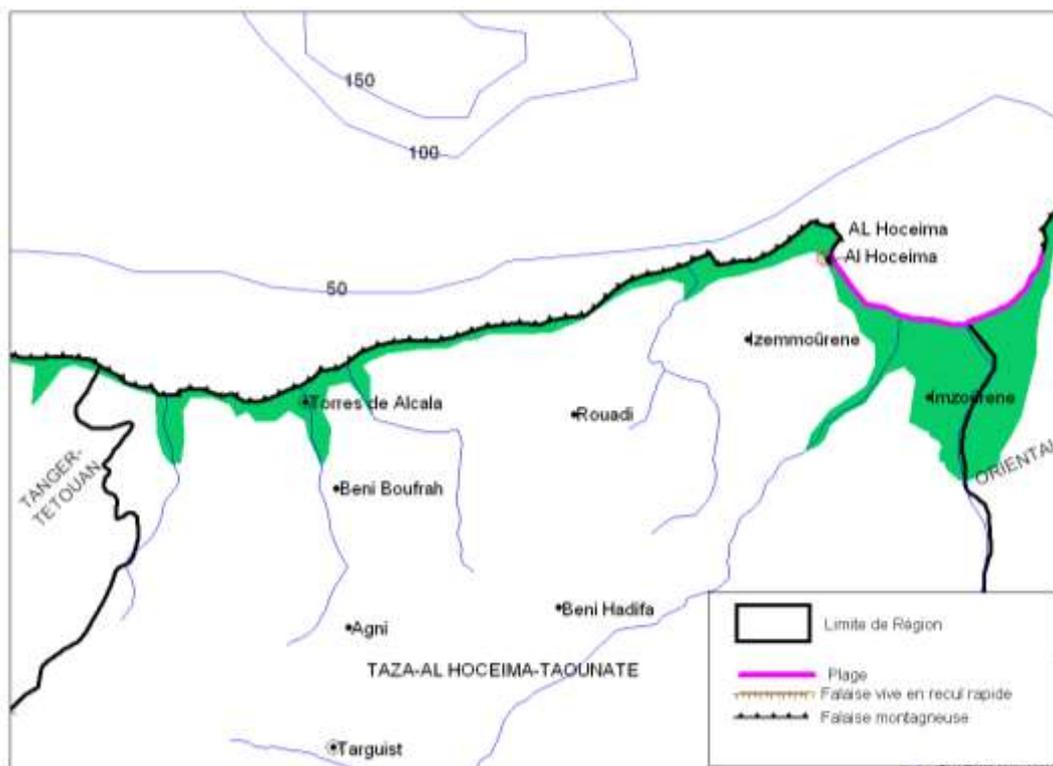
Ce port, à vocation de transit mondial, ne sera fréquenté que par des porte-conteneurs géants de 10.000 à 12.000 boîtes. Selon le projet, le port s'étendra sur 2 km de quais, avec une digue de 3 km de long et un plan d'eau de près de 600 hectares.

A Nador, il est aussi prévu une méga zone de stockage de produits pétroliers destinés à l'export. Cette zone de stockage devrait accueillir près de 20 tankers par mois pour une capacité annuelle pouvant varier entre 3 et 5 millions de tonnes. Ce port d'hydrocarbures, le premier noyau de Nador West Med, sera prêt en 2015. Le complexe comprendra à terme un grand port en eaux profondes, un pôle énergétique (production, conditionnement, stockage), une plate-forme portuaire dotée d'importantes capacités pour le transbordement des conteneurs, l'import-export et le traitement de marchandises et une plateforme industrielle intégrée ouverte aux investisseurs nationaux et étrangers.

Une étude approfondie d'impact s'impose pour ce méga-projet, pour identifier les effets que ces réalisations auront sur la dynamique littorale ; cette étude devra intégrer l'interférence de ces dynamiques avec l'effet du changement climatique.

La côte rifaine (région Al Hoceïma-Taounat-Taza)

Graphique 22 : Littoral de la région Al Hoceïma-Taounat-Taza



La côte du Rif central s'étire de l'oued Nekor à l'oued Lao sur 150 km. Elle est dominée par des collines et des falaises abruptes n'isolant que de petites plages de galets au débouché des vallées. La falaise vive peut atteindre 140 m.

L'estran est généralement réduit, sauf localement, où on peut voir le développement d'un cordon littoral. La côte se prolonge par un plateau continental très étroit ne dépassant pas 18,5 km de large, limité par l'isobathe 120 m. Le fond est accidenté et dégage des reliefs rocheux. La morphologie du plateau méditerranéen est marquée essentiellement par la ride d'Alboran.

Le massif des Bokoya à l'Ouest d'Al Hoceïma domine la mer méditerranéenne par des escarpements de falaises hautes, taillées dans les calcaires mésozoïques. Cette côte, très instable, est marquée par des mouvements superficiels d'éboulements, ou localement de phénomènes de solifluxion en interaction avec le ravinement.

Le climat régional est marqué par des précipitations annuelles faibles et marquées par une diminution notable d'ouest en est, le long de la côte méditerranéenne. Elles passent de 700 mm à Cap Mazari au nord de Tétouan à moins de 250 mm dans la vallée de Nekor à l'est des Bokoya. Pourtant, les glissements de terrain sont des phénomènes presque ordinaires sur le littoral méditerranéen de la montagne rifaine.

Le massif calcaro-dolomitique des Bokoya est marqué par des falaises à éboulements et glissements. Sikha Asfalou, qui est situé dans le massif des Bokoya entre les deux villages Torrès et Badis, est un exemple de cette dynamique (El Fellah & al.). Ce glissement est engendré par le recoupement de deux failles normales. Il présente une rupture principale de plusieurs dizaines de mètres de commandement. Son extrémité aval montre une avancée du continent dans la mer.

Les conditions lithologiques et tectoniques combinées à l'abrasion marine et à l'activité sismique récente, expliquent le rôle impressionnant des glissements dans l'évolution de cette portion du littoral méditerranéen. Ce dynamisme représente, dans cette région, un handicap à la réalisation de projets éventuels d'aménagement. Le relèvement du niveau de la mer ne pourra qu'exagérer cette tendance à l'éboulement de pans côtiers.

La côte d'Al Hoceima connaît actuellement l'édification de nombreux projets :

- des infrastructures immobilières (complexe Chafarina Beach sur la plage de TharaYousef et un édifice sur la plage de Matadero),
- l'aménagement de la corniche Temachthine – Irmoud - TaharaYousef.

Ces infrastructures sont implantées trop près du trait de côte. Ce qui explique les dégâts qui sont apparus juste après la forte tempête enregistrée fin 2009-début 2010. Des fissures ont été observées au bas de corniche, en plus de la destruction de quelques installations de la plage (toilette..). On a également observé l'érosion totale des sables de la plage de Timchthine et la diminution alarmante du sable de la plage de Thara Youseff.

Ces destructions ont été provoquées par les fortes vagues qui ont accompagné le mauvais temps. La présence d'édifices en haut de plage est la première cause. La construction de murs de défense en haut de plage, intervient aussi, car elle fait que les vagues viennent déferler sur cet obstacle lors des fortes tempêtes, ce qui est en mesure de renforcer la turbulence de la nappe de retrait déblayant le sable du bas de plage.

- ✓ Enfin, le profil se termine par un cordon littoral et dunaire rectiligne, limité à une centaine de mètres de largeur et lié à la régularisation opérée par le courant de dérive. Ce milieu est le plus urbanisé et le plus convoité par l'expansion touristique et où s'implantent les ports et marinas de plaisance. C'est un milieu fortement menacé, d'abord par la sur-occupation, ensuite par la rupture de l'équilibre de son bilan dynamique et sédimentaire.

Le tourisme a été choisi comme moyen de développement de la région nord du Maroc, et de la côte tétouanaise notamment, dès les années 60 (Berriane, 1992). De 1965 à 1973, on enregistre l'intervention continue de l'Etat avec des incitations au secteur privé et un investissement direct ; c'est l'époque du développement du tourisme international dans des stations installées ex-nihilo entre Tétouan et Sebta et à Tanger. Cet aménagement volontaire visait essentiellement à offrir des moyens à une région en difficultés liées au marasme économique. Dès le plan triennal 1965–67, le tourisme s'est érigé comme secteur prioritaire. Les pouvoirs publics se sont investis à encourager cette activité par différents moyens (crédits, exonérations, investissements directs, infrastructures).

Trois stations voient le jour, Cabo negro, Mdiq et Restinga. Ces stations devaient d'abord répondre aux besoins du tourisme de groupe (villages de vacances, composés d'appartements, bungalows et chalets), autour de plages privatisées. Les implantations prennent une allure linéaire sur le littoral, à l'écart des centres préexistants, Martil notamment. Le fonctionnement des villages de vacances est celui de clubs privés fermés, organisant des excursions programmées peu ouvertes sur le pays et la société. Ils sont donc peu intégrés à la région et souvent sans réel impact sur elle (peu d'emplois locaux, peu d'achats dans la région). De 1973 à 1983, les investissements baissent et le tourisme étranger recule fortement. Le repli s'explique par l'orientation de la demande vers le sud du Maroc (littoral fonctionnel toute l'année). Les investissements se réduisent et de plus en plus, les équipements réalisés sont vendus à des particuliers. A partir de 1980, on enregistre une progression forte du tourisme national et la reprise des aménagements, mais avec un caractère plus immobilier.

Cette date correspond à la mise en vente d'appartements et de chalets à des nationaux. Ce remplacement de clientèle amène des changements sur le plan des aménagements (Berriane, 1994).

Les équipements réalisés pour le tourisme international vont faciliter l'installation d'un tourisme national massif. Depuis, de nombreux établissements ont été créés, avec de nouveaux modèles d'hébergement essentiellement résidentiel et privatif. La proportion occupée par les villages de vacances va par contre baisser. La marina et les résidences allant avec, deviennent le modèle le plus représentatif (Marina – Smir, Kabila). De nouveaux promoteurs apparaissent sur le marché, avec en particulier, des sociétés anonymes.

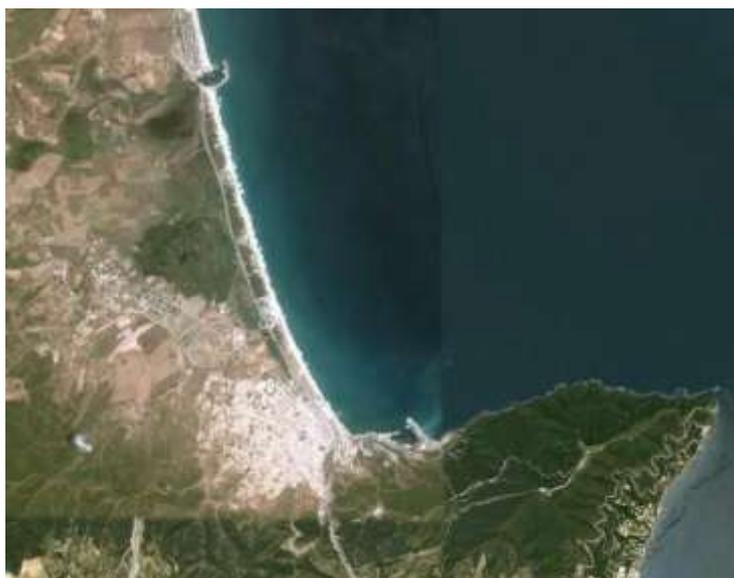
On assiste au glissement progressif de projets à composante touristique de base à de simples opérations immobilières. Tout le front de mer est ainsi en voie de durcissement, accompagnée d'une sélection sociale, alors que l'aménagement en deuxième ligne est rare. La sur-occupation linéaire ne laisse que très peu d'espace aux fenêtres inoccupées, capables de recevoir l'estivant de passage ou le campeur.

La côte méditerranéenne entre Sebta et Cap Mazari est constituée par un cordon marin sableux fermant des plaines mal drainées, de niveau de base, elles-mêmes comblées par des sédiments terrigènes plus ou moins vaseux à l'aval, beaucoup plus grossiers vers l'amont. La dérive littorale a déposé le long du rivage un cordon de sables mélangés quartzeux et bioclastiques, de taille moyenne et fine. Il y a donc naturellement un équilibre réel entre les apports continentaux fluviatiles et la redistribution des sables par la dérive sud-nord, le long du rivage (Berriane & Laouina, Eds, 1993, Laouina, 1999).

Au Nord de la Koudiat Taïfor, la construction des ports de pêche et de plaisance a permis de transformer le système de transfert naturel des sables et à créer des sites d'érosion et des sites d'accumulation.

Le port de pêche de Mdiq, et notamment la jetée de direction nord-ouest/sud-est a contribué à réduire les apports latéraux dans la partie de la plage qui jouxte immédiatement la zone portuaire. Soumise à une active érosion, la plage connaît actuellement un recul important que n'arrêtent pas les murs de soutènement. Cette érosion menace les installations hôtelières et balnéaires de Mdiq. Les sables évacués de cette partie de la plage sont remaniés vers la partie nord, quelques centaines de mètres au-delà; cette partie connaît au contraire un engraissement évident.

Graphique 24 : Le port de Mdiq au pied de Koudiat Taïfor et l'érosion sur sa face nord



Graphique 25 : Le littoral au Nord de Mdiq, les ports de Kabila et de Marina-Smir, l'extrême rareté des fenêtres naturelles



En ce qui concerne la plage et le port de Restinga – Smir (port construit en 1986), les sables les plus fins viennent s'accumuler à proximité de la petite digue. Au Nord du port, les sables sont plus grossiers du fait de l'agitation et du vannage des particules fines. Au sud du port, la largeur de la plage a augmenté. Le courant d'expansion latérale produit un piégeage de sédiments à l'intérieur du port. Au-dessus du haut de plage, le matériel sableux est fréquemment remanié sous forme de dunes plus ou moins vives, car plus ou moins couvertes de végétation.

Ces dunes constituent très souvent un domaine gagné par l'urbanisation puisqu'elles sont situées immédiatement au-dessus des plages; c'est là où sont édifiées les stations balnéaires et notamment la partie en dur de ces stations. Cette urbanisation prive la mer d'un stock que normalement elle utilise lors des tempêtes et qui sert à atténuer la puissance nette des vagues et courants et à réduire leurs effets érosifs.

Là où l'urbanisation n'a pas encore gagné, le piétinement par les baigneurs a souvent contribué à dégrader le couvert végétal et donc permis la remobilisation des sables par le vent.

Le cordon littoral méditerranéen est recouvert par un large cordon dunaire qui ferme la plaine de Martil, le stock de sable redistribué par la dérive littorale est déposé par le vent à proximité du rivage et constitue une large zone dunaire (plus de 300 m). Très tôt, ces dunes instables ont été fixées (plantations d'eucalyptus). La construction de la route en corniche de Martil vers Cabo Negro a constitué le premier pas dans la déstabilisation du cordon dunaire. Les bordures ont été défrichées sur une grande profondeur. Des carrières de sables ont été ouvertes dans ce milieu sensible.

La plage de Martil enregistre un recul généralisé du trait de côte, estimé à 30m, depuis 1981. A partir de 1993, les fonds se sont stabilisés, suite à l'arrêt des extractions. La mer n'atteint la promenade érigée en corniche que de façon exceptionnelle. Par contre, on enregistre un phénomène d'ensablement de cette promenade, dès que la vitesse du vent dépasse les 9 m/s. Les solutions proposées consistent soit dans l'édification d'une dune, soit dans l'installation d'une zone sableuse protégée par des brise-vents en haut de plage.

Dans tous les cas, dans cette côte tétouanaise, le littoral rectiligne connaît des transits transversaux et longitudinaux. Les mouvements sud-nord et nord-sud enregistrent un certain équilibre. En cas de tempête, le haut de plage est érodé et le sable transporté vers les petits fonds ; par contre en régime de houle faible, le haut de plage se reconstitue. Par très mauvais temps (conjonction de marées de vives eaux et de tempêtes exceptionnelles de 100 ans de retour), les grosses vagues arrivent à submerger la plage jusqu'à 4,4 m au dessus du niveau zéro. C'est là un indicateur du risque de submersion du fait du changement climatique.

- La côte du Déroit de Gibraltar

Le déroit est un milieu de dynamisme élevé, avec des vents forts d'ouest et d'est selon les saisons et les situations météorologiques, une marée d'amplitude moyenne et des hauteurs de houle importantes (> 4 m) de nord-ouest et d'ouest-nord-ouest. En raison de l'origine tectonique récente du rivage (grandes failles pliocènes responsables de l'ouverture du déroit), la plateforme continentale est fortement réduite.

La côte est très découpée, directement dominée par la montagne. C'est une côte transversale par rapport aux alignements de reliefs et directement sous l'influence des lois de la lithologie. L'érosion y a découpé de petites plaines littorales bordées par des cordons de galets ou de sables, à l'amont desquels les oueds peuvent être barrés, permettant ainsi le développement de petites lagunes. Seule la baie de Tanger, située au droit d'un vaste complexe de roches tendres (unité de Tanger), acquiert une extension importante aussi bien sur le plan transversal que longitudinal.

Graphique 26 : La baie de Tanger, avec les épis et brise-lames dans sa partie Est



La baie étendue entre Punta Cirrès et Jbel Moussa a été sélectionnée pour abriter le projet du port de Tanger-Méditerranée. Le caractère hydrologique délicat de cette zone impose des travaux techniques majeurs, pour protéger le port, contre l'action marine d'une part et les problèmes de crues et d'érosion continentale d'autre part.

Graphique 27 : Baie de Punta Cirres avant l'édification du port de Tanger-Med



Sur la côte du détroit, la baie de Tanger offre une large concavité tournée vers le nord-nord-ouest, avec une plage de sable qui s'adosse à un pays de collines drainées par de courts oueds (Moghogha, Melaleh et Chatt).

Graphique 28 : La côte érodée au droit de l'hôtel Malabata



La baie a subi de nombreuses modifications depuis 1905 dont notamment l'aménagement du port. Naturellement un équilibre s'établit entre les transferts depuis Marshan vers la baie et ceux engendrés de Malabata vers le sud-ouest. Les aménagements successifs ont visé l'élongation de la jetée principale (1300 m) et ont modifié la propagation de la houle.

L'arrêt du transit vers l'est a induit une forte érosion dans la partie orientale et une forte sédimentation à l'ouest. La prolongation de la grande jetée du port a favorisé l'accumulation des sables contre la jetée transversale, dans la partie occidentale de la baie. Plus à l'est, le courant, privé d'une bonne partie de sa charge, s'est mis à éroder la plage et à s'attaquer aux installations balnéaires et routières. De gros efforts ont été fournis pour protéger le rivage sans gros résultats. Avec l'installation d'épis et de brise-lames, la circulation est ralentie et des sables sont piégés, mais l'érosion s'est accentuée dans la partie centrale de la baie.

2.2.2. La côte atlantique

Elle est caractérisée par l'absence d'indentation importante ; les caps et les redans ne sont néanmoins pas rares (Larache, Jorf Lasfar, Cap Beddouza, Cap Ghir, Tarfaya, Boujdour). Elle montre une large concavité de Tanger à Rabat, une convexité qui s'étend de Rabat à Cap Ghir suivie d'une concavité qui débute avec la baie d'Agadir et se termine au sud par le Cap Tarfaya. Elle est constituée de plages sableuses, de platiers rocheux, de falaises mortes ou vives et de grandes dunes dominant immédiatement la côte. Ces structures sont interrompues au niveau des embouchures d'oueds et de lagunes.

Les plages de sable sont largement représentées au nord de Tan-Tan tandis que le secteur situé plus au sud est plutôt caractérisé par une falaise vive qui tombe plus ou moins directement dans l'océan.

Le littoral atlantique correspond au rivage bordant de bas plateaux, sauf au droit du Haut et de l'Anti-Atlas ; ceci se justifie même dans le Tangérois et la région du Loukkos où le plateau du Habt sert de transition, au pied du Rif ; dans la région de Rabat, le bas plateau atlantique s'abaisse depuis les hauteurs des Zemmour-Zaër ; la côte correspond à une plaine de niveau de base au droit de la région du Gharb et des plaines plus différenciées dans la Chaouïa et les Doukkala. Généralement les reliefs élevés sont donc éloignés de la mer. Mais cela n'empêche pas la présence de longues sections en falaises plus ou moins vives bordant des plateaux et interrompues par des sections de plages.

Le milieu marin est caractérisé par un dynamisme important, avec une houle permanente, de forts courants de marée. La granulométrie des sables de plages montre l'importance du tri, le transport vers le large des sables fins et des produits en suspension, l'importance de l'érosion des falaises et des plages. Les matériaux sont constamment repris par un courant de dérive de direction prédominante nord-sud. Les vents sont forts, avec une dominance des vents d'ouest en hiver et de vents de nord-est en été ; ils expliquent l'importance des remaniements éoliens et le prélèvement de sables sur les plages, l'édification de dunes vives à proximité du haut de plage ; ces dunes vives peuvent recouvrir des dunes plus hautes et plus anciennes, parfois façonnées en falaises. Les cordons marins et dunaires gênent le drainage d'un certain nombre de plaines de niveau de base, notamment la plaine du Gharb, et expliquent la nature marécageuse de ces milieux.

La coupe la plus commune du rivage atlantique est la suivante, notamment dans la région de Rabat : Au-dessus d'un estran rocheux à vasques, inscrit dans des calcarénites plus ou moins anciennes, s'étend une courte plage sableuse, pouvant passer localement à des plages plus étendues dans des zones d'accumulation récente comme la région de Tanger ou de Mehdiya. Le haut de plage est façonné en dunes vives qui gravissent les falaises proches. Parfois la falaise domine directement la mer ; ou du moins elle peut être atteinte lors des tempêtes. Sa hauteur peut atteindre 30 à 50 mètres et est façonnée dans des grès marins ou dunaires plus ou moins consolidés du Pléistocène récent.

Derrière cette dune fixée s'étend l'Oulja, une dépression longiligne plus ou moins drainée et plus ou moins perchée, pouvant atteindre 2 à 3 km de large. Ce n'est qu'à l'arrière de cette dépression que l'on trouve une seconde falaise, plus ancienne, recoupant des grès marins et dunaires quaternaires ou le substratum géologique.

Souvent, la dune littorale peut être interrompue par des passes qu'emprunte la mer pour pénétrer l'Oulja et y constituer des lagunes immergées à marée haute, marécageuses à marée basse. Les implantations humaines se développent sur les plages donnant directement sur la mer, là où elles sont assez étendues, dans l'Oulja et notamment sur les bords des plages développées derrière des îlots du cordon dunaire interrompu, c'est-à-dire dans des sites d'eau calme mais constamment renouvelée, ou même sur les bords de lagunes. Le pied de la falaise morte constitue un autre site d'implantation, car suffisamment bien drainé. Mais beaucoup de secteurs de ce littoral atlantique restent sous-utilisés et peu fréquentés pour des raisons physiques (fréquence du vent, mer trop agitée, relief littoral trop raide) ou à cause de leur éloignement par rapport aux centres urbains et aux grands centres de loisirs.

Nombreux sont les cours d'eau qui se jettent en mer. Parmi eux plusieurs grands fleuves sont permanents, le Sebou et l'Oum-er-Rbiâ notamment. Les autres principaux cours d'eau sont le Loukkos, le Bou Regreg, le Tensift et le Souss. D'autres oueds atlantiques (Massa, Draa), moins importants, sont assez souvent fermés à leurs embouchures par des bouchons sableux, dus à l'action hydrodynamique de l'océan, comme beaucoup d'autres oueds sahariens.

Il convient de rappeler que le Maroc possède plusieurs lagunes littorales qui présentent un intérêt à la fois biologique, économique et paysager. Il est possible de reconnaître, le long du littoral atlantique, un certain nombre d'écosystèmes qui détiennent une importance nationale, voire internationale. On retiendra sur le littoral atlantique les marais de Larache avec l'embouchure de l'Oued Loukkos, Merja Zerga qui présente une importance internationale pour l'hivernage de l'avifaune migratrice, le lac d'eau douce de Sidi Boughaba, le complexe lagunaire Sidi Moussa-Qualidia, l'embouchure de l'oued Massa, aménagée en parc national, Foum Assaka, les embouchures des oueds Draa, Chebeika, Amma Fatma, El Ouar, la lagune de Khnifiss et la baie de Dakhla.

Les plages atlantiques sont étendues et présentent une granulométrie fine. Elles sont le plus souvent remarquables par leur étendue : plage de la côte du Gharb, plage entre Azemmour et El Jadida, Plage de la baie d'Agadir, Plage Blanche et Plage entre Ras Akhfennir et Khnifiss.

Les falaises les plus remarquables et les plus hautes du Maroc se rencontrent sur le littoral du Haut Atlas. Mais les falaises qui présentent un intérêt bioécologique sont celles de Sidi Moussa, du Sud de Massa et de la côte des phoques.

Les îles de l'Atlantique sont celles de l'Archipel d'Essaouira et les îlots localisés près de Cap Barbas. Elles sont occupées assez souvent par une abondante avifaune qui y niche. Parmi les nicheurs, un certain nombre d'espèces sont exceptionnelles et jouissent d'un intérêt et d'une importance internationale.

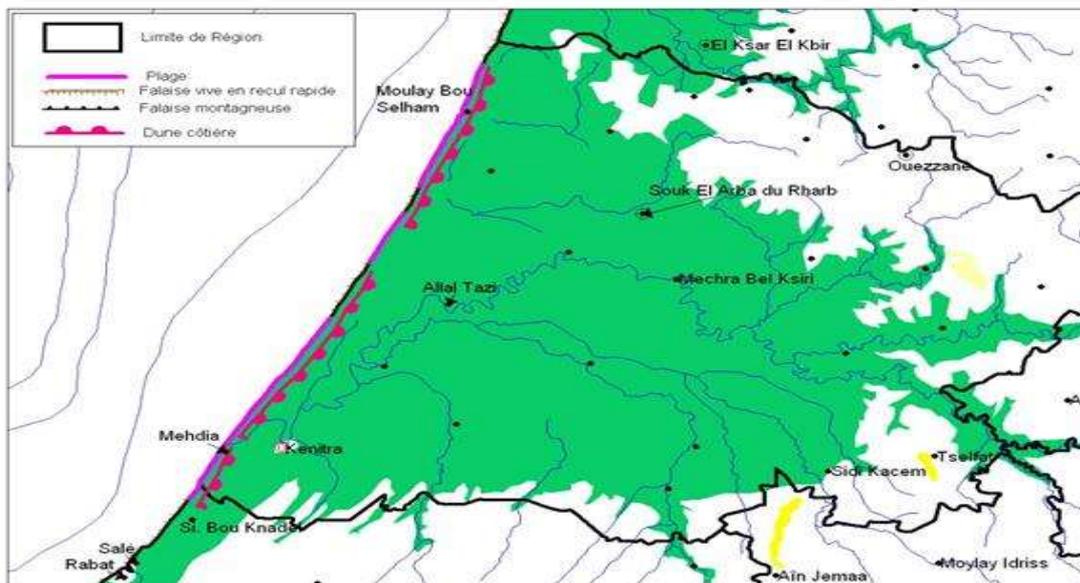
Sur le littoral atlantique, le niveau d'exploitation des terres étant très élevé, la frange côtière se trouve soumise sur de vastes portions à des pressions croissantes. Heureusement, ce littoral recèle encore des secteurs épargnés. De manière générale, la côte atlantique est couverte de cordons littoraux et de dunes anciennes consolidées qui forment des alignements de même direction que la côte. C'est là, la principale caractéristique de cette partie du littoral marocain. Le plateau continental a une largeur variable : environ 50 km au nord du Cap Ghir, environ 100 km entre le Cap Ghir et le Cap Jubu et plus de 150 km entre le Cap Boujdour et Lagouira.

En général, le plateau continental présente une pente douce, de l'ordre de 1%, mais les fonds se rapprochent de la côte en deux points : à l'embouchure de l'oued Sebou (canyon du Gharb) et au large d'Agadir, où une vallée sous-marine prolonge la plaine d'effondrement du Souss (Jaaidi, 1981 ; Bayed, 1987).

La côte atlantique de la région de Tanger

La côte atlantique de la région de Tanger est assez peu aménagée ; mais les longues plages de la région sont fortement soumises au prélèvement de sable, d'où le risque d'une déstabilisation généralisée. Le projet majeur est celui de Lixus-Larache (Plan Azur). Par ailleurs, l'embouchure du Loukkos et les marais de Larache subissent actuellement des modifications qui risquent de compromettre leur avenir : drainage, irrigation, exploitations agricoles et industrielles et extension de la ville de Larache. Certains déchets liquides industriels sont rejetés directement dans les marais. L'avenir de ces marais est fortement compromis.

Graphique 29 : Le littoral du Gharb



Le Sahel du Gharb correspond à un puissant bourrelet côtier sableux, consolidé par des grès dunaires, parfois entaillé en falaises par l'océan. Ces dunes peuvent atteindre 60 m d'altitude et obligent le Sebou à décrire de vastes méandres avant de se frayer un passage vers le littoral, tandis que les eaux bloquées sur la face interne de ce bourrelet s'accumulent en « merja » plus ou moins étendues (Merja Zerga).

Ce pays de terres sableuses était jadis presque entièrement voué au pacage, avec de maigres cultures alternant avec de longues jachères. Ce territoire originellement peu peuplé connaît aujourd'hui un très fort dynamisme.

Les ouvertures sur la mer sont rares à l'exception de l'embouchure du Sebou à Mehdia et du débouché de la lagune de Moulay Bouselham. Celle-ci, la Merja Zerga, a connu un important développement touristique lié à son site particulier et au fait qu'elle est la seule à déboucher sur la mer. Une "station de vacances" s'y est implantée, fréquentée par une clientèle nationale de classes moyennes.

Toutefois, c'est incontestablement dans la lagune de Merja Zerga que l'impact du changement est le plus menaçant. Ce système lagunaire est actuellement en voie de dégradation par le comblement progressif de la dépression, lié aux atterrissements bordiers en progradation. L'aggravation de la pollution chimique, issue du remaniement par les eaux des produits phytosanitaires utilisés par l'agriculture de la plaine du Rhab s'explique par l'action marine sur la zone des passes, aboutissant à leur fréquente fermeture.

D'après un rapport provisoire du Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement (2005), la comparaison d'images satellitaires sur le littoral de Kénitra entre 1987 et 1992 a permis de constater la dégradation du domaine forestier littoral sur la plage de Mehdia, la migration des sables du haut de plage aux dépens de la végétation et la prolifération des carrières de sable dans la zone des dunes de Mnasra.

Graphique 30 : Instabilité du débouché et des accumulations sableuses à Moulay Bouselham

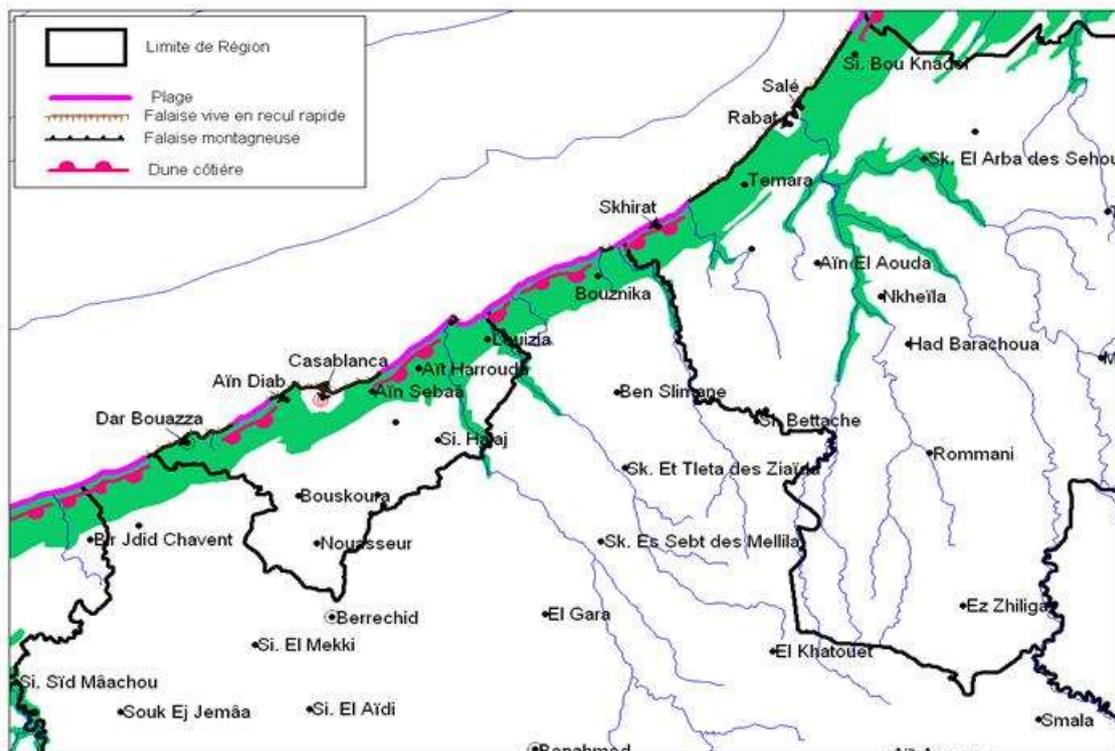


La bande côtière entre Rabat et Casablanca

Cette portion de la côte connaît une urbanisation en extension rapide (Berriane et Laouina, Eds, 1993). Les plages et leurs environs proches sont les plus fortement occupés et de plus en plus construits de manière définitive. La zone la plus proche de la mer, entre la route et le rivage est la plus fortement sollicitée.

De l'autre côté de la route, la progression ne fait que commencer. En plus des deux agglomérations, le rivage est presque entièrement urbanisé. Les anciens cabanons occupant le domaine public ont pourtant été remplacés par des constructions souvent cossues ou par des résidences. Dans ces extensions, une bonne partie répond de plus en plus à des besoins en logement permanent. La charge humaine est donc appelée à ne plus être saisonnière.

Graphique 31 : Le littoral des régions de Rabat – Casa - Chaouïa



Les possibilités d'exploitation touristique de ce littoral sont étriquées du fait des choix d'urbanisation. De nombreux secteurs constituent, en plus de l'habitat médiocre et sur-densifié empiétant pratiquement sur le domaine public, des décharges publiques sauvages qu'il sera très difficile de réaménager. Par ailleurs, dans les nouveaux projets, l'objectif urbanistique et privé prime sur l'objectif vacancier et public.

Historiquement, le littoral inhospitalier de Rabat-Salé explique le fait que la ville lui tourne le dos. Les médinas sont séparées de la mer par tout un ensemble aménagé en cimetières. Plus loin, des quartiers d'habitat modeste se sont installés à Yacoub el Mansour ou à Sidi Moussa. Cette présence rend difficile la reconversion du littoral en espace de loisir, malgré l'esthétique particulière de cette section de la côte marocaine. La pollution par les ordures, les sous-produits de la construction et les rejets d'égouts, mais aussi l'insécurité constituent le lot de cette côte visitée par les jeunes des quartiers littoraux et qui se baignent dans les vasques malgré le danger de la houle et les risques sanitaires dus à la pollution.

Graphique 32 : Falaises découpées de Sidi Moussa (Salé)



C'est que longtemps l'essentiel de la vie maritime de Rabat était concentrée sur l'estuaire du Bou Regreg, milieu plus facile et plus favorable à l'aménagement d'un port de commerce et de pêche. Par la suite la Protectorat a aménagé la ville dans le même sens, puisque le port estuarien a été développé, alors que des quartiers d'habitat modeste se sont construits sur le plateau dominant le littoral, sans relation avec la mer. Mais du fait de son ensablement, ce port a été abandonné.

Graphique 33 : Le débouché du Bouregreg et son ensablement avant le lancement des travaux d'aménagement



Globalement, le littoral de Rabat est rocheux, constitué par un bourrelet de dunes grésifiées, modelé en falaises; ce bourrelet est interrompu par endroit; les échancrures permettant à la mer de pénétrer dans l'Oulja, dépression longiligne, développé entre le cordon côtier et une falaise moite, plus ou moins proche de la mer. Mais ce schéma global connaît des différenciations d'un secteur à l'autre de la côte.

Le littoral rocheux peut être divisé en de multiples étages, depuis la zone constamment immergée jusqu'au domaine supra-littoral. Dans chacun de ces étages, les conditions écologiques sont sensiblement constantes, avec un peuplement biologique caractéristique.

L'étage supra-littoral représente la zone qui reçoit les embruns et par mauvais temps, les vagues de tempête. C'est le domaine des lapiés hérissés et des alvéoles. C'est aussi de domaine où vivent des organismes adaptés à l'émersion continue (algues, organismes brouteurs) responsables d'une action biochimique de corrosion. Mais l'action physico-chimique de dissolution et l'action physique des sels ne sont pas moins importantes.

Les falaises appartiennent à cet étage et avec elles une bonne partie du bourrelet côtier. Certaines de ces falaises sont verticales; d'autres présentent même un encorbellement, avec à leur pied d'immenses blocs sous forme de parallélépipèdes éboulés qui freinent l'action de la mer.

Des microalvéoles apparaissent sur ces falaises, séparées par des cloisons minces et fragiles. Les lapiés représentent les formes typiques du domaine supra-littoral; ce sont des formes aigues, réalisées essentiellement par l'action de processus biochimiques.

L'étage médiolittoral constitue la zone d'alternance de la submersion et de l'émersion. Il est représenté avant tout par la plateforme à vasques où l'essentiel de l'érosion est de nature biologique. Les vasques correspondent à des étendues d'eau calme, peu profonde, de plancher subhorizontal. Les plus grandes peuvent dépasser 20 m de diamètre.

Plus bas enfin, les vasques sont défoncées et on passe à une microfalaise à encorbellement, nettement visible à marée basse.

A partir de Dar Soltane, le littoral est beaucoup plus favorable à l'occupation humaine. Dans un premier temps se sont implantées des lignes de chalets en bois. Depuis l'Indépendance la construction en dur a été bon train. Plusieurs sites sont intéressés par la construction :

- le haut de plages sableuses ; correspondant au fond des échancrures occupées par la mer, en plein milieu de l'Oulja; c'est le cas à Témara et Sables d'or;
- le versant de falaises mortes dominant l'Oulja, avec un aménagement de maisons établies sur la pente; c'est le cas d'El Harhoura;
- des portions de l'Oulja plus ou moins drainées et plus ou moins larges; à Témara, les constructions s'étendent entre la route qui occupe le pied de la falaise morte et le rebord du bourrelet côtier. A El Harhoura - extension, des constructions en ligne suivent le bord de la lagune, au pied de la falaise morte.

Graphique 34 : Urbanisation de l'Oulja de Harhoura



Parmi les choix négatifs d'aménagement du littoral de la région, on peut noter :

- Le choix d'enfouir la falaise rocheuse pittoresque sous des rejets et débris de construction, ce qui représente une catastrophe à la fois paysagère et patrimoniale, puisque ces falaises d'une esthétique particulière, sont aussi des sites d'affleurement des complexes sédimentaires côtiers qui contiennent entre autres, des témoins paléontologiques et des restes humains dont des sites très précieux, comme celui de Dar Soltane ou de Témara (en particulier des grottes karsto-littorales creusées dans les falaises mortes ou vives). D'ailleurs, ce recouvrement par des débris terreux provoque en plus de l'enlaidissement du paysage, des nuages de poussière lors des vents secs estivaux. Dans ces milieux côtiers, seuls les affleurements rocheux peuvent être en relative stabilité, à cause de la salinité des embruns et de la difficulté de voir pousser des végétaux sur ces matériaux fraîchement déposés. L'érosion côtière, lors d'événements de grande magnitude peut d'ailleurs facilement emporter ces matériaux fragiles et réduire à néant un travail qui a dû coûter de gros efforts.
- La côte connaît un déficit prononcé en espaces sableux favorables au tourisme balnéaire. De Harhoura à Bouknadel, par exemple, seule la plage de l'embouchure offre des possibilités balnéaires réelles ; cela n'empêche pas les enfants des quartiers de Yacoub el Mansour ou de Sidi Moussa d'utiliser les criques rocheuses fortement dangereuses pour la baignade. La rareté des plages sableuses impose un aménagement protecteur, en particulier contre l'érosion marine; les équipements lourds déstabilisateurs auraient dû être évités (jetées du port des Sables d'or) car ils exagèrent le recul du trait de côte.

Graphique 35 : Le port de Sid el Abed et l'érosion de la plage de Sables d'Or
(au fond)



En effet, cette plage est en voie d'érosion parce qu'on a choisi d'implanter un port de plaisance dans la partie Sud-ouest, contre la colline de Sidi el Abed. Cette digue a transformé la dynamique côtière à l'intérieur de cette baie et y a favorisé l'érosion des sables. L'infrastructure portuaire consiste dans une digue principale positionnée justement sur la ligne de hauts-fonds qui représentent la continuité du bourrelet côtier, localement démantelé. Une traverse est implantée perpendiculairement au rivage et est édifiée avec des blocs de quartzite et de calcaire prélevés dans les carrières proches de l'oued Yquem. Le plan d'eau, très peu utilisé, est installé à proximité de la jetée dans la partie la plus profonde, alors que la plage a été érigée en terre-plein, grâce au déversement de matériaux terreux et de tout-venant.

Globalement, la bétonisation excessive du littoral et l'expansion de périphéries insalubres sont les facteurs de déséquilibres importants. Les stations balnéaires littorales ont connu une extension importante, avec privatisation de terrains du domaine public. L'urbanisation côtière est en plein développement le long du littoral à partir de Harhoura. De nombreuses résidences principales se construisent en front de mer, mais ont tendance aujourd'hui à se développer au delà de la route côtière, sur la falaise interne et les dunes consolidées qui la dominent.

Les sites naturels littoraux d'une rare qualité, sont défigurés par la qualité anarchique, mais aussi parfois médiocre de l'urbanisme ou par l'accumulation d'ordures; le littoral autrefois perçu comme un milieu peu favorable et donc délaissé est devenu une ressource exploitable, source de revenus fonciers élevés, mais sans beaucoup d'intérêt porté à ses composantes d'équilibre dynamique.

Localement, le littoral n'a pas représenté un centre d'intérêt et n'a pas constitué une composante fondamentale dans les choix de planification; ainsi Ar-Rahma II, quartier en voie d'aménagement au nord de Salé, tourne complètement le dos à la mer, pourtant si proche, alors que les possibilités de promenade de front de mer auraient dû être aménagées.

Le littoral de Mohammedia

Des petites falaises se sont nouvellement constituées au Nord de Mohammedia, au-dessus de la plage de Monica, à la suite du prolongement de la jetée du port. La plage qui était limitée par de basses collines modelées dans du matériel terrigène a connu une recrudescence érosive. Or, la plage Monica avait été choisie pour l'implantation d'un quartier de villas de standing élevé. Les maisons les plus proches de la mer sont donc fortement menacées, ainsi que les rues qui les desservent.

Graphique 36 a : Vue aérienne de la plage et du port de Mohammedia (accrétion à l'W et érosion à l'E)



Graphique 36 b : Vue de la route dégradée par érosion marine à Mohammedia

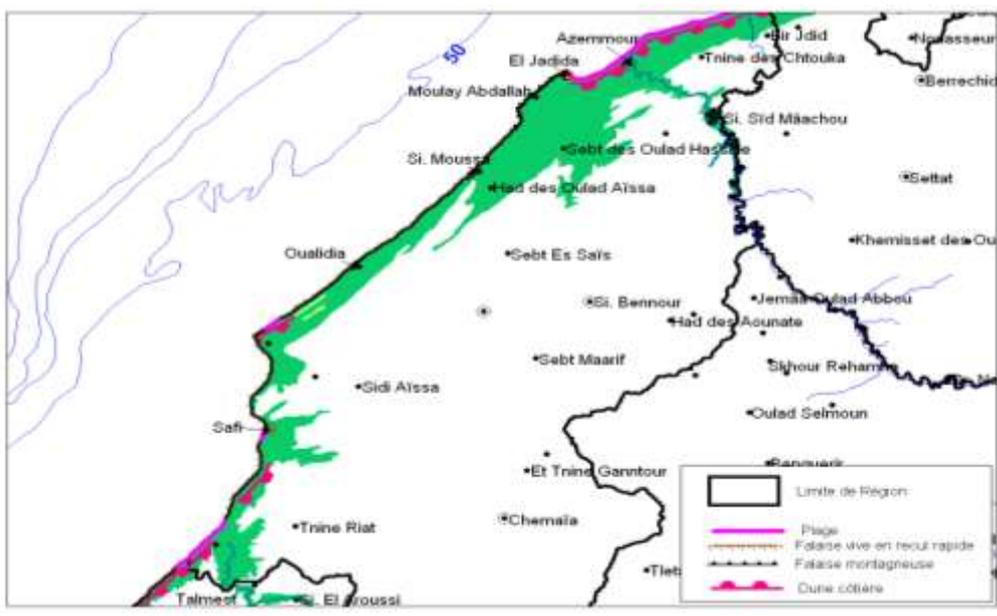


La plage de Tamaris, située à environ 25 km au Sud de Casablanca, a connu dans les vingt dernières années un recul d'environ 80 m. La dégradation de cette plage est le résultat de l'exploitation intensive du cordon dunaire avec des cadences d'environ 500.000 m³ par an.

Le littoral des Doukkala

De El Jadida à Cap Blanc, la côte présente des platiers rocheux rappelant, par ses vasques, le secteur entre Rabat et Casablanca. De Cap Blanc au Cap Beddouza, la côte est rectiligne, formée d'une étroite plage de sable bordée par une dune consolidée parallèle au rivage. De Cap Cantin à 20 km au sud de Safi, se trouvent les plus grandes falaises vives. Dans ce secteur, le littoral est constamment rocheux constitué de calcaires jurassiques et crétacés et de grès plio-quaternaires.

Graphique 37 : La côte des Doukkala - Abda



Graphique 38 a : La lagune de Oualidia



Graphique 38 b : Dégradation de la dune côtière et menace d'ensablement de l'ouija horticole

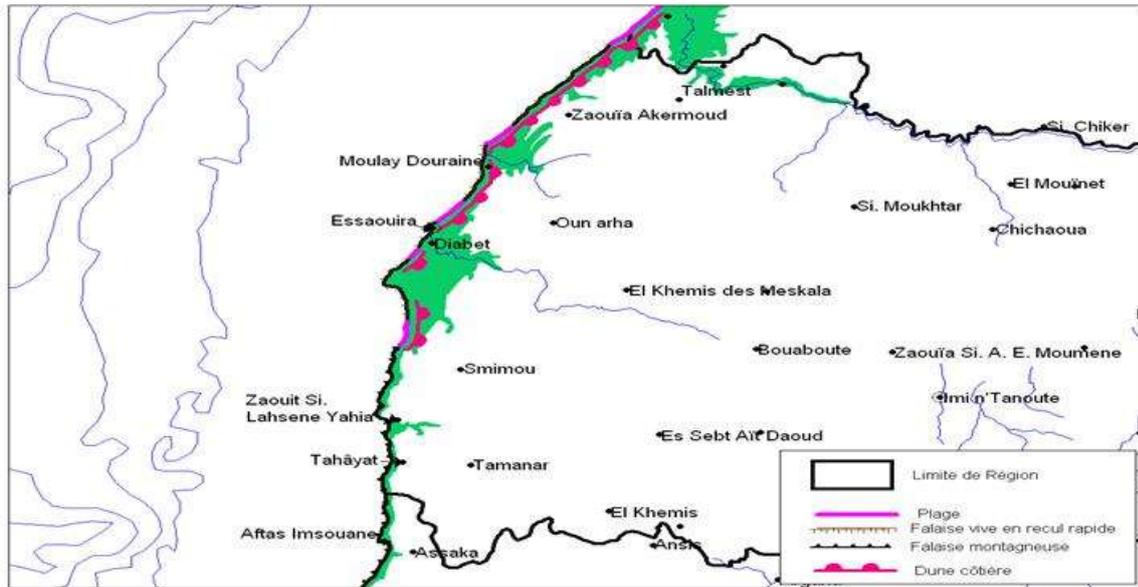


Le littoral du Haut Atlas occidental

De Safi à Essaouira, les plages prédominent et les dunes littorales sont très développées dans ce secteur. La terminaison occidentale de l'Atlas domine l'océan avec des pentes couvertes de remarquables peuplements d'arganiers.

Les grandes falaises raides font de ce secteur un des plus spectaculaires. Des plages accompagnent les débouchés des oueds.

Graphique 39 : La côte du Haouz et du Haut Atlas



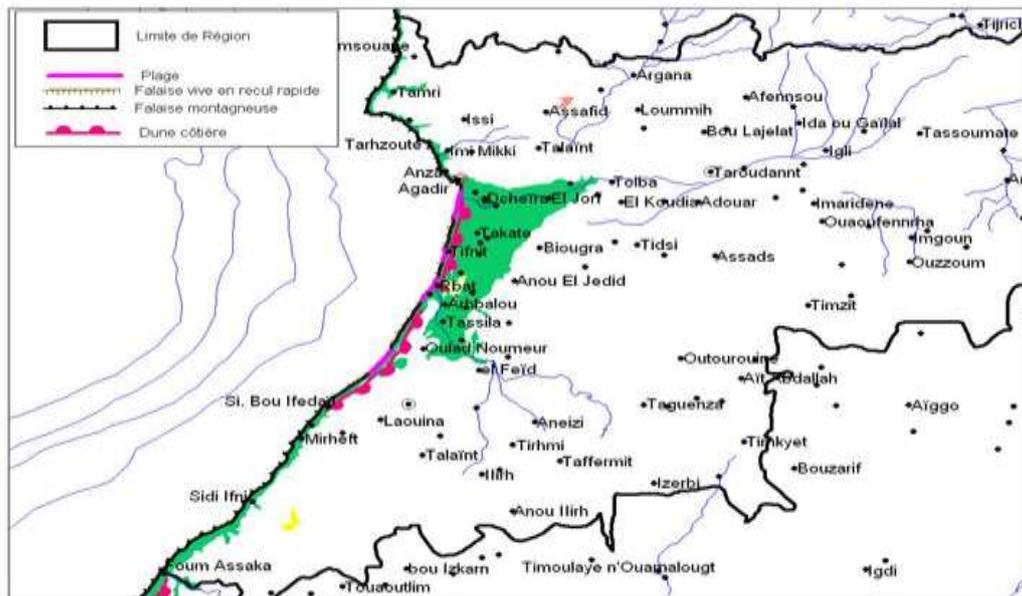
Graphique 40a : Le littoral dunaire d'Essaouira



Graphique 40b : Côte à falaises du Haut Atlas atlantique



Graphique 41 : La côte du Souss et de l'Anti-Atlas



De Agadir à Mirleft, la côte correspond à une grande plage bordée de dunes avec quelques affleurements rocheux au sud. La baie d'Agadir est la plus aménagée. Elle connaît à la fois des transports perpendiculaires à la côte liés aux courants de marée et des transports longitudinaux liés à la dérive littorale, capable d'entraîner $450.000 \text{ m}^3/\text{an}$ de sable sur le littoral d'Agadir. La dynamique éolienne consiste à la fois dans des vents d'ouest et des vents d'est, selon les saisons et les types de temps.

La situation montre naturellement un certain équilibre : la plage s'engraisse les années humides avec des apports fluviaux importants, des vents de terre violents et moins de houles de tempêtes d'hiver. Au contraire, elle s'érode les années sèches avec plus de houles de tempêtes et de vents de mer violents.

Le port a provoqué une érosion forte d'une partie de la plage d'Agadir (Lahouar – Tildi). La jetée bloque la dérive nord-sud. et des accumulations ont lieu à l'Ouest de cette jetée. L'extension du port (Anza) a provoqué l'extension de l'érosion au Sud de Lahouar. L'érosion menace la section proche du Palais Royal. Le trait de côte a reculé d'environ 100 m en 20 ans de 1968 à 88. Or, c'est dans cette zone que s'implante un secteur touristique et balnéaire entre la route et la mer. La dune bordière a été arasée et son sable utilisé pour la construction. Or cette dune était à la fois un pare-choc et une réserve de sable. Un brise-lame a été construit en 1968 ; mais il a déplacé le problème plus au sud. Des murs de gabion ont été implantés pour protéger la zone en 1989 ; mais ils ont aggravé le problème. Pour réduire cette dynamique rapide, il faut protéger la dune bordière, par la reconstitution de sa végétation et en protégeant le font dunaire par des brise-vents. Il faut diminuer l'agitation en créant des barrières submersibles allongées. Il faut aussi construire un môle rocheux au sud de la zone pour constituer un point d'encrage.

Le littoral du Sahara

Le littoral saharien au sud d'Ifni est caractérisé par de longues étendues de plages aux sables fins au milieu de sections en falaises. L'immense baie de Dakhla (37 km de longueur et 12 km de largeur) et sa presqu'île constituent un véritable gisement de plages illimitées pour un tourisme balnéaire de qualité à valoriser par une touche désertique.

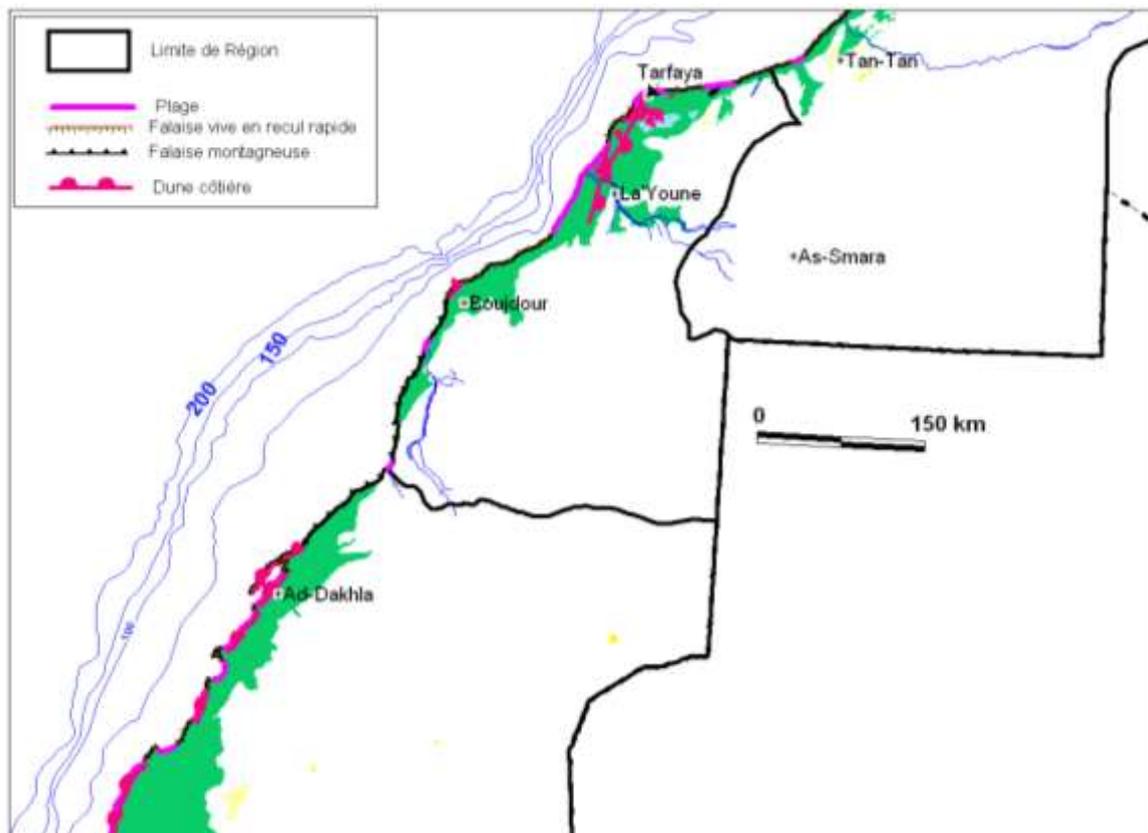
La frange littorale apparaît comme un espace privilégié. Recevant des précipitations rares et irrégulières, elle bénéficie néanmoins d'une humidité atmosphérique non négligeable grâce à l'effet bénéfique de l'alizé maritime et du courant des Canaries.

Les concentrations de population et des équipements se localisent sur la côte ou à proximité le long de la route qui relie les provinces sahariennes au reste du pays, donnant lieu à une armature urbaine réduite, et organisée en binômes : Tan-Tan — El Ouatia et Laayoune — El Marsa.

El Ouatia, le port de Tan-Tan ou Tan-Tan Plage est devenu le second port du pays après Laayoune, pour le volume de poisson débarqué par la pêche côtière. En plus, il se spécialise dans la pêche hauturière ; mais l'ensablement de son port nécessite un dragage constant et coûteux.

Construit après la réunification, El Marsa, port de Laayoune, est mis en service en 1987 pour répondre aux besoins du secteur de la pêche et des phosphates ; il est également équipé d'une zone industrielle. A l'embouchure de la vallée de la Saquia El Hamra, la plage de Foum El Oued est d'une grande qualité ; elle a fixé une petite urbanisation de villas et résidences secondaires et offre à la ville de Laayoune un espace de loisirs et de détente.

Graphique 42 : Côte du Sahara



2.3. Ressources écologiques et vulnérabilité

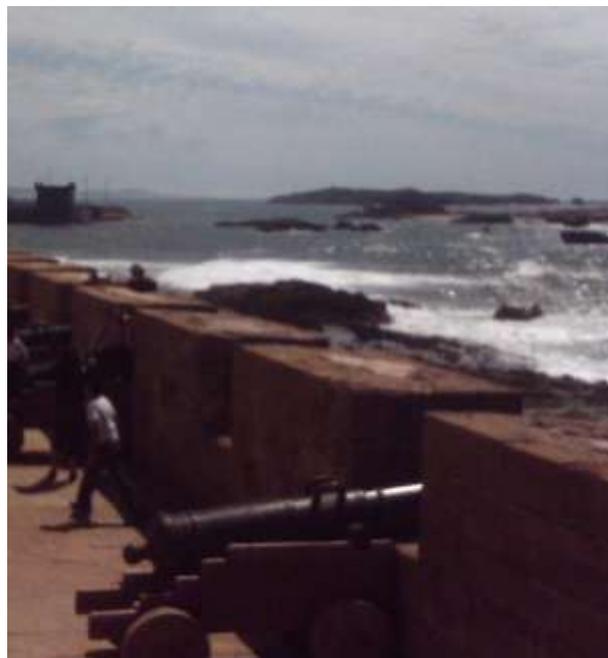
La mer est un patrimoine varié qui comporte une flore et une faune originales. Le cortège floristique est composé essentiellement d'algues et de formations à halophytes ; la faune marine, encore incomplètement répertoriée, compte de nombreuses espèces connues, des sites naturels divers et un patrimoine édifié par l'homme. Le phénomène d'upwelling - remontées d'eau froide riche en plancton, particulièrement intenses en été - est à la base de la richesse biologique des côtes atlantiques qui comptent parmi les plus poissonneuses du monde.

Le littoral est composé de plusieurs types d'habitats : frange côtière proprement dite, lagunes, estuaires, îles, plages et falaises littorales. La frange intertidale héberge une faune extrêmement diversifiée. L'avifaune côtière, particulièrement riche, englobe les oiseaux marins. Les lagunes et les milieux humides adjacents sont également particulièrement intéressants pour leur avifaune. La côte a enfin été occupée depuis des millénaires par l'homme, ce qui a laissé des vestiges d'une grande importance. C'est dans cette diversité écologique et culturelle que réside la richesse des côtes marocaines, et c'est également une raison fondamentale de fragilité.

Graphique 43 : Essaouira : une plage, un port, des îlots, une faune d'oiseaux, des dunes fixées.



Graphique 44 : un espace refaçonné par l'homme, une ville touristique



Le cortège floristique marin est essentiellement composé d'algues avec plusieurs centaines d'espèces benthiques répertoriées. Le phytoplancton est moins étudié que les macroalgues, mais il compte au moins 200 espèces, recensées principalement sur la façade atlantique. Les algues marines jouent un rôle primordial dans le maintien de l'équilibre écologique aquatique et représentent un support pour les alevins de nombreux poissons, mollusques, crabes et autres espèces.

Elles permettent également l'autoépuration de l'eau. D'un point de vue économique, elles représentent actuellement une source nutritionnelle et un produit à valeur élevée. Elles sont utilisées en agriculture comme engrais et fourrage, dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique, dans le textile et dans d'autres domaines. On relève essentiellement 3 espèces à valeur commerciale. Le Maroc est l'un des plus importants producteurs mondiaux de *Gelidium sesquipedale*, algue à partir de laquelle est extrait l'agar-agar, produit gélifiant utilisé notamment dans l'industrie agroalimentaire. Près de 80% de la production nationale de *Gelidium* sert, en effet, à l'extraction d'agar-agar. Les 20% restants sont exportés sous forme brute après séchage. La majeure partie des ressources en *Gelidium* est localisée sur le littoral des Doukkala.

La faune marine marocaine se distingue par la grande diversité des Arthropodes (principalement des Crustacés) avec 1.925 espèces. Ils sont suivis des Mollusques, en particulier Gastéropodes et Lamelibranches (1.596 espèces). Viennent ensuite les Vertébrés, essentiellement des poissons (1.145 espèces). La faune zoo-planctonique, qui représente un maillon extrêmement important dans la chaîne trophique de nombreuses espèces d'intérêt économique, semble la plus diversifiée de toute la Méditerranée. L'endémisme (près de 240 espèces) concerne principalement les Mollusques (84 espèces) qui proviennent presque tous de la région saharienne, très particulière du point de vue biogéographique.

Les lagunes sont particulièrement intéressantes pour leur avifaune. De nombreux oiseaux d'eau (Echassiers, Anatidés, Limicoles, Laridés) fréquentent les lagunes, parfois par dizaines de milliers au moment des haltes migratoires ou en période d'hivernage. Cette avifaune exceptionnelle est l'une des raisons pour lesquelles les lagunes de Khnifiss et la Merja Zerga ont été inscrites dès 1980 sur la liste des sites Ramsar en tant que zones humides d'importance internationale.

Les baies constituent des frayères pour diverses espèces. On y a découvert de nouvelles espèces, et d'importants gisements d'espèces d'intérêt économique.

Les falaises qui présentent un intérêt bioécologique sont celles du Cap des Trois Fourches, du Parc national d'Al Hoceima, de Sidi Moussa à Salé, de l'embouchure de l'oued Tamri et du Sud de l'embouchure de l'Oued Massa, et celles de la côte des Phoques.

Graphique 45 : Falaises des deux rives de l'embouchure de l'oued Tamri



Les grottes constituent un autre type particulier d'écosystèmes humides qui enrichit le paysage écologique du pays. Plus de 60 grottes existent au Maroc. Plusieurs d'entre elles présentent un intérêt préhistorique, en plus de leur intérêt bioécologique.

Sur le plan halieutique, l'intérêt du Maroc réside dans sa position entre l'Europe et l'Afrique, sur les côtes de la Méditerranée et de l'Atlantique, au carrefour de masses d'eaux d'origines et de densités différentes. Elle réside également dans l'importance de son espace maritime étendu à plus d'un million de km² de plan d'eau. Enfin, grâce à leur situation dans des zones d'upwelling, les côtes marocaines comptent parmi les plus poissonneuses à l'échelle mondiale.

Les ressources des petits pélagiques se composent principalement de Sardines, Maquereaux, Anchois, Chinchards et Sardinelles. Ces ressources connaissent des fluctuations plus ou moins importantes quant à leur abondance et leur répartition. La stabilité des ressources constituant ce stock résulte de la régularité du milieu dans la zone qui a connu un renforcement de l'upwelling au début des années 70 et 80. Au cours des dernières années, le centre d'abondance des stocks de sardine s'est progressivement déplacé vers le sud. Les ressources démersales se caractérisent par la diversification des espèces. Les principales pêcheries sont la pêcherie céphalopodière au sud, la pêcherie des Merlus/Crevettes au nord entre Tan-Tan et Tanger et la pêcherie méditerranéenne. A côté des pêcheries côtières et hauturières, il existe d'autres activités littorales telles que le ramassage des Algues, des Coraux (Corail rouge) ou de certaines espèces de coquillages.

Le développement des activités de pêche maritime a permis d'atteindre un plafond de 1 million de tonnes de captures ; il est, d'ailleurs, intimement lié aux infrastructures et aux équipements portuaires. En plus des infrastructures implantées au service de la pêche, le Département des Pêches Maritimes a entrepris la réalisation de villages de pêcheurs et de sites de débarquement aménagés pour la promotion de la pêche artisanale, ainsi que la création de pôles de développement régionaux intégrés afin d'améliorer le niveau de vie des marins pêcheurs et de limiter l'exode rural.

L'enjeu de la gestion des principales pêcheries marocaines est devenu considérable pour l'économie du pays. Plusieurs mesures d'aménagement ont déjà été prises pour réduire le problème de surexploitation biologique, essentiellement due à une surcapacité globale de capture et à une pêche excessive des juvéniles.

2.3.1. La côte méditerranéenne

La mer d'Alboran se caractérise dans sa partie ouest par une accumulation d'eau superficielle, alors que vers l'est, dans une zone de divergence vers le nord et le sud, les eaux sont plus froides et plus nutritives. La grande richesse planctonique s'explique par la faible importance du plateau continental. La zone de richesse principale se situe à l'est d'Al Hoceïma, avec concentration autour du Cap de Trois Fourches.

Plusieurs espèces et habitats sont menacés du fait de la pollution (zones critiques de Tanger, Tétouan, Al Hoceïma, Nador et Saïdia) et de la surexploitation. Le phénomène des « eaux colorées », dû à l'apparition régulière d'algues planctoniques en floraisons massives et imprévues, risque de se développer plus, du fait à la fois de la pollution et du réchauffement. Ces floraisons produisent des toxines dommageables pour le poisson (mortalités massives) et pour la santé humaine, en cas de consommation d'organismes ayant accumulé ces toxines (moules exemple).

La surpêche la cueillette et la chasse sous-marine ont mis à mal les stocks de plusieurs espèces, dont la palourde de la lagune de Nador, le mérrou, les tortues marines, le corail, les nacres et les coquillages bivalves.

La petite flottille côtière et quelques chalutiers, sardiniers, palangriers et madragues de thon rouge contribuent au dynamisme de la pêche dans cette zone méditerranéenne. Mais la pêche n'est assez souvent qu'une activité secondaire de villages côtiers vivant surtout de l'agriculture. Plusieurs activités se sont réduites, comme le ramassage de coquillages dans la zone de l'embouchure de la Moulouya. Il semble pourtant que les stocks soient aujourd'hui en reconstitution.

Le tronçon de Saïdia-Ras el Ma

L'embouchure de la Moulouya est un important complexe de plaines inondables comprenant six systèmes : une partie marine, l'estuaire, des lacs, des marais et la rivière, en plus des dunes côtières. C'est un lieu de halte obligatoire pour les espèces migratrices d'Europe. Dans les zones humides, on trouve également des poissons endémiques et rares qui y pondent et croissent pendant les migrations. Ce site joue un rôle important dans le stockage des eaux de crues, ce qui contribue à diminuer la salinité des eaux souterraines.

Ce tronçon connaît la régression des zones humides et leur végétation, du fait de prélèvements d'eau et de l'occupation de terres. L'urbanisation, la pollution par les pesticides et fertilisants et la sur-fréquentation saisonnière menacent ces zones humides. Le développement d'une zone touristique à proximité risque de relever le degré de fréquentation et donc provoquer un appauvrissement de l'avifaune.

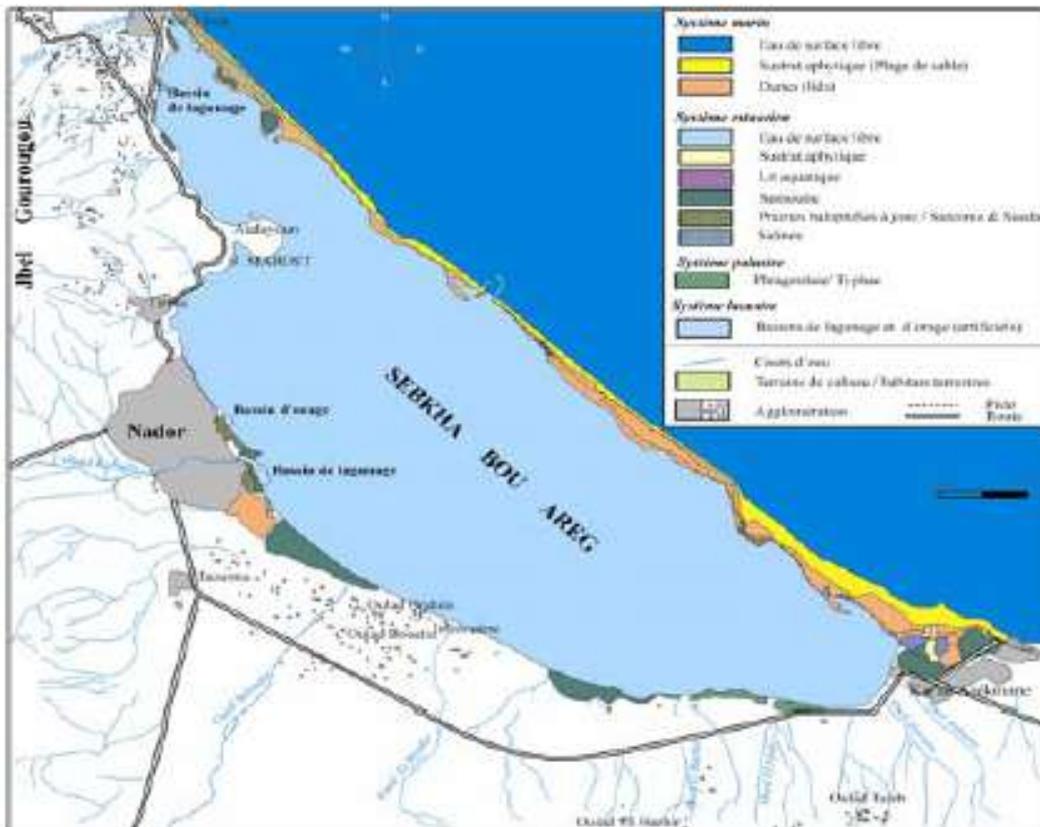
L'analyse de l'évaluation de l'état environnemental des zones humides de la Moulouya qui a été réalisée dans le cadre du projet « Med-Wet-Coast » (Dakki et al., 2003), a révélé un certain nombre de dysfonctionnements et de menaces qui pèsent sur le site. Si les pertes en habitats sont encore relativement faibles, le site a subi de grandes modifications au niveau de la nature et de l'étendue relative des habitats, en raison d'une part, de la profonde modification morphologique due à la réduction des apports sédimentaires, et d'autre part de la diminution des apports d'eaux douces vers la nappe. Les principales menaces concernent la diminution de la fonction hydrologique, les pertes en biodiversité et la baisse des valeurs économiques de la zone humide.

Graphique 46 : Zones humides de la Moulouya



La lagune de Nador

Graphique 47 : Cartographie des milieux de la lagune de Nador (Dakki et al.)



C'est une zone humide reconnue par la Convention de Ramsar. Une étroite flèche sableuse isole la lagune de Bou Arg, entre Kariat Arkmane et Nador, dans un secteur nettement subsident. L'essentiel des problèmes de cette région découle de l'extension rapide de la ville. La pollution représente la menace fondamentale. Mais l'évolution des conditions physico-chimiques et, par voie de conséquence écologiques, du fait du changement climatique, risque de renforcer la vulnérabilité de ce milieu très sensible.

La pollution représente un risque plus immédiat pour la lagune. Le confinement par ensablement de la passe peut entraîner un phénomène d'eutrophisation très grave. D'ailleurs, l'enrichissement biologique est accentué par les rejets urbains, quoique partiellement épurés. Les apports proviennent surtout de l'oued Sélouane, de l'oued Bou Arg et des canaux d'irrigation de la plaine, en plus des eaux d'épuration de la station de Nador et des eaux d'assainissement ou de ruissellement direct de plusieurs douars.

La zone de Nador a connu une transformation radicale du milieu, avec le recul de l'intérêt économique que représente la lagune de Bou Arg, du fait de la compétition entre agriculture irriguée intensive (usage d'engrais et de pesticides), de l'urbanisation (pollution forte des rejets, malgré l'épuration) et de l'aquaculture. Par ailleurs, les apports sédimentaires remblaient les zones peu profondes et amènent l'envasement de la lagune qui connaît une situation de confinement.

Le Cap des Trois Fourches

Le Cap des Trois Fourches est une zone de forte productivité du fait des habitats sous marins à phanérogames ; c'est une zone d'alevinage et qui constitue un milieu de passage pour les mammifères marins.

On a déjà enregistré dans la zone du Cap des Trois Fourches un appauvrissement biologique notable avec la disparition du ploque moine, du fait de la pêche, du tourisme et des dérangements liés à la sur-fréquentation, notamment par des visiteurs de Melilla. Par ailleurs, la faune du secteur est menacée par les agissements directs des plongeurs sous-marins qui font parfois des dégâts excessifs.

L'extrémité du Cap est sauvage et très tourmentée ; il s'agit d'un puissant promontoire de roches volcaniques s'avancant profondément en mer. Plusieurs grottes marines existent à l'extrémité du cap, regroupées sur une portion réduite (moins de 5 km), et dont le fond est parfois tapissé de sable ou de galets. Une seule piste, spécialement rude, dessert le site en conduisant au phare du Cap des Trois Fourches. L'accès au reste de la côte ne peut se faire que par bateau. Aucun chemin pédestre ne contourne le cap.

Le secteur d'Al Hoceïma

Le Parc national d'Al Hoceïma, d'une superficie de 47.000 hectares, englobe une partie terrestre, le massif des Bokkoyas, et une partie située en mer, la baie d'Al Hoceïma. Il englobe les sites côtiers les mieux préservés de la côte nord marocaine, de hautes falaises et l'arrière-pays montagneux du Rif. L'eau de la baie d'Al Hoceïma se distingue par une limpidité favorisant une richesse marine de biodiversité. On y trouve de nombreux groupes marins tels les cnidaires, les annélides, les mollusques, les crustacés, les échinodermes, les poissons, les reptiles, les oiseaux et les mammifères marins. La présence simultanée dans le parc de trois espèces de dauphins, dauphin commun, dauphin bleu et blanc et grand dauphin, constitue un fait remarquable en Méditerranée. Il offre également un abri à des espèces très rares telles que le goéland d'Audouin et le phoque moine, espèce en voie de quasi-extinction en mer Méditerranée. Le parc présente un intérêt ornithologique particulier : soixante-neuf espèces d'oiseaux y sont dénombrées, dont spécifiquement une des plus grandes concentrations mondiales de balbuzards pêcheurs.

Graphique 48 : Le Phoque moine



Le secteur de Tétouan – détroit de Gibraltar

La zone marécageuse de "Restinga-Smir" était il y a encore peu de temps l'un des fleurons des zones humides marocaines, troisième site après Merja Zerga et les Marais de Larache ce qui lui avait valu d'acquérir une renommée internationale. Malgré plusieurs propositions, le classement du site n'a jamais été obtenu et le site a définitivement perdu ses qualités.

L'évolution de la lagune de Smir illustre parfaitement les mécanismes responsables de l'altération puis de la quasi-disparition d'un milieu qui était parmi les plus riches du pays. Avec la perte de ce patrimoine, la région de Tétouan perd un espace écologique, récréatif, éducatif, social et touristique, d'une qualité unique pour la production faunistique et d'un intérêt exceptionnel pour les oiseaux. L'urbanisation a détruit les habitats et les rejets ont pollué les marais. La construction du port de Kabila et celle du barrage ont créé de fortes perturbations.

Le Jbel Moussa est situé à l'extrémité septentrionale de la dorsale calcaire, à la pointe nord de la péninsule tingitane, faisant directement face au rocher de Gibraltar. Les deux montagnes sont d'ailleurs de la même nature sur le plan géologique et paysager. C'est un SIBE de petite taille (4.000 hectares) entouré de toutes parts par des secteurs en pleine évolution sur le plan de l'occupation du sol et des activités. Cependant, si les objectifs de la protection sont clairement identifiés, il est possible de faire de cette aire un SIBE de haute valeur.

Le SIBE comprend plusieurs richesses : l'escarpement rocheux, le bord de mer et les formations forestières de l'arrière pays ; globalement la qualité paysagère du site est tout à fait exceptionnelle. Sur le plan écologique, c'est un site unique pour édifier un observatoire à double vocation, de suivi des migrations d'oiseaux et d'observation des déplacements de mammifères marins. Sur le plan culturel et historique, c'est site historique d'où fut menée la traversée du détroit par l'armée de conquête de l'Andalousie.

Le tourisme scientifique et éducatif constitue une opportunité pour ce SIBE proche de deux cités du Nord du Maroc. On peut donc très bien y prévoir un centre mésologique, sorte de base pour l'éco-tourisme du SIBE, avec poste d'observation pour les migrations d'oiseaux et les déplacements de cétacés, assorti d'un centre de plongée et découverte du milieu marin.

Au Cap Spartel, un observatoire pourrait être installé, pour jouir du spectacle de milliers d'oiseaux transitant, mais aussi pour entreprendre des études sur les déplacements des Cétacés à travers le Détroit. Au sud du Cap Spartel se trouvent les Grottes d'Hercule, succession de cavités naturelles très visitées par les touristes et qui abritent d'importantes colonies de Chauves-souris. Les spécificités biologiques de cette portion de la côte méritent d'être valorisées au sein d'un aménagement qui pourrait englober le SIBE de Perdicaris tout proche et offrant des intérêts complémentaires.

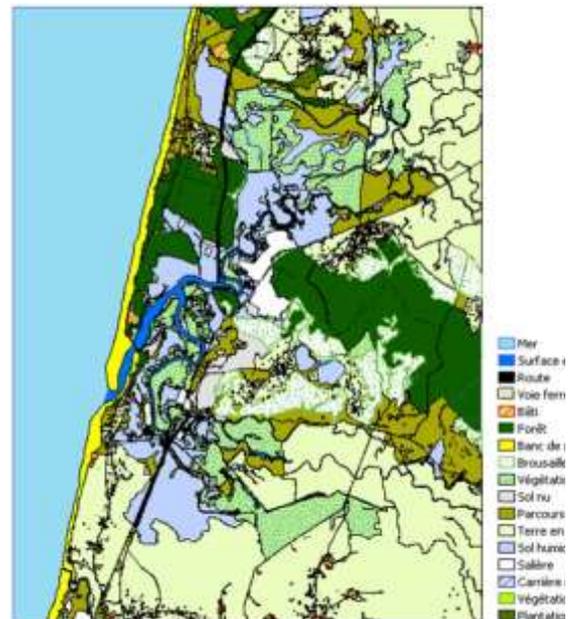
Perdicaris, à l'extrémité ouest de la péninsule tingitane, constitue un mamelon de la nappe numidienne gréseuse, offrant un versant donnant sur le Détroit de Gibraltar. Il représente une enclave "verte" au sein du périmètre urbain, à la jonction des deux façades maritimes du Maroc : l'Atlantique et la Méditerranée. C'est ici que s'effectuent les rencontres entre les faunes typiques des plaines océaniques (et comportant beaucoup d'endémiques) et celles du Rif et des régions méditerranéennes du nord du pays. D'un point de vue écologique et biogéographique, ce périmètre est donc l'un des plus importants du Maroc.

2.3.2. La côte atlantique

La côte du Tangérois

Le complexe de zones humides du bas Tahaddart est composé de terres aux eaux renouvelées par les marées et les précipitations. Pendant les années humides plus particulièrement, c'est un important lieu de halte migratoire pour des espèces telles que le Flamant rose ou la Grue cendrée ; les zones humides constituent le dernier lieu de nourrissage avant la traversée du Déroit de Gibraltar. La zone héberge aussi la dernière population africaine, très menacée, de Grande outarde. Une centrale thermique à cycle combiné (gaz / charbon) y a été implantée en dépit des recommandations.

Graphique 49 : Les marais de Tahaddart



La côte du Sahel du Loukkos

Le complexe du bas Loukkos ou marais de Larache comprend une zone estuarienne, des eaux marines peu profondes, des prés salés, des étangs d'eau douce et des plaines inondables et un certain nombre des salins abandonnés. L'estuaire de l'Oued Loukkos s'étend jusqu'au barrage de garde construit pour empêcher la marée de remonter jusqu'aux terres d'irrigation.

La partie estuarienne de l'oued Loukkos et les salines passent vers l'amont immédiat au bas cours du Loukkos, comprenant la retenue du barrage de garde. Un ensemble de larges marécages, riche en végétation, se trouve sur les bords de la vallée ; ces marécages sont alimentés, pour la plupart, par des ruisseaux tributaires du Loukkos.

Le cortège faunistique est parmi les plus remarquables du Maroc, avec un rôle majeur en ce qui concerne la préservation du patrimoine marocain en matière de biodiversité. Une grande zone touristique est en voie d'édification, immédiatement à proximité sur la côte nord de Lixus.

La côte du Sahel du Gharb

Merja Zerga est la zone humide littorale sans nul doute la plus importante du Maroc, avec une biodiversité élevée et un remarquable peuplement d'avifaune de valeur internationale.

Plusieurs douars sont dans le périmètre de la réserve avec une population estimée à plus de 10.000 habitants, exploitant la lagune (pêche de poissons et de coquillages, récolte de joncs) et provoquant un cortège de nuisances qui accompagnent ces activités. La lagune de Merja Zerga a besoin d'un plan de gestion qui soit à la hauteur de son importance internationale.

La Merja Zerga ou lagune de Moulay Bouselham couvre une superficie d'environ 37 km². Sa plus grande longueur est de 11 km du Nord au Sud et sa largeur maximale de 6 km d'Est en Ouest. Elle constitue un site d'un intérêt considérable parce qu'elle comporte une grande diversité de milieux et notamment une zone fluviatile correspondant à des deltas, comprenant les débouchés de l'oued Drader à l'Est et du Canal Nador au sud, une zone lagunaire étendue, elle-même divisée en deux parties inégales par le chenal du Drader, et une zone littorale de communication avec l'Atlantique comprenant la zone des passes internes, zone étroite (150 m) et relativement profonde (4 à 5 m), constituée de deux chenaux séparés par des bancs sableux longitudinaux, et la zone des passes externes. Ce système lagunaire joue un rôle essentiel dans le cycle biologique de plusieurs espèces animales et végétales. Il est le lieu d'escale et d'hivernage d'un grand nombre d'oiseaux.

Graphique 50 : Vue de la lagune de Merja Zerga et de ses bordures



La côte de la région de Rabat - Casablanca

Les falaises de Sidi Moussa, entre Salé et Bouknadel, hébergent, pendant la période de reproduction, une petite colonie de Faucons d'Eléonore, aujourd'hui très menacés suite à l'extension vers le Nord du complexe urbain.

L'estuaire du Bou Regreg enregistre la marée saline qui remonte jusqu'au barrage Sidi Mohammed Ben Abdallah. A 7 km de l'embouchure, des marais plus ou moins submersibles, selon les coefficients de marées, couvrent de larges étendues. La partie inférieure de l'estuaire comprend une succession de seuils et de chenaux, une barre d'embouchure et les plages sableuses de Rabat et Salé. Deux jetées aménagées prolongent l'estuaire par la formation d'un bassin large de 200 à 900 m et profond de 5 à 10 m. La faune et la flore sont appauvries par l'impact des lixiviats des décharges et des eaux usées déversés dans l'oued Bou Regreg. Actuellement, les rejets sont maîtrisés en partie grâce à la suppression des deux décharges de Salé et de Rabat et à l'interception des eaux usées acheminées vers la mer. Mais le milieu reste fortement pollué et les espèces persistantes sont probablement des indicateurs de contaminations diverses.

C'est un environnement estuarien semi – fermé, en contact avec la mer puisque naturellement les eaux salines pénètrent 23 km le long de l'oued. A l'amont, à proximité du barrage, le cours d'eau est peu large (40 à 100 m) et peu profond (souvent 1 à 2 m). Dans sa partie moyenne, le chenal à 150 à 300 m de largeur et une profondeur qui peut atteindre 10 m. C'est un chenal à méandres au milieu d'une plaine (Oulja) représentée par la terrasse holocène. En dessous, s'étend un domaine de marais, avec une slikke faite de vases nues et d'un schorre couvert par des plantes halophytes. L'essentiel de cet espace de marais se développe en dessous de la cote 2 m; c'est l'espace qui peut être entièrement couvert lors des marées de vives eaux. Dans sa partie aval, l'estuaire est bordé par des berges sableuses. Le chenal large de 200 à 900 m ne dépasse pas 10 m de profondeur, et présente de nombreux seuils élevés au milieu de mouilles plus profondes. Parmi les seuils, celui de l'entrée de l'estuaire est le plus important, même s'il n'émerge jamais. Ce domaine aval qui a fonctionné comme port a exigé un effort continu de dragage au début du 20^{ème} siècle.

Ce milieu particulier a été littéralement transformé depuis la construction du barrage SMBA. La confrontation fluvio-marine avait créé les conditions de développement d'un écosystème très riche avec une salinité qui s'abaisse progressivement vers l'intérieur, des conditions physico-chimiques qui changent progressivement en fonction des cycles de marée. La richesse biologique était liée aussi à l'oxygénation des eaux et à l'absence de phénomènes de réduction à cause de ce mouvement perpétuel d'échange. Les espèces étaient à la fois du phyto et du zoo-placton, des animaux vivant dans les vases, des poissons et enfin une variété d'oiseaux de zones humides. Les marais de l'estuaire représentaient un environnement particulier caractérisé à la fois par son esthétique et sa biodiversité.

Cet espace a enregistré la pollution des eaux et des choix d'aménagement qui ont eu recours au recouvrement par des résidus de construction, alors qu'il s'agit d'un espace de promenade et d'éducation. L'estuaire qui a été à la base du développement urbain et de la croissance des activités de la ville a été complètement délaissé; la présence de marais et de terres humides a été ressentie comme défavorable; et c'est pourquoi on a cherché à les assécher par l'accumulation de débris de construction; un milieu écologiquement riche est donc progressivement en voie de disparition. Grâce à des passages surélevés, ce milieu aurait pu être conservé intact et continuer à être le point de rencontre de colonies d'oiseaux migrateurs. Jusqu'à 1971, et malgré la croissance urbaine, l'estuaire restait un milieu sain et oxygéné, dépollué par les crues et les marées de vives eaux. L'étude de la flore et de la faune estuarienne n'indiquait pas d'appauvrissement notable.

La construction du barrage et la croissance urbaine ont profondément changé ces données. La confrontation naturelle entre les eaux fluviales et marines n'a plus lieu. Le Bou Regreg est devenu un bras de mer, uniquement irrigué par les lâchers de la retenue lors des fortes crues. La salinité est donc plus forte et l'hydrodynamisme atténué. Les espèces ont diminué en nombre et en variété. Enfin, la pollution a fortement atteint les eaux devenues de moins en moins oxygénées. L'espace est par ailleurs difficile d'utilisation en raison de la pollution originare des quartiers appartenant aux deux villes et qui surplombent l'estuaire et de la nature dégradée de l'habitat (quartiers d'habitat spontané de Karia et de Yousoufia) et des fonctions polluantes qui se développent (industrie de la rive gauche, poteries, briqueteries, carrières).

La ville pollue son environnement par l'importance de ses rejets liquides et solides. Les rejets en mer des effluents de la ville de Rabat-Salé contribuent à polluer le littoral proche et même lointain en raison du fonctionnement de la dérive; les plages de l'embouchure sont fortement contaminées; par ailleurs, l'activité de pêche artisanale se poursuit, malgré les recommandations, dans les secteurs proches des émissaires; la concentration en coliformes de ces eaux est très élevée et la plage de l'embouchure devrait être interdite à la baignade; les plages de Harhoura-Témara et même les plages plus lointaines peuvent être contaminées lors du fonctionnement de la dérive nord-sud; mais ce sont les criques des quartiers de Yacoub-el Mansour-Kébibat et celles de Sidi Moussa qui représentent les dangers sanitaires les plus évidents, à cause de leur proximité par rapport aux émissaires d'eaux usées et à cause de la protection relative des eaux dans les mares et vasques de la plateforme que des enfants utilisent comme piscines naturelles par mer calme.

Ce milieu est fortement convoité par les promoteurs immobiliers. Or l'idée d'un projet Bouregreg date des années 60 et ne s'est concrétisée, mis à part quelques projets commerciaux, qu'à partir de 2006. L'aménagement est conçu en fonction de l'artère fluviale avec une navigation de plaisance. L'eau, élément de décor, est au centre de toute une activité de loisir et doit être au sein d'un aménagement en espaces verts et de promenade. L'eau est sans doute l'élément central dans l'activité (tourisme balnéaire, navigation de plaisance) comme dans le décor (port ancien, canaux...).

Cet espace est aménagé de manière réfléchie avec le but de différencier et délimiter des sous-espaces spécifiques : des zones de protection du patrimoine naturel, des secteurs de réhabilitation du patrimoine historique, des espaces de loisirs et de tourisme, des secteurs d'activité collective, sportive, culturelle, tout cela en espérant que l'on évitera l'exclusion et la fermeture des espaces. Une animation de jour comme de nuit permettra d'éviter de créer de espaces vides ; la fonction de commerce rattachée à toutes ces activités permettra de durabiliser la prise en charge et la maintenance.

Les lagunes littorales au sud-ouest de Rabat, plus ou moins ouvertes, car barrées par les îlots du cordon littoral, rompu par l'action de la mer, telle la lagune de Harhoura, constituent un environnement naturel précieux qui n'a pas été préservé pour la communauté. L'appropriation des bords de ces lagunes et la construction de résidences principales cossues, empêche l'utilisation de ces espaces publics.

La côte de la région des Doukkala

Graphique 51 : La lagune de Oualidia et ses prolongements vers Sidi Moussa



Le complexe de Sidi Moussa-Oualidia est constitué par deux lagunes, des étangs et marais salants. Ceux-ci sont séparés de la mer par un système de dunes de sables plus ou moins stabilisées. A l'aval de la lagune d'Oualidia, deux passes assurent la communication avec l'océan et deux digues séparent la lagune d'Oualidia des marais salants.

Graphique 52 : La complexité des zones humides de Sidi Moussa



L'hydrodynamique de la lagune de Oualidia, assez forte, met en évidence un renouvellement assez rapide des eaux et une variabilité brusque des paramètres hydrologiques du milieu. Ces facteurs limitent la croissance et la fixation des naissains dans la lagune. La première digue en amont, créée artificiellement, a récemment été ouverte dans sa partie Est. Cette modification a permis de récupérer une partie du phénomène de chasse hydro-sédimentaire existant à l'origine et qui favorisait l'activité ostréicole.

Au niveau du complexe lagunaire Sidi Moussa-Oualidia se matérialise l'action de la population sur les espèces et les espaces protégés. On note une urbanisation croissante, l'imbrication avec les exploitations maraîchères de l'Oulje, jusqu'au sein des zones sensibles, le prélèvement continu et commercialisé des pontes d'oiseaux sauvages. La zone est fréquentée anarchiquement par la population résidente et les vacanciers ce qui provoque une altération du milieu et un dérangement nocif pour l'avifaune.

La plupart des oiseaux de mer qui empruntent cette voie de migration nord-sud passent par ce site et plus de 3% des oiseaux qui hivernent au Maroc choisissent ce complexe de zones humides.

La côte des régions d'Essaouira - Agadir

L'archipel d'Essaouira bénéficie d'une protection naturelle du fait de son détachement du continent. Mais son classement en tant que réserve biologique est loin d'être effectif sur le terrain et des actions d'information et de valorisation seraient utiles pour consolider la position de ce site exceptionnel.

Graphique 53 : Plage et côte rocheuse à îlots d'Essaouira



Les falaises de l'embouchure du Tamri et celles situées au Sud de l'embouchure de l'Oued Massa (Parc national Souss-Massa) hébergent la dernière population d'Ibis chauves au monde.

Le Parc National du Souss-Massa a été conçu pour protéger ce milieu unique, comportant des espèces rares ; il se trouve cependant de plus en plus confronté à des problématiques d'espace et à des antagonismes sociaux multiples. Une gestion au niveau de la distribution des ressources est indispensable, pour maintenir une certaine qualité "écologique" à l'ensemble.

La côte du Sahara

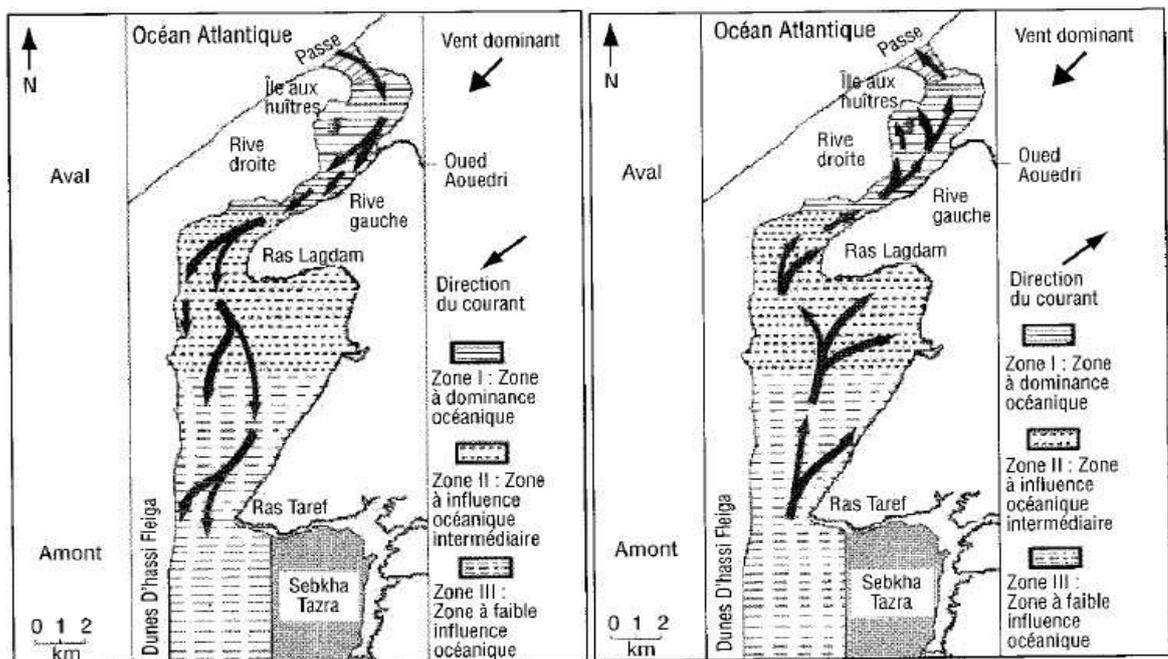
Les embouchures de certains oueds sahariens de la partie nord (Draa, Chbika) sont des milieux d'accueil d'oiseaux migrateurs d'une richesse remarquable alors que les rivages abritent des spécimens d'une faune marine rare (phoques moines).

L'embouchure de l'oued Draa, à la limite Nord du Sahara, est constituée par des méandres où l'oued Draa sillonne entre les dunes avant de parvenir à la mer dans une gorge. On trouve dans cette zone trois types de végétation : des complexes de Tamarix, des roselières, des prés salés peuplés de Salicorne vivace. Ces milieux servent de refuge à de nombreuses espèces d'oiseaux européens migrateurs, notamment, la Sarcelle marbrée, le Flamant rose et le Grand cormoran marocain. Diverses espèces endémiques et relictuelles peuvent être vues sur ce site.

La lagune de Khnifiss est la plus grande lagune atlantique marocaine et la seule qui soit située dans l'étage bioclimatique saharien. La passe (Foum Agoutir) permet à la lagune de communiquer avec l'Océan Atlantique. C'est un large passage d'une centaine de mètres, profond de 5 à 6 mètres.

Le chenal s'étend sur une longueur de 20 km. Il s'appuie contre une falaise sur la rive droite et contre des dunes de sable sur la rive gauche. La sebkha Tazra est une dépression entourée de falaises et de dunes qui prolonge la lagune vers le sud en amont de la lagune). La sebkha est une étendue de sable envahie, aux plus fortes marées de vives eaux, par une mince pellicule d'eau de mer. Cette vaste étendue est le siège d'une évaporation intense qui entraîne la cristallisation rapide des sels à basse mer de vive eau.

Graphique 54 : Cartes de la lagune de Khnifis en régimes de flot et de jusant (Lakhdar Idrissi et al.,)



Les écosystèmes littoraux sahariens sont d'une manière générale très productifs mais fragiles. Ils offrent des qualités paysagères des plus remarquables, accompagnées de cortèges biologiques souvent originaux du fait de leur localisation biogéographique. Il est urgent de maîtriser le développement de ces régions, afin d'éviter des altérations irréparables qui condamneraient la valorisation future d'une des côtes les plus originales de l'Ouest africain.

La baie de Dakhla est longue de 37 km et sa largeur maximale est comprise entre 10 et 12 km. Elle est orientée nord-est/sud-ouest et est séparée de l'océan Atlantique par la péninsule de Oued Ad Dahab, un système de dunes composé d'une mosaïque de types d'habitats, notamment, des herbiers intertidaux.

Ce site renferme une diversité botanique élevée, abritant plusieurs espèces rares, menacées ou endémiques du Maroc, de Macaronésie ou du Sahara, comme la Zostère naine. Ceci forme l'habitat de plus de 120 espèces de Mollusques, ainsi que 41 espèces de Poissons. La baie de Dakhla se singularise également par la présence du Dauphin à bosse de l'Atlantique dont elle constitue la limite Nord de distribution et celle de la Baleine à bosse. Enfin, il s'agit du second plus important site d'hivernage d'oiseaux de mer du Maroc.

La baie de Dakhla, milieu qui était connu pour sa richesse en espèces aquatiques et par l'abondance des ressources halieutiques, connaît ses dernières années une diminution incontestable des captures. D'autres facteurs constituent une menace pour ce milieu, notamment l'extension de la ville de Dakhla et l'ensemble des problèmes qui accompagnent un tel développement : pollution, déchets solides, augmentation de la pression sur le milieu naturel.

La baie de Cintra, renommée jadis par la présence de baleines qui venaient y passer la période hivernale, connaît actuellement une occupation humaine anarchique et croissante qui pourrait rapidement porter préjudice à la qualité esthétique de la baie et une altération de son milieu physique.

La côte des phoques au Nord de Lagwira héberge une population de phoque moine méditerranéen, relativement importante, mais fragile. La mise en place d'un parc est urgente, car d'une part, la réglementation de la pêche dans la zone n'est pas respectée amenant une surexploitation et une diminution de la ressource halieutique pour les phoques, et d'autre part, le dérangement par fréquentation accrue des falaises surplombant les grottes des phoques et des eaux limitrophes aux grottes par les pirogues de pêcheurs commencent à devenir préoccupants

2.4. Les insuffisances sur le plan institutionnel : Un espace faiblement protégé

A travers le monde, la question de protection du littoral préoccupe de larges sphères de décideurs, d'intervenants et plus globalement le large public.

- Le changement climatique préoccupe de plus en plus les acteurs régionaux, qu'ils soient publics, associatifs ou scientifiques ;
- Il y a désormais une meilleure prise de conscience de l'impact territorial de ce phénomène mondial et des responsabilités des collectivités locales en la matière.

Face au changement climatique, il faut lancer des initiatives et promouvoir la circulation des informations, en veillant à ne pas sous- ou sur-estimer les menaces qu'il représente ; par ailleurs, il est nécessaire d'organiser des échanges d'expériences entre les collectivités, de développer des réseaux et de coopérer davantage, y compris entre scientifiques et décideurs.

Au Maroc, l'impact de la littoralisation est aggravé par un système juridique inadapté aux spécificités du littoral, un éparpillement des compétences en plus d'un manque de cohérence des actions. La protection du littoral au Maroc est régie par une pluralité de textes fragmentaires, souvent très anciens, non dissuasifs, appliqués de manière non coordonnée par les institutions en charge.

Le littoral national ne fait l'objet d'aucune législation spécifique conçue pour son développement et sa sauvegarde. En effet en tant qu'espace multidimensionnel. Le littoral est difficilement pris en considération par le droit marocain, alors qu'il est à la fois un espace économique important, un réservoir de richesses naturelles, une source et une victime des pollutions.

Faute de prendre en compte l'ensemble de ces aspects dans le cadre d'une approche intégrée, le droit marocain demeure très sectoriel :

- Loi relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement ;
- Projet de loi relative à la protection du littoral;
- Lois formant code des pêches maritimes et de la préservation des écosystèmes marins ;
- Législation relative aux Parcs nationaux et Projet de loi sur les Aires Protégées ;
- Législation forestière : fixation des dunes littorales.

Cette vision fragmentaire de l'aménagement du littoral se perçoit également à travers l'action internationale du Maroc dans la mesure où les conventions auxquelles il a souscrit ne s'appliquent que d'une manière partielle et sectorielle à l'espace littoral.

Il y a donc un réel besoin pour un texte législatif portant sur le double thème de la protection et de la mise en valeur. Ces deux concepts ne sont absolument pas contradictoires ; au contraire, ils vont de pair. La mise en valeur touristique suppose la protection de paysages remarquables, le libre accès de tous au littoral et la généralisation de la dépollution. La loi devrait définir un espace littoral et attribuer des compétences particulières aux collectivités et aux services de l'Etat quant à sa protection et à son utilisation. En même temps, il faut assurer des ressources financières suffisantes et des ressources humaines compétentes dans la gestion des zones littorales.

Au niveau institutionnel, on note au Maroc, l'absence d'un organisme spécifique chargé de l'aménagement, de la gestion et de la coordination à l'échelle du littoral. La gouvernance de cet espace relève d'une multitude de départements ministériels et d'établissements publics, semi-publics ou privés. Il s'agit notamment du Ministère de l'Agriculture, des Eaux et Forêt, de l'Équipement, des Pêches Maritimes, de l'Intérieur, des Finances. Cette gestion transversale, à acteurs multiples, provoque l'éclatement des compétences d'intervention et la dispersion des efforts et fait émerger un réel besoin de coordination entre les différents intervenants.

Les structures institutionnelles concernées par la gestion côtière :

- L'administration publique : administrations centrales et les services décentralisés de certains départements ministériels directement impliqués dans la gestion côtière (Agriculture, Eau, Environnement, Forêts, Pêches maritimes, Equipement, Intérieur, Transports ...). On remarque que ces compétences se chevauchent souvent, avec une nette insuffisance des mécanismes de coordination, la prédominance de la vision sectorielle de la gestion.
- La Direction Générale des Collectivités Locales : Programmes de développement et d'équipement des collectivités et assistance technique pour la maîtrise des projets, notamment les stations d'épuration des eaux usées et la gestion des déchets ménagers.
- La Direction de la Protection Civile : Mise en œuvre des mesures de protection et de secours des personnes et des biens lors de catastrophes naturelles ou accidentelles, de promouvoir la prévention des risques en contrôlant les systèmes de sécurité.
- Les Conseils communaux ont de nombreuses responsabilités et attributions au niveau de la gestion de l'espace.
- Le Ministère de l'Équipement et des Transports et notamment la Direction des Ports et du Domaine Public Maritime concentre des compétences relatives à la maîtrise du littoral maritime, des bassins portuaires, des carrières et du domaine public maritime.
- Le Département des Pêches met en œuvre l'exploitation rationnelle des ressources halieutiques et élabore les plans d'aménagement des pêcheries pour veiller à la préservation de la qualité des produits de la mer et veiller à la protection et à la préservation de l'environnement marin.
- Le Haut Commissariat aux Eaux et Forêts a la charge d'inventorier et de gérer les Aires Protégées, parmi lesquelles figurent plusieurs sites côtiers.
- Parmi les organismes spécialisés, on trouve notamment l'Institut National de la Recherche Halieutique.

3. Incidences du changement climatique sur le littoral marocain

Le littoral est défini dans cette étude comme l'espace relevant d'une forte interaction terre/mer du point de vue à la fois physique, économique et social. C'est un espace réduit, à valeur sociale, culturelle et paysagère, constitué d'écosystèmes originaux, précieux, productifs et fragiles et un espace économique et urbanistique majeur, convoité par des acteurs multiples. C'est le lieu privilégié d'implantation pour de nombreuses activités économiques et un espace hautement stratégique, mais où convergent des dynamiques à puissant effet de dégradation :

- les pollutions d'origine continentale et maritime,
- la pression sur l'espace, car la population et les activités continuent à y croître fortement, du fait de la forte attractivité pour les ruraux (exode rural de plus en plus important), l'industrie, le commerce, les services et les touristes, notamment en période de pointe,
- la dynamique naturelle d'érosion/sédimentation sur la côte,
- la dynamique actuelle d'origine anthropique, de relèvement du niveau de la mer et de changement des conditions physiques, chimiques et biologiques.

Deux valeurs essentielles du littoral sont menacées par le changement climatique et ses effets :

- Les richesses naturelles physiques et biologiques, dont certaines sont irremplaçables, comme certaines espèces rares, ou dont le coût de protection et de gestion, dans un but de durabilité, est très élevé ; c'est l'exemple des plages sableuses, en forte régression du fait de l'érosion côtière ;
- Les secteurs d'activités humaines et économiques qui recherchent la localisation littorale, comme site préférentiel ou nécessaire : ports maritimes, industrie pétrochimique et chimique, centrales thermiques modernes, pêche maritime, aquaculture marine, tourisme balnéaire et ports de plaisance...

D'après les scénarios, le littoral du Maroc sera fortement affecté par le changement climatique et ses effets indirects ; il sera donc confronté à des difficultés socio-économiques et environnementales majeures si des mesures d'adaptation ne sont pas entreprises. Mais, comme évoqué précédemment, il est très difficile d'évaluer à la fois le changement potentiel en zone côtière et la vulnérabilité du littoral face au changement climatique et notamment face à l'élévation du niveau marin, du fait de l'interaction de facteurs multiples au niveau de cette interface terre – mer – atmosphère.

Globalement, et par comparaison avec d'autres pays, les espaces littoraux risquant réellement d'être directement affectés en profondeur, par la submersion, due au relèvement du niveau de²¹ la mer sont assez restreints au Maroc, car les rivages bas sont finalement d'un linéaire assez faible, comparés aux rivages rocheux et élevés. Par ailleurs, même les côtes des zones de plaines montrent une pente suffisamment courte, pour éviter des submersions en profondeur, comparables à celles que l'on peut envisager dans les littoraux très bas et très plats, tels ceux de Tunisie orientale, de Chine, d'Afrique tropicale (Casamance – Gambie) ou de golfes indentés comme ceux de San Francisco. Par contre, les autres aspects du changement climatique, l'érosion des côtes et les effets sur la biodiversité notamment, peuvent avoir un impact généralisé et assez important.

3.1. Le changement climatique et ses effets sur le domaine littoral

Les effets du changement climatique sur le littoral, en général, ont été abordés dans la première partie. Nous nous intéresserons ici plus particulièrement au littoral marocain.

Scénarios d'émission, modèles de circulation et projections de changement climatique (Cf. première partie)

Les projections à l'échelle globale ne s'appliquent pas de manière uniforme à toutes les régions du globe, même si le niveau moyen des mers est universel. Pour analyser les projections à l'échelle régionale, il faut pouvoir réaliser une « descente d'échelle » et utiliser des modèles régionaux de circulation. C'est ce qui a été réalisé à l'occasion de la préparation de la seconde communication nationale (Département de l'environnement).

Projections de changement climatique à l'échelle du Maroc

A l'aide de Magic/Scengen, des projections régionales ont été élaborées, en fonction des scénarios d'émissions de GES du GIEC. Dans ce modèle, les données sont disponibles à une résolution de 5° x 5° de latitude/longitude, ce qui décompose le Maroc en quadrants qui coïncident globalement avec les grandes zones climatiques, l'oriental, le nord-ouest, le centre et le sud du pays. Bien sûr, la diversité interne à ces quadrants n'est pas prise en compte.

²¹ La côte marocaine est en effet relativement rectiligne hormis quelques baies largement ouvertes (Al Hoceima, Tanger, Azemmour, Essaouira, Agadir, Cintra) ou la baie de Dakhla, au contraire, relativement fermée et quelques caps proéminents en Méditerranée. La longueur totale de la côte n'est d'ailleurs que de 3500 km, à peu près équivalente à l'extension linéaire du rivage, du fait de la faiblesse des indentations, de la faible profondeur des golfes et de la rareté des îlots pré-littoraux.

Pour le Maroc, les deux scénarios A1B et B2 donnent les projections suivantes en termes d'élévation des températures de l'air dans les 4 grands « quarts » du pays définis par la 2ème Communication Nationale.

Tableau : Estimation des augmentations de températures du fait du changement climatique à différents horizons et selon deux scénarios

| | Temper, annuelle moyenne en °C | 2015 | | 2045 | | 2075 | |
|----------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1B | B2 | A1B | B2 | A1B | B2 |
| Oriental | 17,1 | 7,9 | 18,0 | 19,2 | 19,2 | 21,0 | 20,4 |
| Nord | 19,3 | 9,9 | 20,0 | 21,0 | 21,0 | 22,4 | 21,9 |
| Centre | 17,6 | 8,2 | 18,1 | 19,4 | 19,0 | 22,0 | 20,4 |
| Sud | 20,1 | 0,5 | 20,7 | 21,7 | 21,7 | 23,0 | 22,5 |

Source : seconde communication nationale, 2008

Mais, pour l'ENM, ces valeurs d'augmentation thermique à l'échelle régionale ne comptent pas. Ce qui compte c'est le réchauffement global et son effet sur la fonte des neiges, des glaces polaires (inlandsis) et de montagne.

C'est pourquoi, dans le cadre de la préparation de la Seconde Communication Nationale, un dossier particulier a été réalisé au sujet de la vulnérabilité de la côte marocaine et des possibilités d'adaptation (Stour, 2007). Les projections de changement concernant le milieu littoral sont les suivantes en fonction de deux scénarios d'émissions.

Tableau : Projections de changement dans le littoral pour la fin du 21^{ème} siècle

| | A1B | B2 |
|--|------|------|
| pH de l'eau de mer (en 2000 : 8,1) | 7,9 | 7,9 |
| Élévation de T° de surface de la mer par rapport à 1980-99 | 2,2 | - |
| ENM (en m) par rapport à 1980-99 | 0,35 | 0,32 |

La différence, en terme de quantification, semble minime entre les deux scénarios. Mais la différence sera essentiellement au niveau de la proactivité de la réponse des pays, dans le cadre du scénario B2 alors que la réponse dans le cadre du scénario A1B sera réactive et donc plutôt tardive. Le côté volontariste que prévoient les scénarios de type B laisse la possibilité de mener une politique d'adaptation positive et précoce, anticipant sur les effets du changement climatique.

Le PNUE, a mis en œuvre en 2006 un projet (Snoussi, 2006) consacré à l'Évaluation de l'Impact et de l'Adaptation des Zones Côtières, face aux Changements Climatiques au Maroc. Le travail réalisé dans le cadre de ce projet a concerné deux zones littorales identifiées comme étant très vulnérables : le littoral de Saïdia - Ras El Ma et le littoral de la baie de Tanger.

En plus du rythme d'ENM qui est une donnée planétaire, l'étude du PNUE (2006) a déterminé le niveau d'inondation pour ces deux sites marocains ; ce niveau correspond à la zone inondée du fait de l'élévation du niveau de la mer et des conditions météorologiques envisagées comme probables à un horizon donné, en situation de marée de hautes eaux, avec une hauteur de houles de tempête exceptionnelle et avec l'effet d'une situation de basse pression atmosphérique.

Deux niveaux d'inondation ont été déterminés aux horizons temps 2050 et 2100 :

- des niveaux d'inondation minimum : calculés pour des valeurs minima du niveau moyen des hautes eaux, des hauteurs moyennes de houle et deux scénarios d'élévation du niveau marin, le scénario de base et l'hypothèse basse d'accélération de l'élévation du niveau marin ;
- des niveaux d'inondation maximum : calculés pour des valeurs du niveau de flot des marées de vives eaux, des hauteurs de houle de tempête de période de retour 1/100 et trois scénarios d'élévation du niveau marin, le scénario de base et les hypothèses moyenne et haute de l'élévation accélérée du niveau marin.

Un des pré-requis fondamentaux pour l'estimation des terres à risque d'inondation est de disposer de cartes d'élévation précises et récentes. C'est pourquoi, dans le cadre de cette étude du PNUE, des prises de vues aériennes ont été réalisées pour les deux sites et ont été suivies par l'élaboration d'orthophotos et de modèles numériques de terrain (MNT). Pour chacune de ces zones, l'évaluation des impacts physiques de l'élévation du niveau de la mer a concerné principalement l'inondation des terres et l'érosion côtière.

A partir de la carte d'occupation des sols et des niveaux d'inondations envisagés, une estimation des terrains urbains, des terrains agricoles, des écosystèmes naturels, des voies, des ports, des plages, des infrastructures industrielles et des aménagements touristiques menacés a été faite.

L'estimation de la valeur de ces différentes composantes économiques susceptibles d'être perdues et la population à risque ont été évaluées (Snoussi, 2006) sur la base d'informations existantes sur la densité de population et en appliquant le taux de croissance pour obtenir la population menacée aux horizons 2050 et 2100. L'étude a pu déterminer le nombre de logements menacés. Les coûts qui seront subis par différents secteurs ainsi que la population à risque ont été estimés. Le niveau d'actualisation adopté dans le calcul des coûts est de 5% et correspond au taux d'intérêt pour les prêts à long-terme.

Les événements de Tanger des hivers 2009 et 2010 et la fulgurante inondation de Mdiq, le 5 mars 2010, constituent le parfait exemple de ce qui se produit déjà, alors que le relèvement du niveau marin est encore timide et de ce qui risque de se développer et d'augmenter à la fois de magnitude et de fréquence, dans l'avenir.

Le cas de Mdiq, le 5 mars 2010 est édifiant :

- un relief de collines qui surplombe directement la mer, pratiquement sans l'intermédiaire d'une plaine littorale,
- une ville accrochée aux pentes et se développant dans les deux sens, vers la montagne d'une part et vers la mer d'autre part.

Les montagnes et les collines, en cas de pluies intenses, génèrent un ruissellement direct à débit instantané très élevé, d'autant plus que la ville a contribué à imperméabiliser encore plus des substrats, originellement peu perméables ; le mince liseré côtier reçoit donc des masses d'eaux ruisselantes en un temps très court.

La côte originellement sableuse, au nord du port de Mdiq, a subi à la fois l'érosion depuis la construction de la jetée du port (Jaïdi & al., 1993) et l'installation de complexes touristiques qui ont occupé la dune bordière. En cas de marée haute et de mer démontée, cas du 5 mars en milieu de journée, le niveau de la mer s'élève fortement et envahit la plage et atteint la corniche.

La conséquence, c'est que la conjonction de ces deux événements aboutit à une inondation catastrophique. Alors que le niveau de la mer est élevé, l'arrivée des eaux de ruissellement ne peut être drainée par les systèmes d'évacuation. Il y a donc inondation de la basse ville.

Seul le retrait de la mer, à marée basse permet alors de vidanger la place publique. Des équipements améliorés, des efforts supplémentaires de vidange n'y peuvent rien. La situation est arrivée à une impasse. On a laissé se faire deux dynamiques aux conséquences fâcheuses :

- une urbanisation mal conduite des pentes, sans prévoir des espaces verts, des arbres et des systèmes de freinage ou de rétention des eaux ruisselantes, pour infiltrer et stocker une partie des eaux de pluies ;
- une occupation mal conduite et excessive du trait de côte, aboutissant à l'effacement du rôle naturel que jouaient les plages et les dunes côtières dans la dynamique marine.

Les seules alternatives possibles sont dans un remodelage du paysage urbain, notamment des plantations et des espaces verts et dans une stabilisation par des dispositifs protecteurs coûteux, dans toutes les zones déjà occupées.

3.2. Impacts globaux du changement climatique sur le littoral marocain

3.2.2. Modification des températures des eaux marines

Le risque de réchauffement des eaux marines est pressenti par les projections de changement climatique. S'il se vérifie sur le long terme, il peut avoir des conséquences majeures environnementales et économiques. Des changements sous forme d'oscillations sont déjà enregistrés et causent des perturbations importantes. Mais il est encore difficile de conclure à une relation effective avec le changement climatique.

Les masses d'eaux marines, baignant le Maroc, ont, comme évoqué dans la partie 2.1.2., des caractéristiques différentes, selon qu'elles appartiennent au domaine méditerranéen ou atlantique.

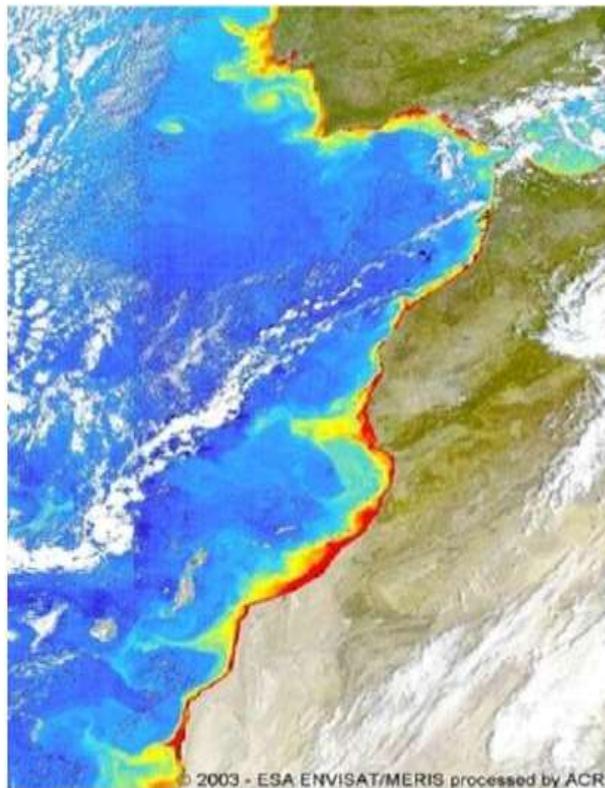
Dans le même volet, il convient de souligner que le courant des Canaries est causé par le tourbillon anticyclonique des Eaux Centrales Nord. Il transporte des eaux relativement froides à nos latitudes et est composé d'une série de flux, de méandres et de tourbillons dont certains ont un caractère quasi-stationnaire. Ce courant des Canaries a principalement une direction vers le sud-ouest et présente des conditions favorables pour la concentration du poisson pélagique.

Le système des Canaries fait partie des quatre principaux upwellings mondiaux avec celui du Benguela, de Humboldt et de Californie. Ces écosystèmes d'upwelling fournissent plus de 40 % des captures des pêcheries mondiales alors qu'ils représentent moins de 3 % de la surface de l'océan. Ils sont caractérisés par une grande variabilité, liée au climat et à leur instabilité structurelle.

Ce processus de résurgence, issu des couches océaniques profondes, le long du plateau continental constitue un trait marquant de l'océanographie des zones côtières marocaines ; il explique que les ressources pélagiques côtières situées dans ces zones sont les plus importantes. L'upwelling résulte d'un transport d'eau de surface vers le large, induit par des vents qui soufflent parallèlement à la côte (régime des Alizés).

C'est donc une sorte de compensation de ce transport de surface qui est assurée par la remontée d'eau profonde. A ces remontées d'eau profonde, sont associées des concentrations en sels nutritifs importantes qui supportent une production primaire forte. C'est cette particularité qui est à la base d'une chaîne alimentaire qui distingue les écosystèmes d'upwelling d'autres provinces océaniques.

Graphique 55 : Image satellitaire de la côte et des remontées d'eaux profondes par situation d'upwelling



L'étude et le suivi des zones d'upwelling

La dynamique des stocks pélagiques des systèmes d'upwelling dépend très étroitement de l'environnement physique et des modifications des processus océanographiques. Dans ces zones, y compris la côte atlantique marocaine, l'environnement est changeant et ce, compte tenu de la variabilité du système d'upwelling. Cette variabilité se traduit par l'instabilité des ressources halieutiques, principalement les pélagiques²².

C'est dans ce contexte que l'Institut National des Recherches Halieutiques (INRH), à travers son programme d'océanographie, a entrepris des recherches destinées à approfondir les connaissances sur la variabilité du phénomène d'upwelling et son impact sur la productivité du milieu marin en réalisant des campagnes saisonnières en mer, le long de la côte atlantique marocaine, par le biais de son navire de recherche « Amir Moulay Abdellah ».

L'appui de l'imagerie satellitaire et le développement de la modélisation hydrodynamique des zones d'upwelling sont des outils visant à mieux comprendre leur fonctionnement hydrodynamique et la circulation marine de ces zones.

Sur la côte atlantique, l'upwelling est saisonnier au nord de 26°30' N et se manifeste entre les mois de mars et août. Au sud de cette zone et jusqu'à 20°N, il est quasi permanent avec un maximum d'activité au cours du printemps. Les centres actifs de l'upwelling sont :

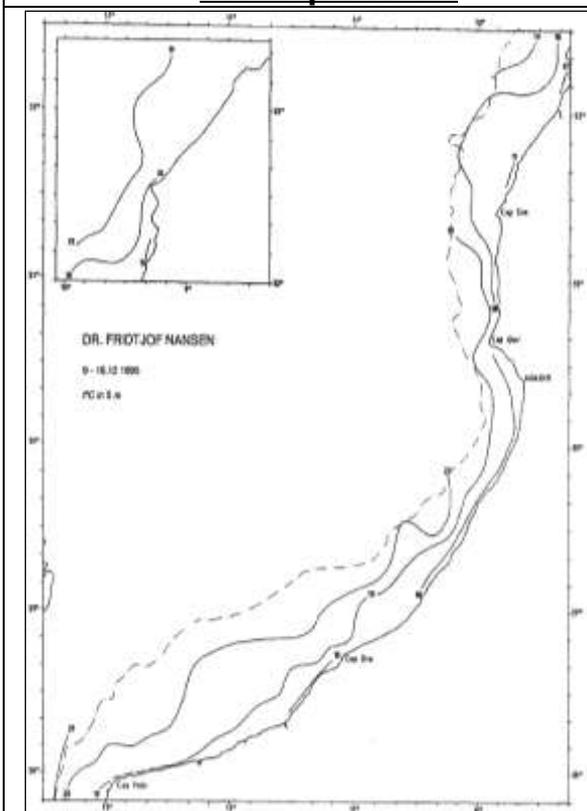
- deux zones situées au Nord de Cap Juby (28°N), entre les Caps Cantin et Ghir et entre Cap Drâa et Cap Juby, caractérisées par une activité estivale de l'upwelling,
- une zone 3, entre Cap Bojdor et Dakhla, active pendant les deux saisons avec une intensité variable,
- une zone 4, entre Cap Barbas et Cap Blanc, très riche en matières minérales (phosphates), très influencée par l'existence quasi permanente de l'upwelling et par la propagation, vers le Nord, des Eaux centrales Sud Atlantiques.

²² A travers le monde, les stocks de la sardine du Japon et de Californie et de l'anchois du Pérou sont des exemples célèbres de l'effondrement de stocks, dû à l'impact de la variabilité du milieu marin dans les zones d'upwelling.

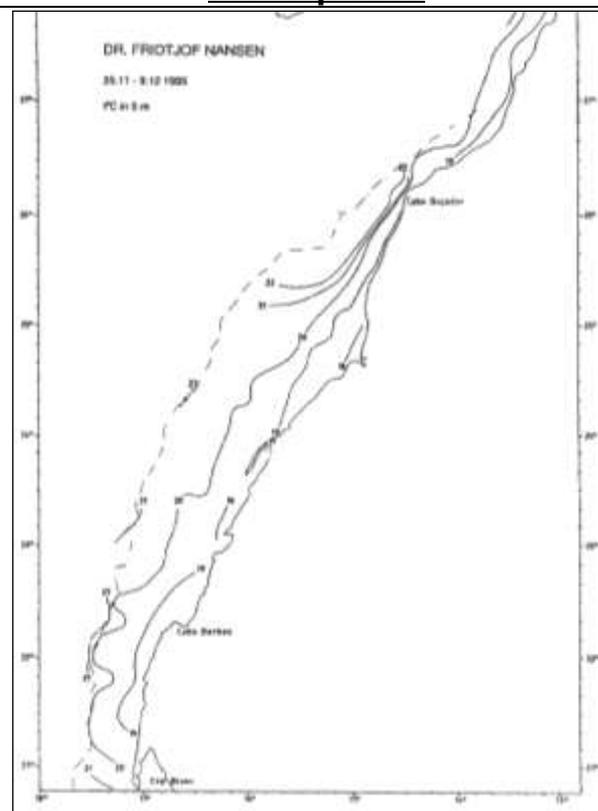
Actuellement, l'upwelling supporte encore les effets du changement climatique. Le risque majeur est celui d'une réduction de ce système qui aboutirait au réchauffement des eaux de surface, du fait du moindre déplacement des eaux sous l'effet du vent alizé. On aurait ainsi moins de remontées d'eaux profondes et donc moins de concentration en sels minéraux et en nutriments. La richesse biologique des eaux serait nettement amoindrie.

La variabilité climatique dans la zone du courant des Canaries, a été étudiée par l'INRH, à partir de la base de données de l'International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set (ICOADS, <http://www.cdc.noaa.gov/>) de 1946 à 2005. Cette base de données rassemble 100 millions d'observations météorologiques²³ de surface collectées par les navires marchands et d'autres plates-formes sur les océans du monde entier.

Graphique 56 : Carte des températures de l'eau de mer le long de la côte atlantique centre



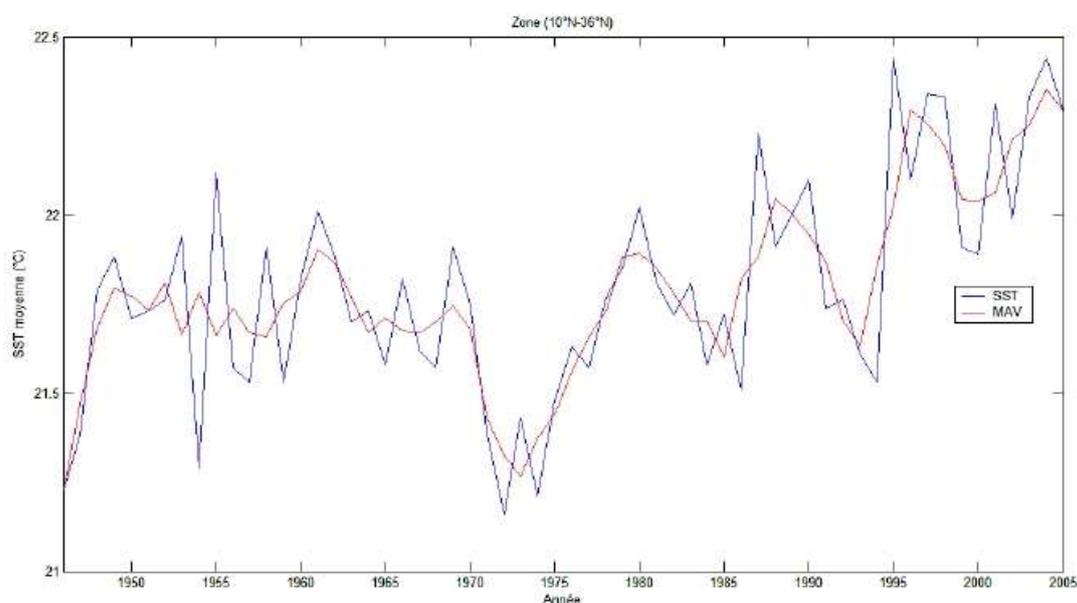
Graphique 57 : Carte des températures de l'eau de mer le long de la côte atlantique sud



Les paramètres retenus sont la température de surface (ou SST) et l'intensité du vent.

²³ Mais les changements des méthodes de mesure au cours du temps sont à l'origine d'erreurs dont il faut tenir compte.

Graphique 58 : Température moyenne de surface de l'eau (SST) (10° - 36°N) sur la période 1950-2005 et moyenne mobile sur cinq ans (en rouge)

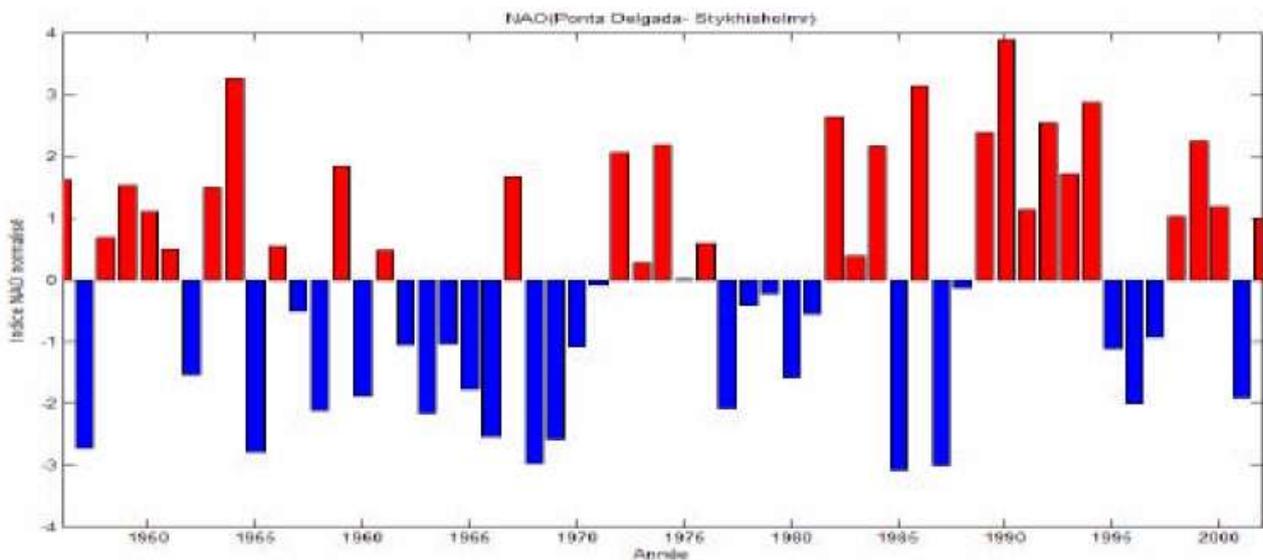


Source : Hilmi & al., 2000

La température de surface de l'eau (SST) présente une moyenne approximativement stable de 1946 à 1970, une forte tendance vers la baisse entre 1970-1975 puis des fluctuations en «dents de scie » montrant une forte tendance vers la hausse à partir de 1975.

L'oscillation Nord-Atlantique (NAO) affecte la distribution du champ de pression sur l'Atlantique Nord et se traduit généralement par des anomalies de pression entre les Iles Açores et l'Islande. Un indice caractérisant cette oscillation est élaboré en utilisant la différence de pression normalisée enregistrée aux stations de mesures de Ponta Delgada (Iles Açores) et Stykhisholmr (Islande).

Graphique 59: L'oscillation NAO



Source : Hilmi & al., 2000

Lorsque cet indice est positif (en rouge sur la figure), il représente une pression supérieure à la moyenne sur les Açores, se traduisant par un renforcement de l'Anticyclone des Açores et inférieure à la normale sur l'Islande, c'est-à-dire un creusement de la dépression d'Islande. Les valeurs négatives de cet indice (en couleur bleue sur la figure) reflètent une situation opposée de la pression sur ces régions. Sur la période 1946-2005, on note des alternances entre les deux phases de cette oscillation, particulièrement marquée durant la dernière décennie du 20^{ème} siècle, par des épisodes à forte phase positive (1990-1995 ; 1999-2000) et à phase négative entre 1995-1997 et en 2001.

Depuis l'année 1995, l'activité de l'upwelling du Cap Boujdor a connu une régression qui s'est manifestée par une anomalie de température marquée pendant l'automne 1995 et l'hiver 1997 où la température des eaux de remontée s'est élevée à 19°C. Cela s'est répercuté sur la faiblesse des teneurs en phosphates dans cette zone.

Les résultats des campagnes océanographiques²⁴ effectuées le long de la côte atlantique de 1994 à 1998 par l'INRH, en collaboration avec des institutions russes, ont montré une variabilité plus marquée des paramètres océanographiques durant les saisons hivernales qu'estivales. Ainsi, une anomalie de température positive de l'ordre de +2°C a été notée, accompagnée d'une légère augmentation de la salinité. Les régions les plus affectées par cette anomalie sont la section entre Cap Juby et Cap Blanc (Hilmi et al., 2000).

Une série d'épisodes de relâchement des vents Alizés a été constatée à partir de l'automne 1995 et a coïncidé avec le début de l'anomalie de température observée ; l'affaiblissement des vents Alizés serait ainsi responsable de la diminution de l'upwelling. Cette anomalie de température a coïncidé sur le plan national avec la sécheresse de l'année 1994-95 et, à l'échelle planétaire, avec la fin des épisodes d'El Niño, 1990-95. Les sécheresses sont un phénomène structurel du climat marocain et s'expliquent d'habitude par des situations de blocage liées au positionnement de l'Anticyclone des Açores. Les corrélations entre tous ces phénomènes sont pour l'instant décrites, mais non encore définitivement établies.

Par la même occasion, les eaux plus chaudes le long de la côte marocaine seraient responsables de plus de turbulence et donc de mouvements convectifs qui donneraient plus de chance à la cyclogenèse responsable de perturbations locales catastrophiques.

L'élévation de la température de l'eau de mer, par effet de changement climatique, risque aussi de modifier la structure des peuplements, par l'invasion d'espèces adaptées aux nouvelles conditions (dont des algues nuisibles, comme *Caulerpa taxifolia*. Cette espèce invasive est déjà signalée en Espagne du Sud et en Algérie. Elle risque de se développer sur la côte méditerranéenne du Maroc.

Le phénomène des « eaux colorées », déjà constaté et dû à l'apparition régulière d'algues planctoniques en floraisons massives et imprévues, risque de se développer plus, du fait à la fois de la pollution et du réchauffement. Ces floraisons produisent des toxines dommageables pour le poisson (mortalités massives) et pour la santé humaine, en cas de consommation d'organismes ayant accumulé ces toxines (moules par exemple).

²⁴ Au cours des campagnes de l'INRH, divers paramètres océanographiques sont collectés et déterminés selon les méthodes suivantes:

- les paramètres physiques (température, salinité et profondeur) sont collectés à l'aide d'un CTD (Conductivity, temperature, depth) (de type Neil Brown) qui permet d'enregistrer simultanément les données à différentes profondeurs sur ordinateur.
- les paramètres chimiques : des échantillons d'eau sont collectés à différentes profondeurs pour : a) les analyses des phosphates (méthode spectrophotométrique) et de l'oxygène dissous par la méthode volumétrique de Winkler (Aminot et Chaussepied, 1983) et b) la chlorophylle « a » qui est dosée par le biais d'un fluorimètre et la mesure de la production primaire journalière qui est déterminée par la méthode du 14 °C.

On peut donc retenir deux risques majeurs et dont les effets peuvent se faire sentir à échéance rapide, peut-être même imprévisible :

- la perte en richesse biologique et donc halieutique de la côte atlantique du fait d'une réduction de l'upwelling,
- le développement d'espèces nuisibles, à effet de contamination d'autres espèces à valeur économique et d'accidents sanitaires graves.

3.2.2. L'élévation du niveau de la mer

Les opérations de mesure

La Maroc a récemment développé un réseau de mesure de la marée et du niveau de la mer, avec Sonde radar / micro-ondes et des data-logger numériques. Les mesures ont un pas de temps de 10 minutes (en 2006 – 2007).

La Direction des Ports et du Domaine Public Maritime (DPDPM) dispose aujourd'hui de 9 de ces nouveaux radars, à Dakhla, Laayoune, Tantan, Agadir, Kénitra, Mohammedia, Jorf Lasfar, Tanger, Nador. Par ailleurs, l'Agence Nationale de la Conservation Foncière, du Cadastre et de la Cartographie gère 2 marégraphes à Casablanca et AL Hoceima. Toutes les données sont collectées et analysées à Rabat. Par contre, le vieux marégraphe de Casablanca est devenu un vieil outil non opérationnel.

Graphique 60 : Le vieux marégraphe de Casablanca (état et situation), actuellement non fonctionnel



Graphique 61 : Le marégraphe de nouvelle génération à Mohammédia, avec data logger



Ce réseau de marégraphes côtiers numériques est dédié à l'observation de la variation du niveau des mers. Le service hydrographique de la DPDPM procède à l'archivage et au traitement des observations de la marée pour déterminer et améliorer les paramètres caractéristiques de la marée de chaque site de mesure.

Ces paramètres sont indispensables et utilisables dans des domaines aussi variés que :

- l'hydrographie portuaire : observation en temps réel des hauteurs d'eau pour la sécurité de la navigation à l'entrée des chenaux et des ports, prédiction de la marée, etc. ;
- la modélisation : définition des contraintes hydrodynamiques dans les modélisations océanographiques et d'hydrodynamique côtière ;
- la prévention des risques : étude statistique des surcotes et décotes, étude du niveau moyen des mers, etc. ;
- la géodésie : unification des réseaux de nivellement.

En plus de la mesure du niveau, les mesures de l'état de la mer sont importantes pour déterminer les risques d'inondation. Mais les mesures des houles le long du littoral marocain sont très peu développées, elles sont même déterminées dans certains ports par simples observations visuelles. Sur l'ensemble de la côte marocaine, seule la bouée de houle installée au port de Mohammedia assure des mesures sur le long terme et une surveillance de l'état de la mer.

La plus forte fréquence des niveaux marins extrêmes sur la côte, liée à des événements météorologiques marins de plus forte intensité pourra entraîner la transformation durable de la morphologie des littoraux²⁵.

Les impacts de l'ENM

La première menace de l'ENM réside dans l'inondation permanente par les eaux marines des littoraux les plus bas, comme les rivages des plaines deltaïques, les marais maritimes et les plages.

Ces milieux sont vulnérables, notamment là où l'occupation humaine a affaibli leur aptitude à compenser l'élévation du niveau marin par la fourniture de sédiments accumulés dans l'arrière côte (dune de haut de plage) et que l'homme a, soit remaniées soit fixées, en s'y installant.

Le rythme d'ENM peut sembler très faible et donc insensible, il est pourtant à effet cumulatif et devient à impact exagéré lorsqu'il s'accompagne de niveaux saisonniers de marée élevés ; les dégâts d'inondations et de destructions peuvent alors être catastrophiques.

Par ailleurs, d'après les études, il y aurait une augmentation de l'intensité, de la hauteur et de la fréquence des vagues au cours des 3 dernières décennies (2ème communication nationale).

Les environnements de plaines littorales et les zones humides (Merja Zerga, Sidi Moussa, Oualidia, Khnifiss, Sebkhia Bou Areg, Smir) et les estuaires des oueds exoréiques, les baies plus ou moins fermées (Dakhla, Tanger, Al Hoceima), les plages, les îlots côtiers (Essaouira, Ja'farine, Cala Iris, Skhirat) sont les plus vulnérables à la submersion par les eaux marines (Stour, 2004).

²⁵ Ainsi, les études ont montré que dans le delta de l'Ebre, une élévation du niveau de la mer de 0,50m donnera la probabilité de retour de 7 ans pour une sur-côte de 1,40m (alors que cette probabilité était de 75 ans). Cela signifie qu'avec l'ENM, les risques de sur-côtes lors des tempêtes seront plus fréquents. La submersion, l'érosion et la salinisation sont les résultats de cette évolution.

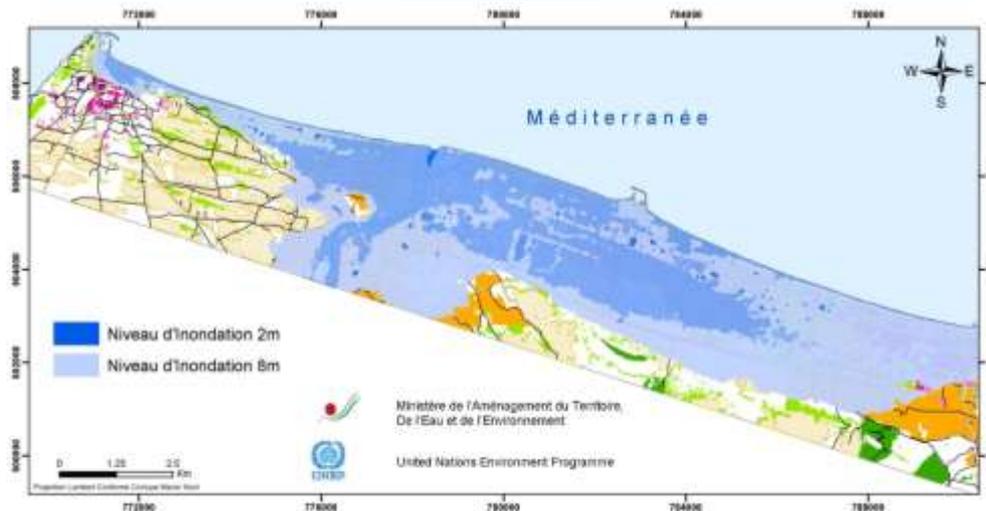
- Le Nord du Maroc

Graphique 62 : Les hotspots côtiers du Nord du Maroc



Dans les plaines très basses, l'inondation initiée par l'élévation du niveau de la mer aura des effets très importants. C'est ce qui a été montré pour la plaine de Saïdia (Snoussi, 2006, étude PNUE)²⁶.

Graphique 63 : Extension maximale des zones inondées lors d'événements conjuguant l'effet d'ENM, une situation de tempête et d'apports d'eau de ruissellement



Source : Etude PNUE, Snoussi, 2006

²⁶ Pour les besoins de cette étude, l'auteur a utilisé les données satellitaires de Méditerranée occidentale (3 mm/an de taux d'élévation du niveau marin), car beaucoup plus précises que les données des marégraphes. La projection (scénario de base), donne une élévation de 17,1 cm à l'horizon 2050 et de 32,1 cm à l'horizon 2100. En tenant compte des projections d'émissions de GES du GIEC, l'élévation prévue peut atteindre 86 cm d'ici 2100.

Les niveaux d'inondation ont été déterminés par le même auteur, en utilisant la formule de Hoozemans et al. (1993) qui tient compte de l'élévation relative du niveau marin, du niveau moyen des marées de hautes eaux, de la hauteur des houles de tempête responsables des inondations et de l'effet d'une baisse de pression. Deux niveaux d'inondation ont été déterminés aux horizons temps 2050 et 2100, un niveau minimum et un niveau maximum.

Les résultats obtenus par cet auteur pour le littoral de Saïdia sont les suivants :

Tableau : Les niveaux d'inondation aux horizons 2050 et 2100 pour le littoral de Saïdia (Snoussi, 2006)

| Scénarios | Niveau Minimum (m) | | Niveau Maximum (m) | | | |
|-----------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| | Scénario sans CC | Hypothèse basse | Scénario sans CC | Hypothèse basse | Hypothèse moyenne | Hypothèse haute |
| 2050 | 2,94 | 3,01 | 7,33 | 7,40 | 7,53 | 7,72 |
| 2100 | 3,09 | 3,29 | 7,48 | 7,68 | 7,97 | 8,34 ²⁷ |

Les superficies inondables ont été déterminées, dans cette étude, pour les deux niveaux d'inondation choisis. Des cartes d'occupation des sols au 1/10 000, générées à partir des photos aériennes, permettent de délimiter les zones potentiellement inondables, celles dont l'altitude est en deçà du niveau d'inondation déterminé. En effet, la carte d'occupation des sols donne la typologie, puis la valeur des unités inondables (tableau 12 de l'étude PNUE). Sur une superficie totale de 73 km², la superficie inondable dans la perspective la plus haute pourrait atteindre 43 km², à l'horizon 2100²⁸. C'est principalement la côte est et le SIBE de la Moulouya qui présenteraient les zones à risque d'inondation les plus importantes (Snoussi, 2006).

Ces éventualités dommageables, l'homme a fortement contribué d'ailleurs à les préparer et à les faciliter. En effet, la bande forestière côtière sur un front de 6 km de mer a été décimée moyennant des bulldozers, pour laisser place au béton. Les dunes maritimes qui stabilisaient cette merveilleuse plage ont été par ailleurs rasées.

²⁷ La différence, entre l'estimation de l'élévation maximale ne tenant pas compte du changement climatique et celle qui en tient compte est négligeable (moins d'1 m), comparée à la différence entre les deux hypothèses basse et haute ; celle-ci est liée aux autres facteurs d'inondation, la marée, les vagues de tempête et le champ de pression. C'est finalement la conjugaison de ces facteurs qui peut donner des situations exceptionnelles d'inondation.

²⁸ Cette étude ne propose néanmoins pas une estimation de fréquence de ces événements, ni une évaluation de durée de l'inondation, ce qui semble fondamental pour l'analyse des coûts de ces dégradations.

Dans ce même rapport, l'auteur (Snoussi, 2006) décrit des effets sur la baie de Tanger encore plus importants. Selon l'auteur : « Le littoral de la baie de Tanger... représente un autre type de littoral, qui a souffert de diverses pressions humaines qui ont considérablement diminué ses capacités d'adaptation naturelle.

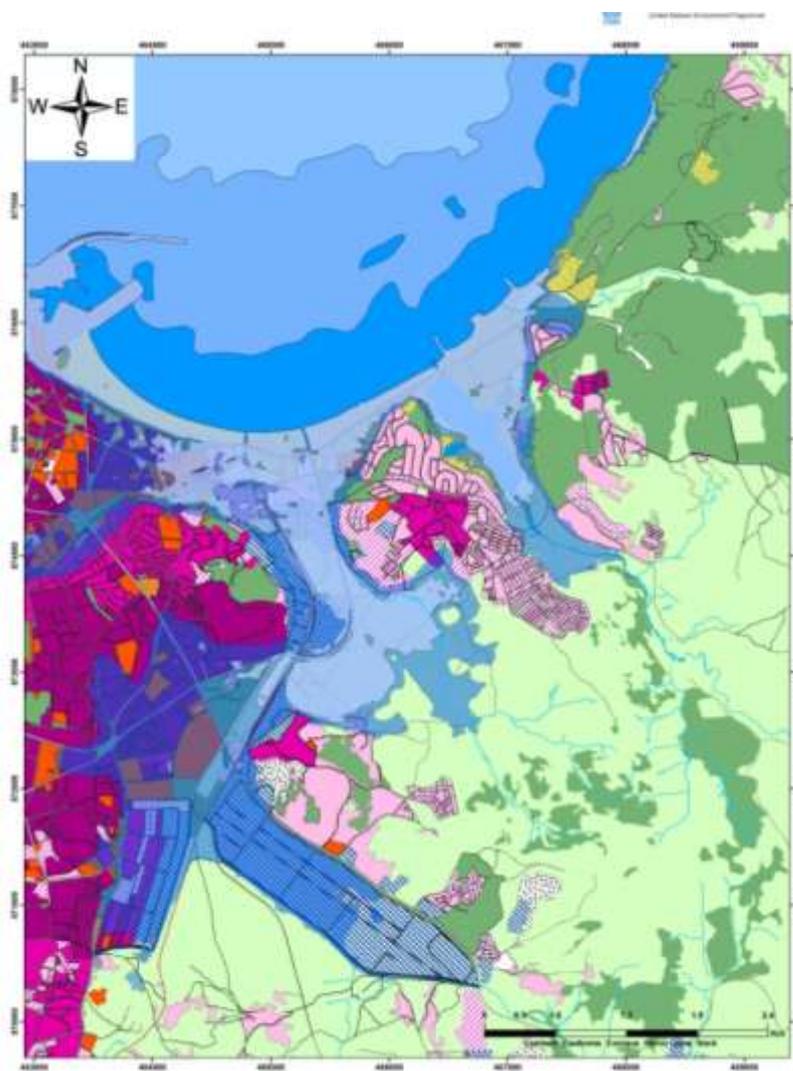
Par ailleurs, la configuration morphologique de la baie, la forte densité de la population, l'urbanisation souvent non contrôlée et les problèmes d'évacuation des eaux pluviales qui caractérisent la ville de Tanger, la rendent encore plus vulnérable aux changements climatiques tant du point de vue de ses écosystèmes naturels que de son importance en tant que pôle socio-économique du Nord du pays...

Les superficies inondables avec le niveau minimum de 4m, représentent près de 10% de la superficie totale de la zone d'étude. Ces inondations concerneraient les plages, les infrastructures portuaires, le lac artificiel, les ouvrages de protection (épis et brise lames), et les équipements du tourisme balnéaire, notamment tous les hôtels du front de mer. Avec le niveau d'inondation maximum de 11 m, la superficie inondable équivaut à près de 24% de la superficie totale.

Dans ces conditions, le canal de Moghogha et son talweg, la voie ferrée, les infrastructures touristiques et les zones urbaines seraient également en grande partie inondées ». Les autres unités (zones urbaines, zones industrielles, zones agricoles et végétation naturelle) semblent moins vulnérables à l'inondation.

L'ENM peut également avoir pour conséquence une extension et un approfondissement des lagunes. La submersion des zones humides pourrait compromettre leur valeur écologique, sociale et économique et obligerait les populations qui en dépendent à changer leurs activités.

Graphique 64 : Extension maximale des zones inondées dans la baie de Tanger, lors d'événements conjuguant l'effet d'ENM, d'une situation de tempête et d'apports d'eau de ruissellement



Source : Etude PNUD (Snoussi, 2006)

Les cordons littoraux pourraient également être facilement tronçonnés laissant pénétrer un plus grand volume d'eaux marines, ce qui pourrait être préjudiciable pour la végétation halophile des schorres qui sera soumise à une plus grande durée de submersion et à une salinité plus élevée, pour toutes les espèces sensibles à la salinité et à la tranche d'eau, ainsi que pour les ouvrages de protection (digues, jetées, épis, etc.).

La zone de Nador a connu une transformation radicale du milieu, avec le recul de l'intérêt économique que représente la lagune de Bou Arg, du fait de la compétition entre agriculture irriguée intensive (usage d'engrais et de pesticides), de l'urbanisation (pollution forte des rejets, malgré l'épuration) et de l'aquaculture. Par ailleurs, les apports sédimentaires remblaient les zones peu profondes et amènent l'envasement de la lagune qui connaît une situation de confinement.

Le relèvement du niveau marin pourrait en principe compenser cette sédimentation et offrir de nouvelles conditions d'oxygénation de la lagune, du fait du plus fort hydrodynamisme. Mais on ne peut savoir comment réagira la passe lagune – mer et quelles seront les nouvelles conditions de salinité et de productivité biologique.

La lagune de Nador est une zone humide reconnue par la Convention de Ramsar. La durabilité de développement de l'aquaculture nécessite que l'on évite la marinisation trop rapide des eaux et qu'on limite les échanges mer-lagune à un renouvellement par mois en édifiant une embouchure artificielle stable. Les oscillations marégraphiques sont très faibles mais le prisme de marée de vives eaux représente quand même, plus de 9 millions de m³ par cycle de marée.

La vitesse de flot atteint une valeur maximale de 1,5 m/s dans le chenal d'embouchure. Des courants de flot et de jusant plus puissants signifieraient la probabilité de rupture du cordon littoral, ce qui provoquerait une marinisation, plus d'agitation des eaux et un changement des conditions de sédimentation dans la lagune. Les espèces d'élevage s'en ressentiraient fortement.

Un modèle numérique de terrain (MNT) de la lagune et de ses rebords, avec délimitation du niveau 1 m et la superposition de la carte d'utilisation des sols et de la carte de la nappe de Bien Arg permettrait d'indiquer clairement les menaces encourues. C'est ce qui a été réalisé dans l'étude de Niazi et al. 2007.

La zone inondable serait de 7 km², avec notamment les marais, les bassins de lagunage, les digues des ports, quelques zones bâties et environ 40 % des plages sableuses du cordon de la lagune. Dans ce cordon, des brèches vont s'ouvrir lors des tempêtes. 22 % de la longueur totale du littoral connaîtraient une vulnérabilité très élevée et 42 % un risque élevé. La vulnérabilité à l'intrusion saline concernera environ 21 km² (Niazi et al. 2007).

Sur le plan chimique, le risque de dessalure par apport excessif d'eaux douces peut avoir un effet destructeur sur la faune. La sécheresse ou la remontée marine pourrait accentuer la salinité. Le maintien de l'équilibre est donc fondamental. La pollution représente un risque encore plus élevé pour la lagune. Le confinement par ensablement de la passe peut entraîner un phénomène d'eutrophisation.

D'ailleurs l'enrichissement biologique est accentué par les rejets urbains, quoique partiellement épurés. Les apports proviennent surtout de l'oued Sélouane, de l'oued Bou Arg et des canaux d'irrigation de la plaine, en plus des eaux d'épuration de la station de Nador et des eaux d'assainissement ou de ruissellement direct de plusieurs douars.

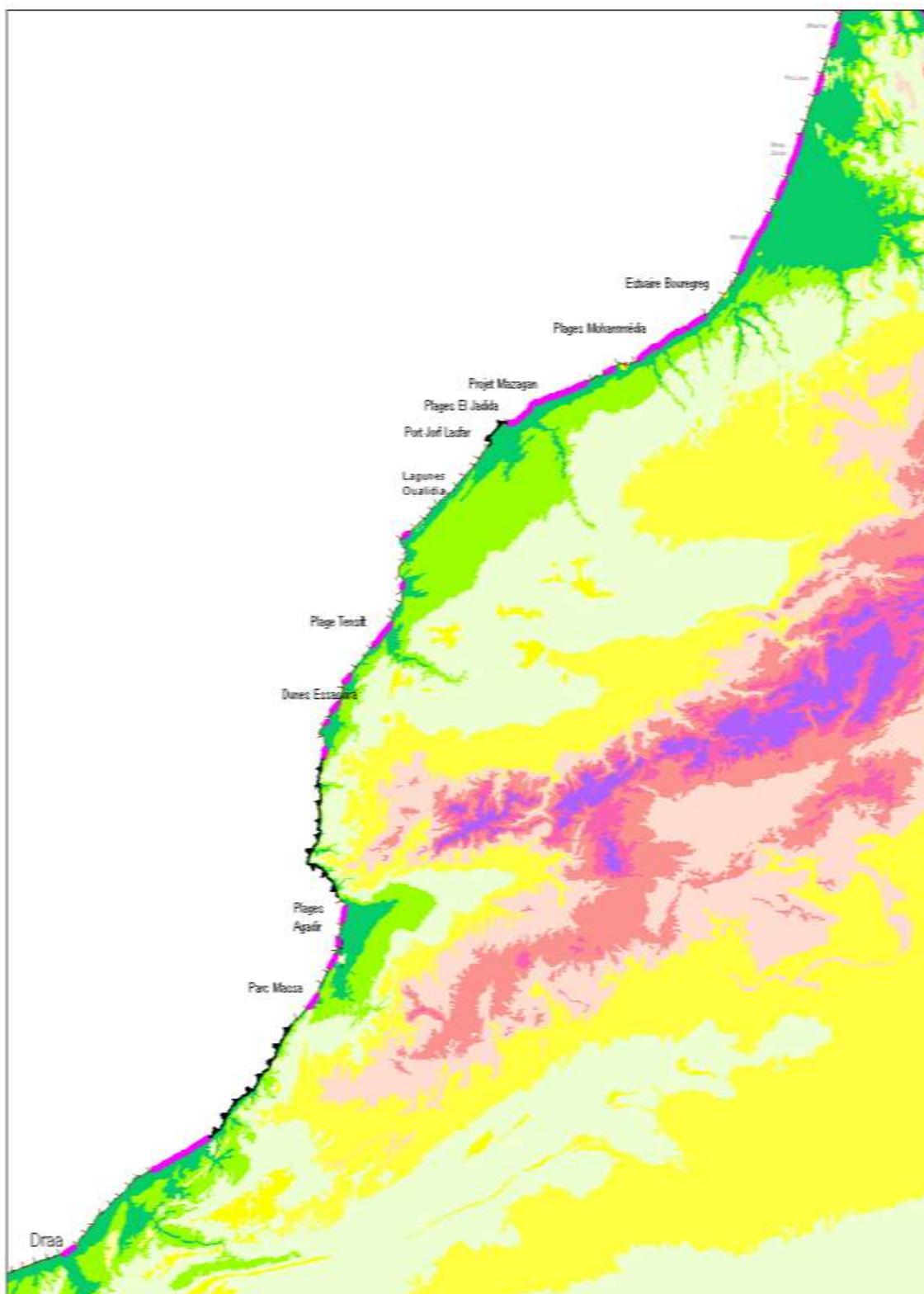
D'autres espaces littoraux de la côte méditerranéenne sont fortement menacés par l'élévation du niveau de la mer ; on peut citer en particulier :

- la baie d'Al Hoceïma,
- les plages rifaines de Cala Iris, de Stiha et de l'oued Lao,
- le cordon littoral et les terres humides du littoral de Tétouan, surtout que cet espace est fortement urbanisé et donc très vulnérable aux inondations.

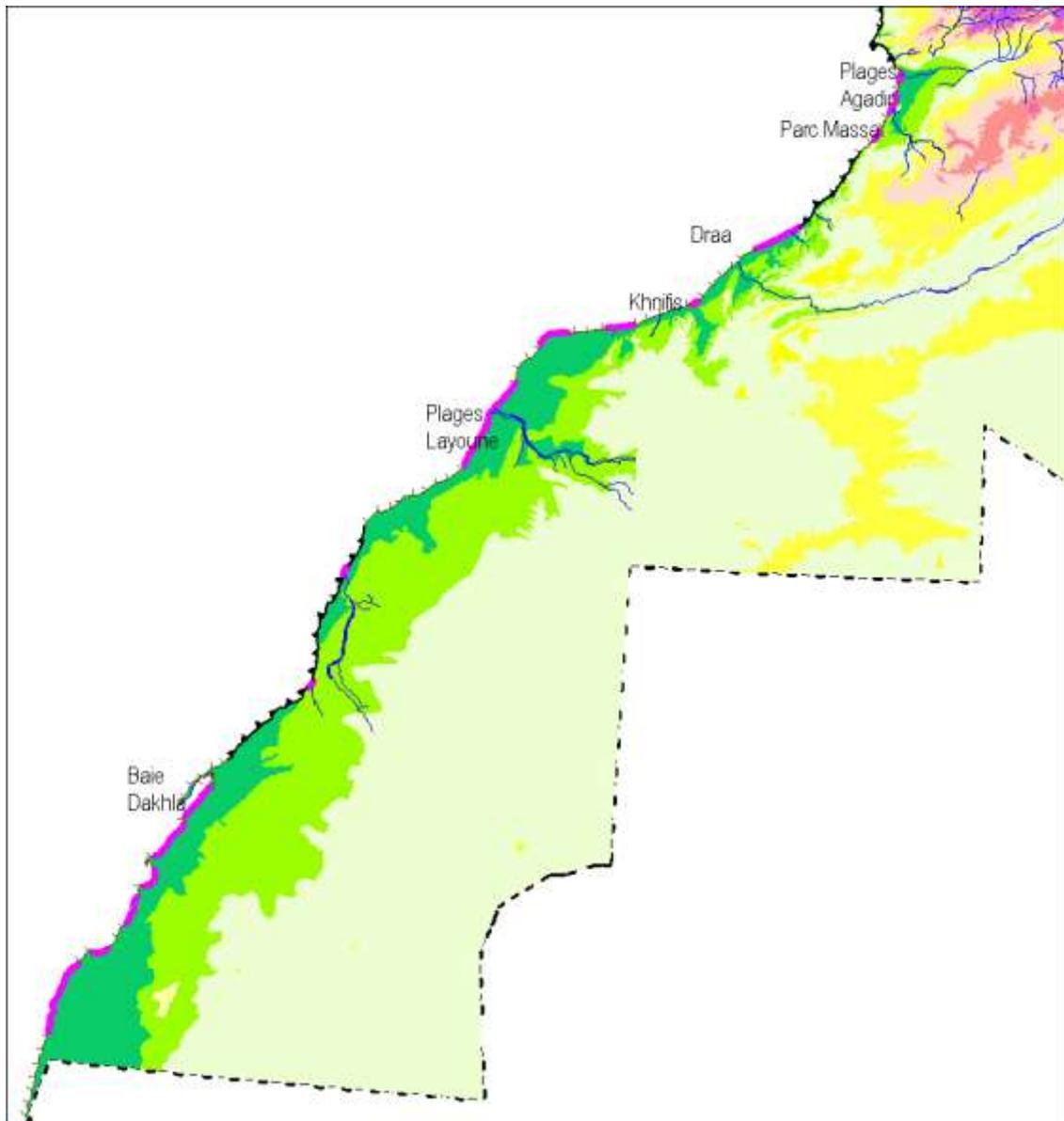
La côte de la région atlantique centrale

Dans la région atlantique centrale, de Mehdiya à l'embouchure du Draa, les effets de l'élévation marine peuvent causer la submersion de plusieurs basses terres côtières. Cette submersion sera néanmoins limitée à une étroite frange côtière, du fait de la pente assez généralement forte des plages. Ce littoral connaîtra par contre beaucoup plus, un phénomène d'érosion.

Graphique 65 : Les hotspots de la côte atlantique centrale



Graphique 66 : Les hotspots côtiers du Maroc sud



La lagune de Khnifis, au sud du Maroc, est une réserve biologique d'intérêt mondial pour l'avifaune. Elle connaît un courant alternatif et bidirectionnel, dans lequel les courants de jusant sont plus importants que ceux de flot, ce qui explique la richesse en éléments azotés et phosphatés surtout en période de vive eau. En plus, intervient la richesse en éléments nutritifs due à l'effet de l'upwelling en mer. Le milieu est ainsi propice à la conchyliculture.

Il existe pourtant des différences selon le degré d'influence océanique ; la Zone III de la lagune (cf. Graphique 54) ne connaît pas d'apports d'eaux douces ; on y remarque une forte élévation de la salinité et de la température, ce qui exclut cette zone de l'activité possible d'aquaculture. Par contre, les Zones I et II enregistrent un renouvellement important des eaux lagunaires (Lakhdar Idrissi & al., 2004).

L'élévation du niveau de la mer aura donc pour conséquence principale une plus grande pénétration des eaux marines, sans que la sédimentation connaisse forcément une recrudescence permettant d'augurer d'un équilibre.

L'érosion côtière

Concernant la dynamique des plages et de la côte en général, face au changement climatique, les travaux de recherche et les investigations se penchent sur les processus d'érosion qui affectent le littoral et qui sont accentués du fait du relèvement de niveau et de la nouvelle configuration océanographique (courants, vagues, tempêtes).

On procède à un levé bathymétrique, avec un maillage de 20 m, sur au moins 4 km de large, jusqu'à 10 ou 15 m en dessous du zéro et à un levé topographique de la plage entre côte basse et la corniche, avec des profils transversaux séparés de 50 m au plus. Cette étude permet de déterminer le transit littoral, c'est à dire le bilan des transports sédimentaires dans diverses directions, par modélisation numérique et formules empiriques. Il faut en outre déterminer le bilan du transit éolien. On obtient ainsi une estimation des volumes de sable transitant le long de la côte et ceux atterrissant annuellement dans des sous-espaces particuliers de la plage et à des périodes spécifiques. La détermination de l'élévation des fonds dans les zones d'engraissement et celles d'érosion permet d'avancer des propositions de solutions pour réduire l'ensablement dans les zones d'accrétion et l'érosion dans les zones d'ablation et donc de mettre en place des scénarios de protection et d'atténuation. L'établissement d'une cartographie des aléas liés à la submersion ou à l'érosion est un moyen d'évaluation fondamental.

Au Maroc, les 2/3 des plages sont en érosion, les falaises elles aussi reculent, notamment entre Jorf Lasfar et Oualidia ; à l'inverse, de multiples installations portuaires doivent subir en continu des opérations de dragage (Chaouqi, 2004) du fait de l'ensablement ou de l'envasement.

L'ENM ne peut qu'exagérer ces tendances. Or, les plages affectées par l'érosion de leur sable, représentent les fondements du tourisme balnéaire, en plein essor. C'est là un risque majeur, déjà en cours. Cette érosion est due à un déficit en sédiments aggravé par l'homme, du fait de l'édification de barrages, de l'extraction de sables sur le littoral et d'erreurs commises dans l'aménagement des côtes.

Avec la hausse du niveau marin, on assistera à plus de propagation de la houle vers le rivage ; l'énergie libérée est forcément plus grande, du fait de la réduction du freinage opéré d'habitude sur le bas de plage. Les hauts de plage et les dunes littorales vont subir cet effet en perdant de leur substance. Les falaises aussi reculent sous le déferlement des vagues, par gros temps et l'élévation du niveau marin accélérera ce recul.

Les plages de Saïdia et Ras Al Ma, au nord-est du Maroc, sont un exemple parfait de cette problématique. En plus, c'est une zone qui a été étudiée en profondeur par de multiples chercheurs. Ce sont les plus importantes plages du Maroc nord-oriental car elles représentent un linéaire de plus de 20 km, connaissant un gros effort de mise en valeur qui comporte, compte tenu des modes d'aménagement, des risques de dégradation de l'environnement (destruction du couvert végétal, construction de rangées de villas directement sur la dune, implantation des équipements d'animation commerciale directement sur la plage, difficultés d'assainissement ...) et qui se trouvent aujourd'hui et dans le futur sous l'effet d'une exagération des tendances régressives du fait du changement climatique.

Ce secteur était pour l'essentiel orienté vers la satisfaction de la demande régionale et nationale. Le rythme d'évolution était en plus, intimement lié aux Marocains de l'étranger. Depuis peu, la perspective d'un tourisme international et les investissements puissants qui ont été réalisés ont, comme évoqué précédemment, complètement changé la donne. Les ressources côtières de la région sont devenues beaucoup plus précieuses eu égard aux investissements consentis. Le risque de dégradation lié au changement climatique devient donc plus prononcé.

Depuis la frontière et jusqu'à Ras el Ma, il s'agit de larges plages sableuses ininterrompues sur les deux rives du débouché de la Moulouya (Laouina, 1987a & b); la côte est particulièrement rectiligne, bordée vers l'intérieur par d'importantes accumulations dunaires, fixées par le couvert végétal, mais d'une grande fragilité, du fait de la forte pression sur ces milieux. Le changement climatique ne fera qu'exagérer des dynamiques déjà enclenchées. Différentes accumulations sableuses de modelé dunaire constituent un stock sableux instable, sujet à la déflation éolienne et à l'érosion marine et que toute exploitation imprudente permettrait de déstabiliser de manière durable. Les dunes avaient été plantées par des eucalyptus et des acacias il y a maintenant plusieurs dizaines d'années. Par ailleurs, depuis la mise en œuvre du projet de protection du SIBE de la Moulouya, des efforts importants de fixation des dunes ont été entrepris.

Cette zone est actuellement soumise à une forte pression pour le développement du tourisme balnéaire et l'urbanisation (Bouabdallah & Larue, 2009). Toutes les études ont recommandé d'interdire l'exploitation de sable car cela accélérerait l'érosion marine déjà perceptible. Le Cap de l'Eau, à l'extrémité occidentale protège la plage de Saïdia des houles de nord-ouest. Ceci n'empêche pas la plage de connaître actuellement une tendance à l'érosion des sables.

Ces études ont aussi recommandé que l'occupation du domaine public maritime soit proscrite et que les installations touristiques se placent loin en arrière, pour permettre la poursuite de l'échange sédimentaire continent/mer et pour prévenir l'amaigrissement de la plage. La largeur de l'estran est de 7 à 10 m avec une faible pente en haut et en dessus s'observent des figures de courant. Avec la dérive, les sables sont mobilisés.

Des ouvertures naturelles ont été conservées. La zone du delta de la Moulouya constitue le milieu le plus favorable car le plus spectaculaire et le plus varié. Le delta est en évolution permanente, en raison des transformations que le cours de l'oued et son débit ont subies. Il a connu récemment un important déplacement de son tracé qui peut avoir un impact important sur l'équilibre des plages de la région et sur le fonctionnement du port de pêche proche de Cap de l'eau. Celui-ci enregistre un ensablement de son entrée du fait du transit de sables avec la dérive. Comme évoqué précédemment, des signes de déficit du stock sableux sur le rivage, du fait de la construction des barrages sur la Moulouya, commencent à être visibles sur les dunes et les plages.

Aujourd'hui, l'important développement touristique et urbanistique modifiera totalement et durablement cette région côtière, tant sur le plan socio-économique qu'environnemental et paysager.

Graphique 67 : Dunes rasées, en voie de remplacement par le complexe touristique



Source : Bouabdallah & Larue, 2009

Le projet touristique mis en œuvre, aux portes du SIBE du delta de Moulouya, risque d'augmenter encore plus la vulnérabilité de la plaine littorale en concentrant les flux de fréquentation sur son emprise (Snoussi M., Etude PNUE). Selon une projection aux horizons 2050 et 2100, avec des niveaux d'inondation maximaux, lors de tempêtes extrêmes, les plages seront de toute façon soumises à plus d'érosion qu'actuellement, notamment celles du secteur ouest entre Ras El Ma et l'embouchure de la Moulouya puis celle de la station balnéaire de Mediterranea-Saïdia. L'étude a même estimé la valeur économique des actifs susceptibles d'être perdus et qui seraient de 1,19 milliards DH avec le niveau d'inondation extrême de 2 m et 391,13 milliards DH avec le niveau de 8m. Les aménagements touristiques seront les premiers touchés.

Graphique 68 : La dynamique au niveau de Cap de l'Eau



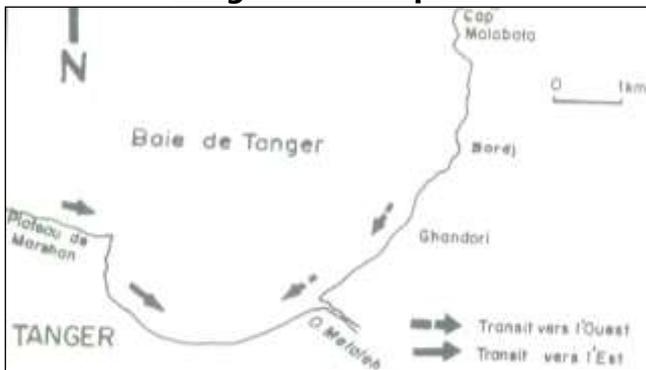
Source : Bouabdallah & Larue, 2009

A l'horizon 2050, les pertes de la superficie actuelle des plages, dues à l'élévation du niveau marin (environ 9% pour l'hypothèse basse et 26% pour l'hypothèse moyenne) sont estimées comme limitées. En cas d'une élévation forte du niveau de la mer, l'érosion pourrait emporter près de la moitié de la superficie des plages. A l'horizon 2100, les pertes pourraient concerner 72% de la superficie actuelle.

Les plages les plus vulnérables à l'érosion côtière sont celles du secteur ouest entre Ras El Ma et l'embouchure de la Moulouya ; vient ensuite la plage de Saïdia (secteur est) concernée par la station balnéaire ; le secteur central serait relativement épargné parce que les dunes littorales y sont préservées car incluses dans le SIBE de la Moulouya. Leur stock de sable sert pour le rééquilibrage et l'adaptation naturelle des profils littoraux à l'élévation du niveau de la mer.

Les plages de la baie de Tanger ont, pour leur part, évolué en fonction de la construction du port de Tanger (Berriane et Laouina Eds, 1993). L'érosion y a détruit les projets de développement touristique de la partie orientale de la plage (Jaïdi & al., 1993).

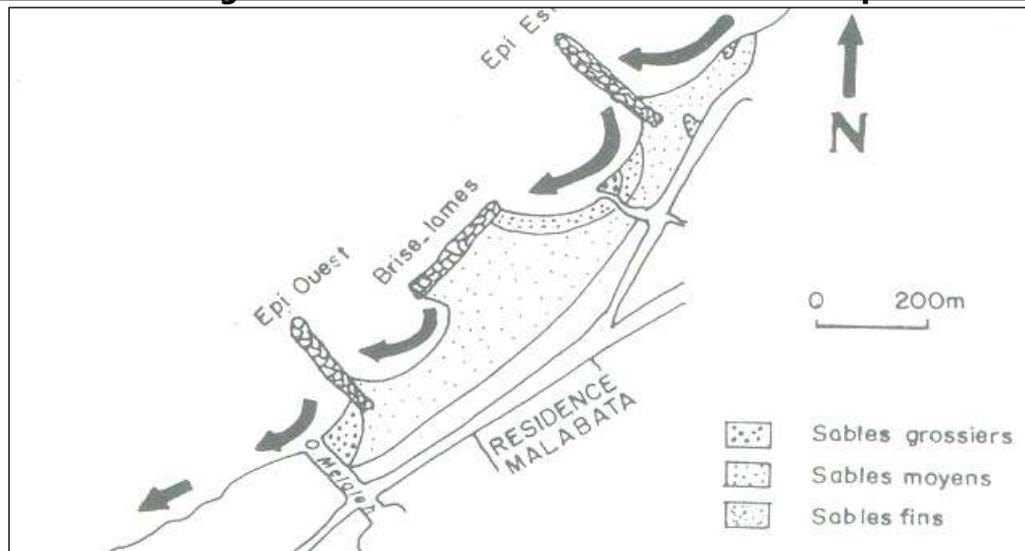
Graphique 69a : Dynamique de la plage de Tanger avant le port



Graphique 69b : Dynamique après la construction et le prolongement de la jetée



Graphique 69c : Aménagements de défense suite à l'érosion de la partie Est de la plage



Source : Jaïdi & al., 1993

Avec l'installation d'épis et de brise-lames, la circulation est ralentie et des sables sont piégés, mais l'érosion s'est accentuée dans la partie centrale de la baie. Le changement climatique va exagérer ces tendances.

Les superficies de plages qui seraient perdues par érosion pour les horizons temporels 2050 et 2100 pourraient atteindre près de la moitié de la superficie actuelle, dans l'hypothèse haute d'élévation.

Tableau : Total des superficies perdues par érosion côtière (en % de la superficie totale)

| Horizon Temps | Scénario base | Avec élévation du niveau de la mer | | |
|------------------|------------------|------------------------------------|----------------------|--------------------|
| | | Hypothèse basse | Hypothèse moyenne | Hypothèse haute |
| 2050 | 9,6 | 4,0 | 11,4 | 22,2 |
| 2100 | 18,3 | 11,4 | 28,0 | 49,1 |

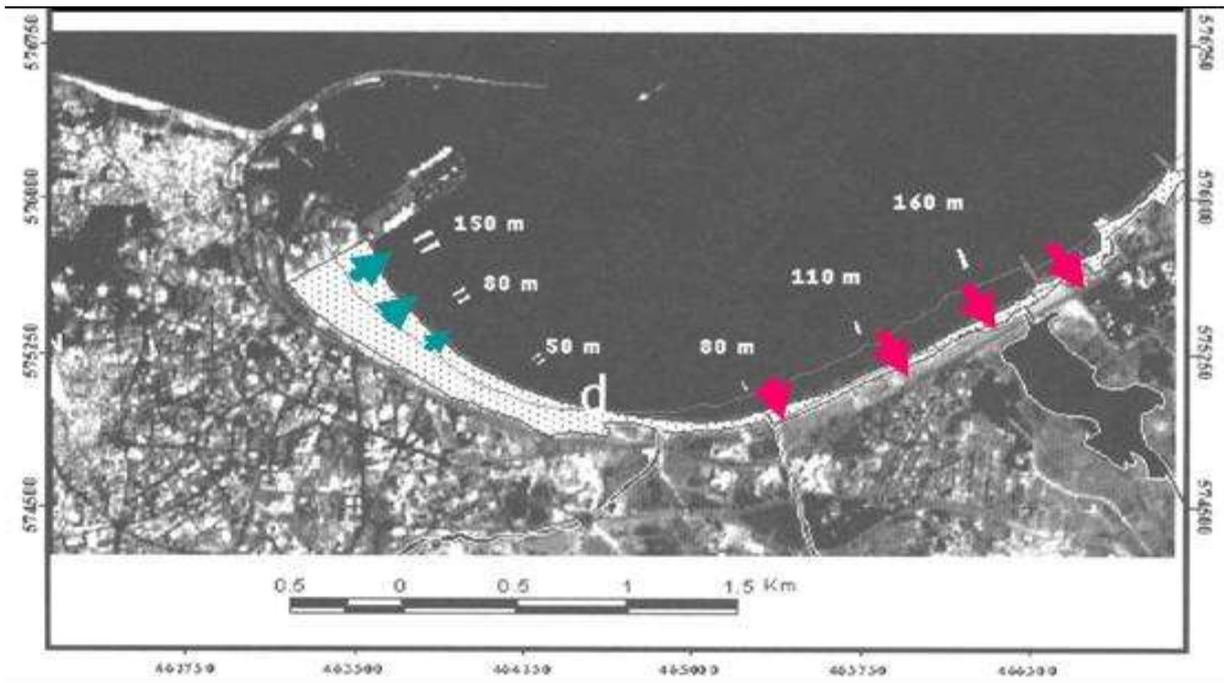
Source : Snoussi, 2006

« Les résultats montrent que dans l'ensemble, ce sont surtout les plages Tarik, Marbel et Sanaa qui sont les plus vulnérables à l'érosion côtière, engendrée par l'accélération de l'élévation du niveau de la mer. Ceci semble lié à la dynamique hydrosédimentaire de la baie, mais surtout au fait que c'est au niveau de ces plages que le cordon dunaire a été détruit du fait des constructions très près du trait de côte. Le stock sédimentaire qui aurait pu permettre le rééquilibrage des profils de plages a ainsi disparu » (Snoussi, 2006).

De manière générale, le littoral montre dans sa partie est des signes d'érosion très sévère alors que la zone proche du port continue à s'engraisser (Long, 1998 ; El Arrim, 2001 ; El Moumni et al., 2002, Bouzidi, 2004).

Le calcul de l'érosion des plages a été entrepris par Long en 1998 à partir de l'évolution des cartes topo-bathymétriques et des profils de plage perpendiculaires au rivage qui ont été recalculés tous les 100m sur la ligne du zéro marin. L'analyse des profils a montré deux familles distinctes de profils soit en sédimentation, soit en érosion. La zone en sédimentation s'étend depuis le quai jusqu'au kilomètre 1,1 ; puis, sur une zone de 300 m le littoral montre un profil d'équilibre. Enfin, en direction de l'Est, tous les profils sont en érosion.

Graphique 70 : Evolution des plages de Tanger



Source : El Moumni et al., 2002

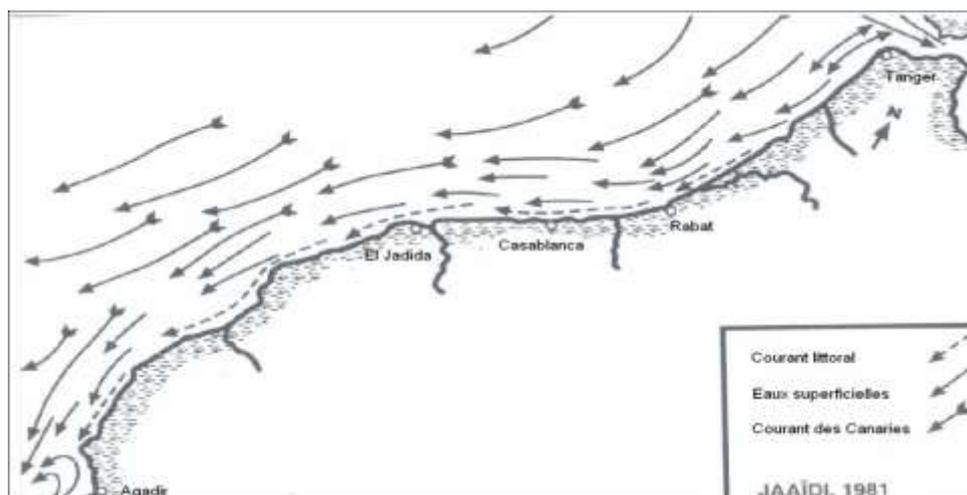
Les secteurs de falaises connaissent des phénomènes d'érosion moins rapides, sans doute, mais tout autant négatifs ; ils peuvent même être spectaculaires. C'est le cas dans le Massif des Bokkoya, un chaînon montagneux calcaire situé dans la partie centrale côtière de la chaîne du Rif, au droit d'Al Hoceima. Les rebords maritimes se caractérisent par des falaises raides dépassant par endroits 300 m de dénivellation. Elles sont souvent le siège d'une instabilité qui se manifeste par des glissements et éboulements rapides et déstabilisateurs pour la totalité du paysage. Ces phénomènes sont très difficiles à combattre.

Le versant au sud de Cala Bonita est un exemple typique de ces zones à risque. Cette dynamique superficielle se matérialise par la superposition de plusieurs phases de glissement rotationnel à translationnel (Azzouz, 2002). Les phénomènes opèrent de manière progressive en remontant la pente depuis la mer. Le changement climatique, à travers l'ENM aura pour effet de réactiver certains de ces mouvements de masse, par le sapement des bas de falaises, notamment lors des tempêtes.

Les plages du Maroc atlantique connaissent elles aussi des phénomènes d'érosion préoccupants. Cette zone connaît des déplacements d'eaux marines essentiellement dans une direction nord – sud.

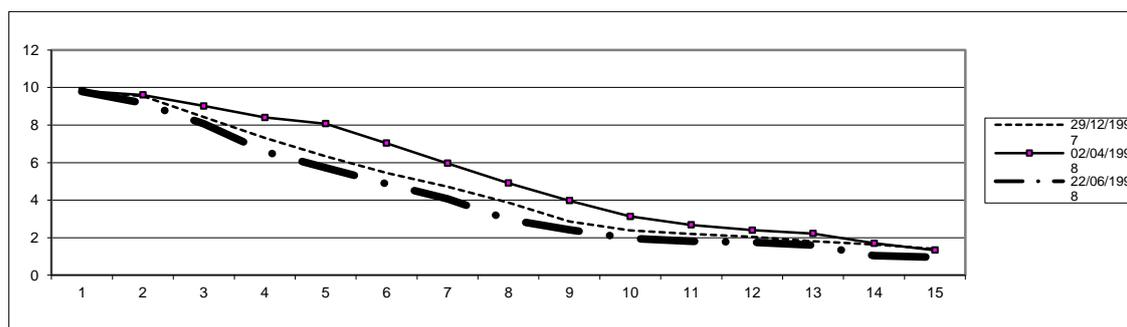
Le littoral atlantique nord (Tanger – Casablanca) correspond au rivage bordant de bas plateaux dans la région de Rabat, une plaine de niveau de base au droit de la région du Rharb et des glacis d'avant-pays collinaire ou montagneux plus au nord. Partout les reliefs élevés sont donc éloignés de la mer. Mais cela n'empêche pas la présence de longues sections en falaises plus ou moins vives bordant des plateaux et interrompues par des sections de plages.

Graphique 71 : Carte des courants marins et littoraux de la côte atlantique



Source : Jaïdi, 1981.

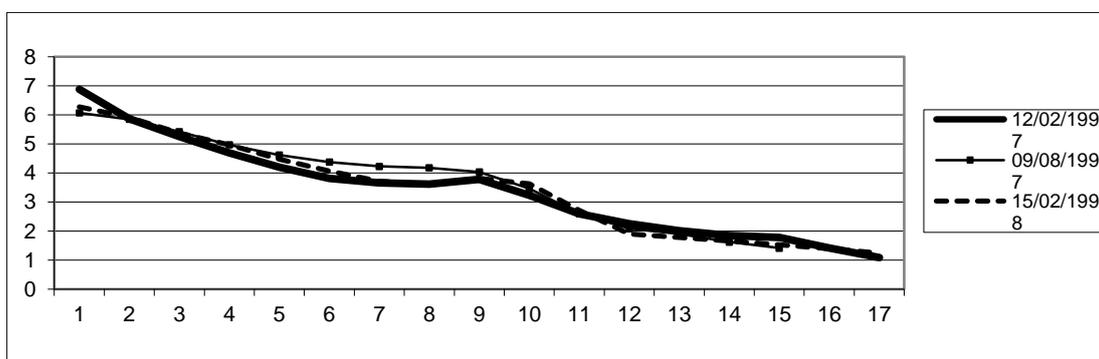
Graphique 72 : Profils de la plage des Contrebandiers à 3 dates successives ; l'érosion a surtout intéressé le haut de plage



Les plages de Témara – Skhirat enregistrent de sérieux phénomènes d'érosion. La plage de Skhirat (Benzaidia, 2002) enregistre une érosion maximale aux abords de l'épi ; vers le large on retrouve de grosses épaisseurs des sédiments emportés

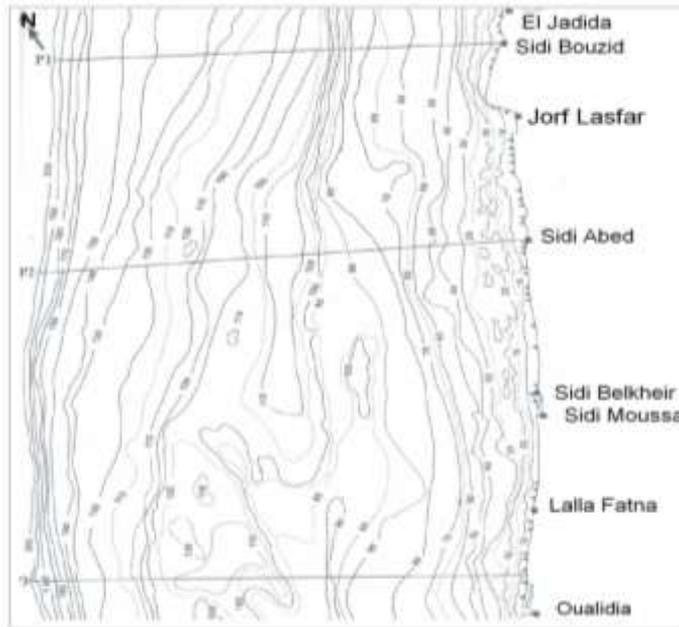
Les houles responsables sont les vagues frontales de directions nord-nord-ouest à ouest-sud-ouest, alors que la houle d'été est plus proche d'être parallèle au rivage. On enregistre des vagues d'une période de 13 secondes en hiver et d'une amplitude de 4m, avec des maxima de 7 m d'une fréquence de 1 jour sur 3 ans. Les courants longitudinaux sont ralentis du fait du caractère très accidenté de la côte. Sur le plan sédimentologique, les sables coquilliers dominent, notamment au nord de l'îlot. Les sables sont classés, selon le degré d'érosion, les plus gros se trouvant au nord-est, partie la plus ouverte, alors que la partie ouest est plus protégée du fait du haut fond rocheux. Les sables les plus grossiers se retrouvent ainsi autour de l'épi, lui-même largement entamé.

Graphique 73 : Profils de la plage de Skhirat à 3 dates successives

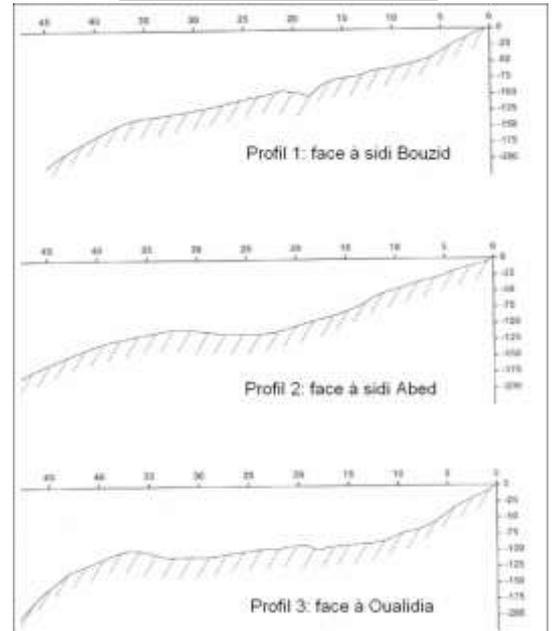


La zone centrale d'El Jadida est plus riche en zones humides, même si les plages y sont plus exiguës. La plateforme sous-marine de la région d'El Jadida – Oualidia offre des conditions favorables à une érosion marine assez soutenue (Vannev & El Foughali, 1985 ; INRH, 1983). En effet, la configuration de la plateforme est fondamentale pour les échanges sédimentaires avec le continent, car elle représente un réservoir de matériaux, notamment les sables bioclastiques qui sont produits dans ce milieu sous-marin proche. La faible pente (1° seulement entre la côte et l'isobathe 130 et la faible extension sur 50 km au plus, ainsi que les faibles irrégularités du relief expliquent la nature grossière des sables de cette plateforme. Vers le Nord, s'individualise le vieux delta sous-marin de l'Oum Rbia, édifié au cours de la régression würmienne. La topographie élevée et l'agitation perpétuelle des eaux expliquent la rareté des fines et le mélange de sables terrigènes et bioclastiques (Farid, 2006).

Graphique 74 a : Reliefs de la plateforme de El Jadida-Oualidia



Graphique 74 b : Coupes de la plateforme de El Jadida-Oualidia



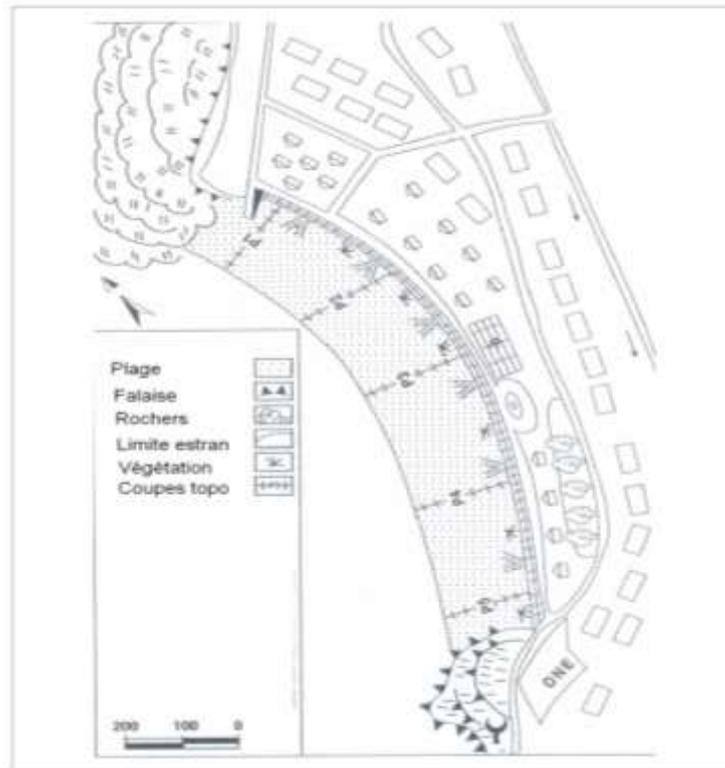
Par ailleurs, il y a de faibles apports continentaux, du fait de l'absence de tout cours d'eau organisé dans ce secteur. C'est pourquoi, il y a, dans la plage, une dominance nette des sables bioclastiques issus de la plateforme. L'essentiel des sables quartzeux (moins de 15%) ont été fortement triturés par les vagues et sont en majorité des émussés-luisants. Même sur la dune bordière, édifiée par le vent, à la limite supérieure de la plage, les sables ronds-mats sont rares, ce qui indique bien la prépondérance de la dynamique marine dans leur évolution.

C'est pourquoi les plages sont instables dans cette section de la côte marocaine. La plage de sidi Bouzid, prise comme exemple, se compose d'un estran de pente faible (2 à 3°), d'un haut de plage incliné de 5 à 8°, d'un talus de cordon dunaire à pente forte, couvert de végétation et aujourd'hui d'aménagements urbains et touristiques.

Cinq coupes, perpendiculaires à cette plage et plus de 100 échantillons de sédimentologie, de calcimétrie et de morphoscopie des sables, ont permis de suivre sur un an et demi, et tenant compte des saisons, l'évolution micro-topographique de la plage (Farid, 2006). Cette évolution ne montre pas de tendance générale, même s'il apparaît que la zone nord, la plus proche d'El Jadida, est la plus érodée²⁹. En automne et au printemps, lors des marées de vives eaux, toutes les sections enregistrent une érosion importante ; la houle de nord-ouest est forte et attaque le haut de plage, avant de transporter des sables vers le bas de l'estran ; en été et en hiver, on enregistre un retour à la stabilité et à l'équilibre de la plage.

²⁹ Sables plus grossiers, avec un mode à 500µ

Graphique 75 : Plage de Sidi Bouzid



Source : Farid, 2006

La raison immédiate de cette perte d'équilibre en situation d'équinoxe s'explique avant tout par l'urbanisation de la dune bordière et l'impossible remplacement des sables érodés. Mais on peut aussi se projeter dans l'avenir, avec la perspective de relèvement du niveau de la mer ; les vagues auront tendance à se briser plus en profondeur et donc à attaquer encore plus la dune bordière et le haut de plage et entraîner donc plus de dommages.

Les falaises gréseuses de Sidi Moussa - Bouknadel illustrent parfaitement la dynamique rapide du littoral atlantique marocain. Cette dynamique est liée à la conjonction de multiples facteurs défavorables. Elle apparaît à travers le tracé indenté du rivage, avec une succession de pointes et de petites criques et à travers le profil hardi des falaises, souvent à pic sur une hauteur pouvant atteindre 25 à 35 m.

L'indentation du rivage est prononcée. Les criques sont peu profondes, mais assez larges, au fond de ces criques la coupe apparaît sur toute sa hauteur entièrement nettoyée à sa base, ne permettant qu'une courte plage de sables grossiers ou une grève à galets arrondis. C'est là que le profil des falaises est le plus proche de la verticale, c'est là aussi qu'il permet l'observation de la structure interne des éolianites successives du Pléistocène récent. Par contre les caps sont plus chahutés, leur bas de versant étant jonché de très gros blocs pouvant dépasser le décimètre cube sinon la centaine de m³.

On a l'impression que ces pointes sont pratiquement immunisées par ces gros blocs tombés à leur pied et que le recul actuel se fait essentiellement à l'intérieur des criques.

Les facteurs défavorables à la stabilité de ce rivage sont multiples d'autant plus que les conditions changent fortement aussi bien longitudinalement que sur le profil transversal.

La structure des falaises est liée à des intercalations de sédiments marins et éoliens. Les formations marines très cohérentes ne sont présentes qu'à la base, alors que la partie supérieure est uniquement modelée dans des éolianites peu cimentées. L'absence des sédiments marins de la transgression ouljienne, dans les criques actuelles, enlève aux parois de celles-ci la résistance qu'ils confèrent par contre aux caps où ils affleurent, avec des matériaux fortement re-cimentés (coquilles, galets, et blocs de l'éolianite antérieure)

Le matériel dunaire est plus ou moins consolidé même si le matériel sableux est fortement carbonaté (important taux de coquilles entières et de débris de coquilles), mais il n'a souvent pas subi de diagenèse avancée. Les cristaux de calcite microsparitiques constituant des ponts entre les grains de sable, laissent vides de nombreuses vacuoles et semblent résulter d'une cristallisation rapide non évoluée. C'est pourquoi les taux de CaCO₃ du matériel dunaire varient souvent entre 25 et 40 %, sables coquilliers compris. Cette faible consolidation générale est liée à l'âge des matériaux dunaires (dunes récentes), mais aussi à leur épaisseur entre 30 et 60 m ; l'essentiel des coupes se comporte comme un milieu où l'eau est à l'état vadose, les circulations irrégulières et discontinues ne permettant pas une cimentation massive et généralisée.

Dans les caps soumis de manière continue à l'effet des embruns, la diagenèse est plus avancée et la consolidation plus forte. Les horizons rubéfiés (5 au total dans certains profils) constituent des niveaux tendres accélérant l'érosion des falaises. Enfin, les argiles lagunaires de la base des falaises constituent un facteur de fragilité de la masse sédimentaire, en favorisant le foirage de pans entiers de la falaise. Par haute mer, cette couche est sapée par les vagues, ce qui facilite les tassements et éboulements.

Sur les caps, l'action des vagues aboutit au déchaussement de blocs qui s'éboulent et s'accumulent en tablier au pied de la falaise. Ces blocs reportent l'action marine au delà de la falaise et n'ont pas été amenuisés puis déblayés. La falaise tend alors à perdre de sa raideur par érosion continentale. Tout cela contribue à augmenter les phénomènes de recristallisation et de durcissement de la roche gréseuse et donc à retarder l'action érosive. Les caps semblent alors en position de se perpétuer.

Dans les criques, la moindre consolidation des éolianites et l'absence de la calcarénite transgressive fortement cimentée expliquent le recul plus rapide. Dès le moment où le recul se fait plus intense en un endroit, le tendance semble donc se perpétuer pour devenir durable. Grâce à l'effet de la raideur due au sapement par la base et aux foirages liés aux suintements au niveau de l'argile, la roche reste faiblement consolidée. Les éboulements sont donc constitués, non de blocs volumineux comme c'est le cas sur les pointes, mais de roche effritée. Très vite les vagues de tempêtes arrivent à déblayer les produits foirés ; c'est ce qui explique la permanence de l'action marine au pied de la falaise verticale.

Souvent les falaises ne sont pas concernées par les aménagements et ne sont donc pas affectées par l'impact anthropique ni celui projeté du changement climatique. Mais les constructions implantées trop près des falaises sont soumises à des risques très grands que l'on aurait pu éviter en choisissant avec plus de précautions les sites d'aménagement.

La frange littorale au nord de Safi, présente une grande diversité de situations avec notamment une alternance de parties sableuses plus ou moins étendues (plages associées à des cordons dunaires se prolongeant vers l'intérieur des terres) et des parties rocheuses (falaises associées à des plates formes d'érosion plus ou moins étendues, falaises mortes, côtes rocheuses basses...) ainsi que la partie extrême sud du complexe lagunaire de Sidi Moussa - Oualidia, à savoir les marécages et la salinière de Karam Dif. Cette côte renferme une diversité remarquable de sites à grand potentiel culturel témoignant d'une occupation humaine depuis des époques historiques lointaines. Ce littoral, bien que relativement peu mis en valeur est le siège de nombreux usages et activités humaines : urbanisation côtière, infrastructure portuaire, pêche côtière, extraction de sable, ramassage d'algues marines, agriculture littorale, activités de loisir. Les pressions exercées sur cet espace sont susceptibles d'engendrer des interactions fonctionnelles entre les différentes activités présentes, qui peuvent devenir plus ou moins conflictuelles. Cet espace fragile est de plus en plus convoité ; y interviennent de nombreux acteurs et s'y exerce une multitude d'enjeux pouvant générer des risques de dégradation du système côtier. Dans ce territoire, le centre touristique balnéaire et historique de Souira Laqdim et son village de pêcheurs connaît une évolution urbaine caractérisée par un empiètement sur les ressources biologiques notamment les dunes bordières.

De plus, cette zone présente plusieurs potentialités mal exploitées. Elle renferme une diversité écosystémique unique dans la région, à savoir la coexistence des trois composantes marines, estuarienne et forestière qui lui confèrent une richesse paysagère originale:

- les valeurs naturelles, paysagères, culturelles, marines et ornithologiques constituent une richesse indéniable pour le développement d'une activité écotouristique,
- la zone humide de l'embouchure de l'oued Tensift qui traverse un paysage montagnard bordé d'une forêt naturelle composée de plusieurs essences abrite beaucoup de valeurs naturelles et culturelles,
- une richesse halieutique abondante et un savoir faire local ancestral des métiers de pêche font la renommée des pêcheurs de Souiria Laqdim

Or, la province de Safi souffre au sein de la région Doukkala-Abda d'un déséquilibre flagrant par rapport à la province d'El Jadida qui accapare une grande part des investissements régionaux en infrastructures, périmètres irrigués et pôles touristiques.

Les maigres ressources de cette zone sont par ailleurs fortement soumises à la pollution d'origine industrielle. C'est pourquoi la menace d'érosion des plages constitue un risque majeur de dégradation de richesses déjà limitées.

Les secteurs dunaires peuvent connaître des changements très importants du fait du changement climatique. Dans le secteur d'Essaouira, des auteurs (Lharti & al., 2006) se sont basés sur des données sédimentologiques et sur la morphométrie des champs dunaires actifs, pour dresser un modèle de transport sédimentaire couvrant la plage et les champs de dunes. Un équilibre est nécessaire entre la dynamique marine (dérive littorale amenant les sédiments depuis le débouché du Ksob) et les vents alizés responsables de l'édification des dunes longitudinales. Cet équilibre risque d'être rompu du fait de l'élévation du niveau de la mer.

En deux points la mer perce la dune et envahit l'Oulja, au droit des lagunes d'Oualidia et de Sidi Moussa, entourées de schorres pâturés. L'ostréiculture y a été développée, ainsi que des exploitations salinières très importantes. Entre ces deux lagunes (passes distantes de 36 km), l'Oulja est occupé sur près de 19 km par une zone de marais propice au stationnement des oiseaux. Le relèvement marin menace de mariniser ces dépressions, alors que l'érosion s'attaque aux plages sableuses très fréquentées d'Oualidia.

3.2.4. Phénomènes de salinisation

Le phénomène de salinisation par intrusion d'eaux marines est susceptible d'affecter les estuaires et les aquifères côtiers. L'effet du sur-pompage peut déjà avoir initié une dynamique de pénétration du prisme salin. L'ENM ne peut qu'aggraver cette tendance. C'est le cas de la plaine irriguée de Bou Arg, proche de Nador, irriguée depuis le début par l'eau de la Moulouya, mais qui, lors des années de sécheresse, a développé des dispositifs de pompages à partir de la nappe.

L'ENM va causer une pénétration vers l'amont de l'eau salée, à travers la nappe phréatique des plaines côtières. L'accroissement de la salinité des eaux de surface aura sans doute des répercussions sur la faune et la flore et les possibilités d'utilisation des eaux pour les activités humaines. Ainsi il y aura réduction du volume des eaux douces souterraines utilisables et intrusion du biseau salé. Cette intrusion va accentuer l'effet déjà perceptible de la surexploitation par pompage.

La pénétration de la marée saline plus en amont est déjà ressentie dans plusieurs estuaires, sans que des séries temporelles de données puissent le confirmer.

L'approvisionnement en eau potable et en eau d'irrigation en zone littorale sera ainsi aggravé dans les régions littorales. L'intrusion de l'eau salée dans les nappes phréatiques et les inondations poseront un problème accru de conservation des spéculations agricoles en milieu littoral, affectant ainsi les superficies et les rendements agricoles. Mais d'autres facteurs anthropiques entrent en jeu dans cette dynamique, comme l'excès des prélèvements d'eau douce.

Le tronçon de Saïdia - Ras el Ma connaît ainsi la régression des zones humides du delta et de leur végétation, du fait de prélèvements d'eau. L'urbanisation, la pollution par les pesticides et fertilisants et la sur- fréquentation saisonnière menacent par ailleurs la qualité de ces zones humides. L'élévation du niveau de la mer risque de reconstituer les zones humides, mais avec une nouvelle configuration, plus saline et donc avec un nouveau contexte biologique.

Par ailleurs, la réduction des apports d'eau douce suite à la construction des barrages sur la Moulouya, a renforcé la pénétration plus en amont des eaux marines. A cela s'ajoute le retour des eaux de drainage des périmètres irrigués et qui sont caractérisées par une forte salinité. Les eaux souterraines de la plaine côtière deviennent ainsi fortement salines. Malgré des travaux de drainage pour lutter contre cette salinisation, les terrains cultivés sont de plus en plus abandonnés ou ont dû changer de culture. L'intrusion marine est donc vérifiée (Sadki, 1996). Ce phénomène est plus marqué dans la partie occidentale de la plaine où il atteint le stade hyper-halin à de faibles profondeurs

Le développement d'une zone touristique à proximité risque aussi d'accélérer le degré de fréquentation et donc provoquer un appauvrissement de l'avifaune. Il faudra aussi gérer les situations de pluie prolongée, relevant fortement le niveau de l'eau, en relation avec les possibles lâchers du barrage, qui peuvent exagérer l'extension d'inondation, notamment si cela coïncide avec des phases de marées de vives eaux.

3.2.5. Biodiversité, pêche et aquaculture

L'ENM pourrait affecter les activités littorales (pêche artisanale côtière et lagunaire, récolte des coquillages et des algues, etc.). Par ailleurs, les activités aquacoles qui sont liées à des conditions physico-chimiques (salinité, chimisme, température, oxygénation, etc.) d'élevage particulières devraient s'adapter aux changements liés à l'ENM, à l'augmentation de la température et de la salinité.

L'un des impacts potentiels du changement climatique réside dans le déplacement de multiples espèces, hors de leur domaine d'origine, à la recherche des conditions adaptées à leurs exigences. Les variations de salinité, à l'intérieur d'un espace proche du littoral (marais, lagunes, estuaires), avec des zones hypo-salines et des milieux hyper-salins, expliquent la diversité très grande des habitats au sein de la même zone. Toute élévation du niveau de la mer va interférer avec cette distribution spatiale. En principe, elle entraîne une marinisation des milieux, c'est-à-dire un accroissement de la profondeur et de la salinité et une certaine homogénéisation en terme de salinité, ce qui représente une réduction en terme de biodiversité et une perte en potentiels biologiques, mais l'apparition d'un nouvel étagement en fonction de la nouvelle zone d'humectation.

La mer d'Alboran peut servir d'exemple ; cette mer se caractérise dans sa partie ouest par une accumulation d'eau superficielle et donc par sa pauvreté biologique, alors que vers l'E, dans une zone de divergence vers le nord et le sud, les eaux sont plus froides et plus nutritives. La grande richesse zooplanctonique s'explique par la faible importance du plateau continental. La zone de richesse principale se situe à l'est d'Al Hoceïma, avec concentration autour du Cap de trois Fourches. Plusieurs espèces et habitats sont menacés du fait de la pollution urbaine (points noirs de Tanger, Tétouan, Al Hoceïma, Nador et Saïdia) et de la surexploitation.

Les variations de température, en sels minéraux et en nutriments, ainsi qu'en matière organique en suspension, représentant une source de nourriture pour la faune marine et lagunaire, constituent les facteurs principaux des changements biologiques en cours.

Dans la lagune de Nador, les herbiers de zoostères, les fonds à nacres et les vases à coquillages, sont les milieux qui, les premiers, risquent d'être affectés par le changement climatique. En effet la marinisation risque de réduire les cycles d'immersion – émergence favorables au développement des herbiers. Or ceux – ci représentent à la fois un poumon pour la lagune (oxygénation par photosynthèse) et un abri pour les espèces. La sansouire de l'E de la lagune héberge des oiseaux et risque d'être inondée de manière durable.

Dans le cap des trois Fourches, zone de forte productivité du fait des habitats sous marins à phanérogames et de l'alevinage qui profite aux mammifères marins, les grottes qui hébergent les phoques moines risquent d'être submergées, ce qui signifierait l'exode définitif de cette espèce. On y a déjà enregistré un appauvrissement biologique notable, du fait de la pêche, du tourisme et des dérangements liés à la sur fréquentation, notamment par des visiteurs de Melilla.

Dans tous ces tronçons, plusieurs habitats sont menacés : les plages, les cordons dunaires, avec dessus une junipéraie et les zones humides avec une ripisilve et des habitats de marais. La majorité des espèces est très sensible et supporte mal le changement des caractéristiques de leur habitat. Une augmentation d'1 à 2° de la température de l'eau aurait un effet majeur sur le taux de croissance, la sensibilité aux maladies et donc sur l'abondance de ces espèces. Bien sûr, il y aura des espèces qui en profiteront, soit parce que les nouvelles conditions leur conviennent mieux, soit parce qu'elles subiront moins la compétition d'autres espèces qui auront migré. Mais tout l'équilibre peut être affecté par la disparition d'un des maillons de la chaîne alimentaire.

Le corail rouge et les mollusques seront très affectés en cas de confirmation de l'acidification, à cause de l'effet sur les organismes à base de calcaire.

Toutes les biocénoses ayant un besoin de lumière et qui exigent une alternance d'immersion – émergence trouveront des difficultés à se reconstituer sur un étage supérieur par rapport à leur extension côtière actuelle.

Cette dégradation de l'environnement se ressentira sur les activités de pêche, de cueillette. La surpêche, la cueillette excessive et la chasse sous-marine ont déjà mis à mal les stocks de plusieurs espèces, dont la palourde de la lagune de Nador, le mérrou, les tortues marines, le corail, les nacres et les coquillages bivalves.

Les activités humaines du littoral méditerranéen oriental ont connu un très fort développement dans le passé ; avec notamment l'extension de l'aquaculture à Nador et sur l'estuaire de la Moulouya (palourde, huîtres, daurade, loup, crevette japonaise). Les deux sociétés d'aquaculture, MAROST et SAM ont déposé leur bilan, suite à la réduction de leur activité. Une meilleure protection contre la pollution et un suivi des impacts de la remontée marine pourraient permettre le redémarrage de ces activités dont le potentiel est important.

La petite flottille côtière et quelques chalutiers, sardiniers, palangriers et madragues de thon rouge contribuent au dynamisme de la pêche dans cette zone méditerranéenne orientale. Mais la pêche n'est assez souvent qu'une activité secondaire de villages côtiers vivant surtout de l'agriculture. Plusieurs activités se sont réduites, comme le ramassage de coquillages dans la zone de l'embouchure de la Moulouya. Il semble pourtant que les stocks soient aujourd'hui en reconstitution.

Sur la côte atlantique, la menace majeure est liée aux vicissitudes du système d'upwelling. La sardine du plateau continental est dépendante du fonctionnement de ce système et du courant des Canaries (Belvèze, 1991, Kifani et Gohin, 1991), à l'origine de la forte productivité biologique de certaines régions. Or, les populations pélagiques montrent des changements de grande amplitude (Zizah & al., 2000). Les fluctuations des captures de la sardine japonaise depuis cinq siècles seraient en relation avec l'alternance des périodes chaudes/froides.

Pour suivre les données de pêche, les relevés trimestriels des espèces pélagiques pour la période 1994 – 1997 sont issues des statistiques des débarquements au niveau des ports (Source INRH). Les mesures océanographiques ont été opérées sur le terrain (Hilmi et al., 2000).

Selon ces études, l'anomalie de température des eaux atlantiques marocaines des années 1996-98 est probablement due à un affaiblissement de l'intensité des Alizés, ce qui a induit une diminution de l'intensité des upwellings. Par ailleurs, la comparaison entre l'évolution des captures et la pluviométrie de 1947 à 1981 rend compte de la correspondance entre les années de sécheresse exceptionnelle et les pics de capture³⁰. La pluviométrie côtière révèle un changement climatique car les années sèches sont en corrélation avec des vents alizés renforcés, cause de la réduction des précipitations d'hiver d'une part et d'un fonctionnement d'upwelling plus prolongé d'autre part. Cela donne une meilleure disponibilité du poisson pendant la saison de pêche. Les plus fortes productions sont observées après une période de vents forts, ayant fait monter les eaux profondes riches en éléments minéraux, suivie de vent affaibli, et donc d'une stratification horizontale.

³⁰ D'où le dicton « Ce que la terre nous refuse une année, la mer nous le donne »

On ne sait pas encore de manière précise comment ces vicissitudes annuelles ou pluri-annuelles vont évoluer sur le long terme, du fait du changement climatique.

2.2.6. Effets sur d'autres activités

- **Tourisme** : Les impacts de l'ENM sur le tourisme concerneront tous les aspects liés à la qualité et à la disponibilité des ressources en eau, à l'érosion des plages, à la perte/dégradation des infrastructures côtières (hôtels, complexes touristiques, marinas, ports de plaisances, patrimoine culturel, etc.).
- **Industrie** : Les zones industrielles des littoraux les plus bas (centrales thermiques installées sur la côte, comme à Tahaddart, les usines de raffinage de Mohammedia, les pôles industriels de l'axe Kenitra-Safi, et les infrastructures routières longeant la côte, seraient particulièrement vulnérables à une ENM, notamment au cours des tempêtes.
- **Le secteur de l'assainissement** : Les systèmes d'évacuation et d'épuration des eaux usées et pluviales seront menacés par l'ENM, du fait du risque de retour des eaux usées et des problèmes sanitaires qui en découleront.

4. Les réponses au changement climatique et à ses effets dans le domaine littoral

Les écosystèmes marins et côtiers seront fortement touchés, notamment par l'acidification des océans, due à l'augmentation des concentrations en CO₂ ; ils connaîtront des modifications régionales importantes dans la distribution des organismes marins, liées à l'augmentation des températures de l'eau. D'après les scénarios des biologistes, près de 1/3 des espèces animales et végétales seront exposées à un risque majeur d'extinction ou de raréfaction extrême, si la hausse des températures moyennes dépasse +1,5 à 2,5°C. Les plages, base majeure du tourisme balnéaire verront le rythme de leur érosion s'aggraver du fait de l'élévation du niveau des mers. Les conséquences économiques et sociales seront tout aussi considérables. L'industrie, les établissements humains, l'agriculture côtière et les infrastructures (transport, habitations, tourisme...) seront menacés par la remontée du niveau de la mer, ainsi que par l'augmentation de fréquence et d'intensité des événements extrêmes (tempêtes, inondations).

La vulnérabilité se définit comme étant fonction de l'exposition d'un système, au changement climatique (nature, ampleur, rythme des changements), de sa sensibilité intrinsèque (conséquences possibles selon le degré de fragilité) et de sa capacité d'adaptation.

L'adaptation vise à réduire la vulnérabilité des systèmes et des territoires par des actions qui permettent de limiter les impacts effectifs du changement climatique ou d'améliorer la capacité de réponse de la société. Le concept d'adaptation est défini par le Troisième Rapport d'évaluation du GIEC comme « l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques présents ou futurs ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques ».

La capacité d'adaptation (ou adaptabilité) correspond à la capacité d'ajustement d'un système face au changement climatique (y compris à la variabilité climatique et aux extrêmes climatiques) afin d'atténuer les effets potentiels, d'exploiter les opportunités ou de faire face aux conséquences.

Dans un premier chapitre, nous allons présenter les enjeux et perspectives du littoral, sans tenir compte de l'effet à long terme du changement climatique.

4.1. Enjeux et perspectives du littoral marocain

Le littoral est un système, au sein duquel le changement agit sur des sous – systèmes naturels et anthropiques interconnectés, ce qui conduit à des interactions environnementales, économiques et sociales.

Dans ce travail, le littoral sera réduit à l'espace restreint du rivage, de la mer proche, du Domaine public maritime et de la bande continentale proche. Dans la conception des aménageurs, la définition est beaucoup plus large et recouvre une large bande continentale définie comme zone côtière. La future loi « Littoral » prévoit d'ailleurs des schémas régionaux de protection et de gestion intégrée.

Les enjeux

Le rivage est une force de polarisation de la population et des activités. C'est donc un espace d'enjeu très fort et l'une des grandes richesses du Maroc. C'est un espace relativement homogène, dominé par des espaces de plaines, sauf en Méditerranée et sur la côte de l'Atlas où la montagne domine directement la mer.

Mais c'est un espace très contrasté sur le plan humain. A côté du centre névralgique du pays, à très forte concentration des hommes, de l'habitat et des activités, on a des tracés de vide humain assez remarquable. La littoralisation a été rapide au 20^{ème} siècle ; elle concerne aujourd'hui 60% de la population urbaine, 90% des unités industrielles et 70% des capacités hôtelières homologuées. Dans cette zone, l'urbanisation croît au rythme de 4,4% /an. Par ailleurs le plan Azur prévoit de vraies villes nouvelles touristiques.

La question foncière est centrale dans cette zone, du fait de sa rareté en termes d'extension et des nombreux conflits d'intérêts. C'est pourquoi toute submersion risque de compliquer encore plus une situation déjà explosive.

Dans cette zone côtière, la pêche emploie 400 000 personnes (6,3%) de l'emploi national. Par ailleurs, 28 villages de pêche sont en voie de création. L'industrie est polarisée sur le littoral : 90 % des établissements, avec la ½ sur l'axe Kénitra- EL Jadida.

Or, cela s'accompagne de rejets liquides concentrés dans l'espace et actuellement évacués en mer, sans épuration. Le transport maritime pose un problème de concentration sur le détroit de Gibraltar. Le tourisme connaît l'évolution la plus rapide : 6 méga-stations balnéaires : Saïdia, Lixus, El Haouzia, Mogador, Taghazout et Plage Blanche, complexes d'un seuil minimum de capacité de 8000 lits, éloignés des centres urbains, avec urbanisation en site vierge.

Jusqu'à présent, la préoccupation environnementale n'a pas été majeure :

- Disparition de plages, avec notamment une extraction excessive de sable (la demande de 15 Mm³/an explique le grand nombre de prélèvements illicites).
- Pollution : la maîtrise des rejets accuse un retard très élevé.
- Dégradation de la biodiversité, avec parfois défrichement des dunes qui jouent un rôle important dans la stabilisation du rivage ; des zones humides convoitées et asséchées pour être urbanisées et des SIBE littoraux dégradés.

Il y a donc nécessité de mise en place d'un cadre législatif et institutionnel propre au littoral. Le droit actuel est inadapté aux spécificités du littoral, et en plus éclaté. Les outils d'aménagement et d'urbanisme ne prennent pas en compte suffisamment les questions de l'environnement côtier, car surtout orientés vers le développement urbain ou touristique. Les zones rurales ne sont pas couvertes par les schémas d'urbanisme ; d'où une gestion anarchique. Enfin, les instruments existants ne sont pas toujours appliqués.

Les perspectives

- Le processus de littoralisation : D'ici 2025 les prévisions font état d'une augmentation importante de la population côtière. Selon le scénario tendanciel, cette augmentation aura des effets négatifs variés. L'accroissement pourrait être plus faible et mieux réparti si un effort d'aménagement du territoire est conçu, avec le développement des régions intérieures et une meilleure rétention de la population migrante ; cela entraînerait une moindre réduction de l'espace littoral, utilisable pour des actions futures.

- Urbanisation du littoral : Le taux actuel élevé, de 60-65% en moyenne atteindra en 2025 entre 74 et 78%. Cela pose des problèmes d'équipements, d'environnement côtier, notamment suite à la croissance incontrôlable des périphéries des villes.
- Le développement du tourisme littoral : Le nombre de touristes sur la côte risque d'être multiplié par trois d'ici 2025, ce qui augmenterait d'autant les nuisances liées à ce secteur et accroîtrait par la même occasion la demande en ressources rares, l'eau en l'occurrence. Mais, des actions possibles permettraient de réduire cet impact comme l'étalement des vacances sur toutes les saisons de l'année et la variété des loisirs offerts, avec la prise en compte de la dimension culturelle et le choix pour l'écotourisme. Sinon, les pics estivaux de fréquentation exigent des équipements énormes, notamment un surdimensionnement des infrastructures (eau, assainissement, hôtels, réseaux divers...) avec en même temps une sur-pollution momentanée mais catastrophique.

Les impacts

- Une emprise forte sur le sol qui pourrait être double de la situation actuelle d'ici 2025. Dans une perspective tendancielle de croissance démographique jointe à de faibles équipements en espaces verts, la destruction des zones humides, le grignotage des sols agricoles et de la forêt périurbaine se maintiendront, avec un piétinement excessif des sols et tous les effets de dégradation que cela peut entraîner, notamment en termes de remobilisation éolienne des sables.
- La défiguration des sites (buildings surdimensionnés) se poursuivra.
- Les constructions touristiques dans le domaine maritime contribueront à la modification des processus dynamiques, et initieront notamment des processus d'érosion des plages - base même du développement balnéaire - et de recul des falaises terreuses.
- Cette évolution semble inéluctable, car même dans une perspective alternative de développement, avec une croissance démographique plus faible, il faudra s'attendre à l'étalement des équipements touristiques. Par ailleurs plus de croissance économique générera forcément plus de demande de loisirs et donc une occupation plus dense. Seule une politique d'aménagement soucieuse de la rareté de la ressource littorale, de l'équilibre entre activités productrices et de services, de l'équité entre les classes sociales, permettra d'éviter que soient sur-occupés des sites précieux par une minorité, telle que se conçoit actuellement la politique d'aménagement des côtes.

Les alternatives

- La limitation du processus de surconcentration littorale des hommes et des activités
 - ✓ Le littoral concentre, dans des espaces restreints, de plus en plus d'humains, de villes, d'activités, d'équipements et d'infrastructures et constitue donc un secteur clé pour le développement du Maroc. C'est un lieu de compétition entre secteurs multiples, avec des risques de faillite du développement, du fait même, de cette concurrence.
 - ✓ En même temps qu'il faut conserver ce dynamisme économique de la frange littorale et faire assoir dessus, le développement du reste des territoires, il est important de réguler cette concentration, pour en limiter les impacts négatifs. Il faudrait profiter au mieux, de l'opportunité de développement que représente la zone côtière, milieu dynamique et en pleine expansion, mais limiter la littoralisation et la concentration excessive des humains, des établissements, des activités et des équipements dans la bande côtière et sur le rivage.
- La conservation de la dynamique biologique
 - ✓ Le littoral et la mer sont fondamentaux pour la sécurité alimentaire du pays, pour la durabilité du développement et pour la qualité de la vie.
 - ✓ Ces milieux sont aussi d'un intérêt inestimable pour les cycles biologiques et pour la reproduction des espèces et la biodiversité. Le défi est de conserver au littoral marocain sa place de site critique de la biodiversité à l'échelle régionale et mondiale.
- La lutte contre la pollution et contre les évolutions morfo-dynamiques négatives
 - ✓ La surconcentration est source de nuisances et d'effets sur les ressources et sur la qualité des milieux. Elle accroît la vulnérabilité aux risques naturels. Le littoral est un milieu fragile affecté par les changements globaux, notamment le réchauffement climatique qui menace le devenir des plages et par là, l'activité balnéaire et l'équilibre des écosystèmes. Certaines des modifications peuvent être profondes, sinon irréversibles. Le défi est de les limiter au mieux.

4.2. Estimation de l'effet du changement climatique et coût de l'adaptation

La quantification des impacts de la submersion et du recul de la côte est un exercice complexe, du fait de l'incertitude sur les scénarios socio-économiques à très long terme et sur l'ampleur des modifications auxquelles il faudra faire face, ainsi que sur le degré d'adaptation que l'on sera amené à préconiser.

Il existe des estimations très globales, agrégeant l'ensemble des effets du changement climatique. C'est le cas du rapport Stern (2006) ou des travaux de Pany & al., 2009. Il s'agit de fourchettes très larges et diverses d'un auteur à l'autre. Par contre des études spécifiques d'estimation des impacts côtiers sont plus rares.

Tableau : Coûts annuels des impacts globaux des CC dans le MONDE (milliards de dollars US)

| Coûts annuels des impacts | | Coûts annuels de l'adaptation | | Source et Horizon |
|---------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|---|
| scénario Optimiste | Scénario Pessimiste | scénario Optimiste | Scénario Pessimiste | |
| 1 900 | 2400 | | | Rapport Parry et al. (2009) 2060 sans adaptation |
| 1200 | 1500 | 422 | 476 | Rapport Parry et al. (2009) 2060 avec adaptation |
| 1 500 | 6000 | 300 | 600 | Rapport Stern (2006) |

L'adaptation épargnerait, d'après l'étude de Parry et al., entre 700 et 900 milliards de \$US d'impacts négatifs. Mais les coûts d'adaptation sont largement inférieurs aux coûts des impacts.

Les projections indiquent que les zones les plus touchées seraient en tout cas celles qui sont déjà concernées aujourd'hui par des déficits structurels.

Au Maroc, en l'absence d'adaptation précoce, par anticipation, le recul de la côte, par érosion ou submersion marine, en conséquence de la remontée du niveau de la mer, devrait concerner plusieurs centaines de milliers de personnes ; la destruction des logements et des infrastructures, touristiques notamment, pourrait coûter plusieurs milliards de dirhams à l'échelle du 21^{ème} siècle³¹. Le risque de submersion marine permanente lié à une remontée d'ensemble du niveau de la mer d'environ 1 mètre, représentera un coût élevé, pour le réseau routier et les autres voiries.

Le changement climatique rendra nécessaires des adaptations des infrastructures routières et ferroviaires, des réseaux d'assainissement, (tracés et pentes à revoir). La variation du niveau des nappes phréatiques et la salinisation auront un coût élevé pour l'agriculture, l'eau potable et les fondations des équipements. On enregistrera aussi des conséquences en termes de pertes d'usage de certains établissements et équipements

Une évaluation à l'échelle nationale serait, à ce stade, hasardeuse en raison de la difficulté de traiter et d'agréger les coûts relatifs à l'ensemble des zones côtières marocaines.

Il se pose par ailleurs, un problème de disponibilité de données sur ces questions, notamment sur les infrastructures portuaires, ferrées et fluviales et les systèmes de transport.

Rappel des estimations spécifiques de l'étude PNUE (Saïdia et Tanger)

- Côte de Saïdia (Maroc oriental)

Le projet touristique mis en œuvre, aux portes du SIBE du delta de Moulouya, risque d'augmenter encore plus la vulnérabilité de la plaine littorale en concentrant les flux de fréquentation sur son emprise (Snoussi, Etude PNUE).

Selon une projection aux horizons 2050 et 2100, avec des niveaux d'inondation maximaux, lors de tempêtes extrêmes, de 2 et 8m respectivement, de larges espaces de la plaine de Saïdia peuvent être inondés. Selon cette étude, les plages seront de toutes façons soumises à plus d'érosion qu'actuellement, notamment celles du secteur ouest entre Ras El Ma et l'embouchure de la Moulouya puis celle de la station balnéaire de Méditerranée-Saïdia. L'étude a même estimé la valeur économique des actifs susceptibles d'être perdus et qui seraient de 1,19 milliards DH avec le niveau d'inondation extrême de 2m et 391,13 milliards DH avec le niveau de 8m.

³¹ Cette estimation très grossière a été faite par extrapolation des chiffres qui ont été produits à l'occasion de l'étude du PNUE (Snoussi, 2006) qui a concerné deux échantillons, la plage de Saïdia et la baie de Tanger.

Les aménagements touristiques seront les premiers touchés. Les opérations de fixation des dunes avec des ganivelles et végétalisation, ainsi que la construction de briselames au large de l'embouchure de la Moulouya et de murs de protection, au niveau des sites menacés représenteront un coût estimé à 371,2 millions de dirhams.

- Baie de Tanger

La valeur économique des actifs susceptibles d'être perdus, a été estimée, pour la baie de Tanger, en fonction des niveaux d'inondation minimum et maximum, et un taux d'actualisation de 5% (Snoussi, 2006). L'estimation montre qu'au cas d'un niveau d'inondation de 4m, le coût estimatif des pertes atteindrait 24 milliards Dh, dont 46% reviendrait aux équipements touristiques. Avec le niveau de 11m, les pertes se chiffrent à environ 68.6 milliards Dh avec une prépondérance très nette des pertes en terme de bâti urbain.

La construction de murs et d'enrochements protecteurs et l'alimentation artificielle des plages auraient un coût global estimé à 39.4 millions de dirhams pour l'horizon 2050 et 96.5 pour 2100.

Aquaculture et adaptation face à l'appauvrissement halieutique en Méditerranée

Parmi les choix d'adaptation, il y a celui de développer une activité d'aquaculture en haute mer, dans un milieu qui sera moins affecté par le changement climatique. Il y a aussi celui d'opter pour des espèces plus résistantes pouvant s'adapter à des conditions de forte variation de salinité et de température.

Or, cette aquaculture représente un potentiel important, mais menacé par l'effet du changement climatique, notamment sur la côte méditerranéenne.

Actuellement les sites qui ont été exploités pour l'aquaculture en Méditerranée sont la lagune de Mar Chica à Nador qui présente un milieu remarquable du fait de sa profondeur en eau et de la protection dont elle bénéficie et des bassins à terre à Saida et les cages en offshore à M'diq.

Mais, comme évoqué précédemment, les deux sociétés d'aquaculture, MAROST et SAM ont déposé leur bilan, suite à la réduction de leur activité. Une meilleure protection contre la pollution et un suivi des impacts de la remontée marine pourraient permettre le redémarrage de ces activités dont le potentiel est important.

Le littoral méditerranéen présente d'autres sites potentiels pouvant abriter ce type d'élevage, tel que les baies de Jebha, Ras Kebdana et de Cala Iris. De même, alors que la pisciculture reste, actuellement, concentrée sur deux espèces (le loup et la daurade), le lancement de l'élevage d'autres espèces constituerait un gros potentiel.

Sur le plan technique, l'activité aquacole englobe trois principaux types d'élevages, en mer dans un milieu protégé (lagune ou estuaire), dans des bassins creusés, proches de la côte, en pompant de l'eau de mer et enfin dans des cages en offshore.

La réussite aquacole passe en priorité par la bonne gestion des risques naturels, les intempéries, ce que le changement climatique pourrait exagérer et le confinement par effet d'eutrophisation (le relèvement du niveau de la mer réduit ce risque en principe), la variation de pluviométrie (et donc d'apports en eau douce) ainsi que les effets du climat sur la qualité et plus globalement la chimie de l'eau.

L'absence de plans d'aménagement du littoral freine le développement de l'aquaculture, d'autant plus que les zones potentielles de l'exploitation aquacole font souvent l'objet de concurrence avec le secteur touristique notamment.

4.3. Philosophie générale de la réponse au changement climatique

La gestion du risque d'inondation en zone côtière comporte différents volets :

- information et développement de systèmes d'alerte précoce,
- prévention par des actions sur l'urbanisation,
- prévention et lutte par la construction de protections.

La biodiversité est affectée directement par la modification de la température et de la pluviométrie notamment, mais les effets indirects pourraient être au moins aussi importants (aggravation d'autres pressions, interdépendances fortes et conséquences de l'adaptation des différents secteurs). Il est donc essentiel de mieux connaître les effets croisés des impacts du changement climatique d'une part et des adaptations spontanées ou planifiées d'autre part, afin de prévenir les conséquences négatives pour la biodiversité. De plus, la préservation d'écosystèmes naturels et de leur résilience peut également constituer une action d'adaptation (lutte contre les inondations par exemple). L'évaluation économique des pertes de biodiversité doit s'appuyer sur la notion de services écosystémiques.

Cela suppose :

- développer la connaissance des aléas, de la vulnérabilité et des coûts,
- développer la mise en place de réseaux de mesures pérennes sur les sites représentatifs, et d'indicateurs de suivi,
- renforcer l'approche multi-risques,
- renforcer la politique de gestion des risques naturels dans l'aménagement et la construction,
- évaluation du rapport coût/efficacité des techniques de réparation des constructions et infrastructures sinistrées,
- établir une gestion globale et coordonnée à l'échelle des zones de risque les plus sensibles

Globalement, cela signifie de prendre en compte le changement climatique dans les documents d'aménagement et de planification.

Comme réponses à l'élévation du niveau de la mer, on peut adopter deux attitudes possibles :

- une attitude de résistance à la dynamique en cours,
- une attitude de repli et d'abandon de certains terrains conquis ou en voie de l'être par la mer.

La résistance est justifiée là où les enjeux économiques sont fondamentaux, comme par exemple, protéger une agglomération existante, en mettant en place des ouvrages lourds de défense. Le coût financier peut être très élevé ; l'opération aura par ailleurs un coût environnemental aussi fort, car la côte risque d'être dénaturée. L'opération peut enfin créer des perturbations dynamiques susceptibles d'entraîner des déséquilibres inattendus ; on peut même tomber dans un engrenage dont on ne sort que difficilement.

La manière la moins mauvaise de résister est d'alimenter le rivage en sable et donc de compenser l'élévation du niveau de la mer. C'est l'exemple des Pays Bas où des millions de m³ de sable sont prélevés et déposés sur le rivage. Le coût de maintien d'1km de plage par rechargement en sable est ainsi aussi élevé que celui de l'entretien d'1km d'autoroute.

La position de recul consiste dans l'abandon de positions auparavant occupées, mais en voie de dégradation du fait de l'érosion de la plage ou tout simplement de la submersion, par les eaux marines. C'est l'exemple aux USA où les digues endommagées ne sont souvent pas reconstruites. On préfère adopter une politique d'indemnisation pour les équipements et établissements abandonnés ; cela suppose la révision des Plans d'Occupation des Sols et de nouveaux réalignements des aménagements. Là où le rivage n'est pas occupé, il vaut mieux laisser la mer avancer, car là, la défense est non justifiée ; on opère une simple translation avec dédommagement des propriétaires des terrains.

Bien sûr, les nouveaux aménagements en projet, sont à concevoir loin du rivage en délimitant une bande non constructible d'au moins 100 m, à partir de la limite supérieure du domaine public maritime. Parfois si le recul est rapide, par principe de précaution, il vaut mieux laisser 500 m.

Il faut donc :

- Analyser les effets de mesures de type :
 - ✓ recul stratégique ;
 - ✓ restauration du fonctionnement naturel (en cas de risque modéré : revégétalisation des parties hautes des plages, encadrement de la fréquentation touristique, suppression progressive d'ouvrages de protection) ;
 - ✓ maintien du trait de côte (par des ouvrages de défense, mais uniquement dans les zones à fort enjeu).
- Renforcer les efforts de réduction des pressions sur la biodiversité autres que le changement climatique afin d'augmenter la résilience des écosystèmes
- S'assurer de l'intégration des problématiques liées à la biodiversité dans toutes les politiques, générales et sectorielles, d'atténuation et d'adaptation au changement climatique afin de maximiser les co-bénéfices

4.4. Les perspectives de développement du littoral

Plusieurs démarches et projets sont en cours. Les signaler ne veut pas dire que ces projets peuvent régler, à eux seuls, les problèmes posés. Mais il est important de partir de ses démarches en cours, pour baser une vision plus globale, en intégrant dès à présent dans cette démarche une composante d'anticipation.

4.4.1. Avant – projet de loi « Littoral », avril 2006

Ce projet stipule la mise en place d'une Agence nationale du littoral. Ce projet mériterait de voir le jour très prochainement ; il doit comporter de manière claire un énoncé d'adaptation au changement climatique. Surtout, il devrait comporter une vision sur le court et sur le long terme, et renforcer la structuration de l'aménagement littoral pour mieux préparer les côtes à subir les effets du changement.

Plusieurs instruments juridiques et réglementaires ont été mis en place pour protéger le littoral marocain contre toutes les formes de pressions humaines. Parmi ces textes, on peut citer notamment la loi sur la protection et la mise en valeur de l'environnement, celles sur les carrières, les études d'impact et les déchets, ainsi que le décret sur le Plan d'Urgence National (PUN). La promulgation de la loi sur le littoral renforcera certainement cet arsenal et contribuera à une meilleure protection des zones côtières.

Dans le cadre de la mise en œuvre du Plan d'Urgence National (PUN), le Département de l'Environnement a organisé, des exercices de simulation de pollution marine par les hydrocarbures au large de Mohammédia, Agadir, Nador (SIMULEX 2008).

4.4.2. Projet de refonte du Code des Pêches maritimes

Ce code prévoit d'instaurer le principe de non pollution des eaux marines. Il devrait aussi intégrer les effets océanographiques et climatiques sur les écosystèmes.

4.4.3. Le Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de l'Aménagement de l'Espace

Il réalise un Audit Intégral du Littoral Marocain (2007-2010) qui aboutira à une stratégie de gestion intégrée de cet espace, prenant en compte sa vulnérabilité face aux effets du réchauffement climatique.

4.4.4. Mise en œuvre des outils d'aménagement et d'urbanisme

- Projet de stratégie nationale du développement durable
- Mise en place des SRAT : document régional d'aménagement
- Schéma d'organisation fonctionnelle et d'aménagement de l'air métropolitaine centrale Casa – Rabat.

- SDAUL : documents d'aménagement et d'urbanisme du Littoral méditerranéen central, Gharb, le détroit, El Jadida, Tantan, Essaouira, Littoral touristique Tétouan, Littoral méditerranéen Oriental, Safi, Bassin du Souss, Baie de Dakhla, Grand Nador.
- Stratégie et Plan d'action sur la biodiversité.
- Plan de réorganisation de l'office d'exploitation des Ports
- Rapport national sur l'exploitation des sables côtiers
- La Commission Interministérielle chargée de la lutte contre l'exploitation illicite et anarchique du sable des dunes côtières a convenu en mars 2008, de renforcer le contrôle du respect des clauses du cahier de charges par les exploitants des carrières en exercice et prévenir sur le terrain les actes de prélèvement illicites ; mettre en oeuvre des solutions opérationnelles et alternatives : sable de dragage et de concassage.
- Le ministère lance également une opération pour assurer le suivi par photo aérienne et ortho photos plans numériques (MNT) des zones côtières les plus convoitées sur le plan de prélèvement de sable illicite.
- Programme national de l'assainissement / épuration
- Schéma d'aménagement de la zone nord, PAIDAR – Med
- Plan d'urgence nationale, avec l'objectif de typologie des espaces et repérer ceux à enjeux et la coordination des acteurs concernés.

Il reste que ces schémas et projets ne sont pas forcément mis en application et restent donc souvent à l'état de simples études.

4.4.5. Plan Halieutis

Ce plan a pour ambition de porter à 21,9 milliards de DH le PIB du secteur halieutique à l'horizon 2020 contre 8,3 milliards en 2007, en vue de faire de la filière un moteur de croissance pour l'économie nationale, en développant la compétitivité du secteur et en augmentant la consommation de poisson au Maroc pour atteindre 16 kg/habitant/an en 2020 contre 10 kg actuellement.

Le nombre des emplois directs à terre (Industrie et aquaculture) devrait passer de 61.650 à 115.000, celui des emplois indirects de 488.500 à 510.200 et le volume de la production halieutique s'établira à 1,660 millions de tonnes contre 1,035 millions actuellement. Les projets programmés ciblent essentiellement l'aménagement des pêcheries sur la base de quotas, la promotion et le partage de la connaissance scientifique, l'adaptation de l'effort de pêche, le développement de l'aquaculture pour en faire un moteur de croissance majeur ainsi que des infrastructures et équipements de débarquement. Il s'agit aussi d'améliorer la gestion des espaces portuaires, Les axes majeurs de ce plan sont l'exploitation durable des ressources par la promotion d'une pêche responsable, le développement d'une pêche performante en faveur d'une qualité optimale dans le traitement des produits, et l'amélioration de la compétitivité afin de conquérir de nouvelles parts de marché.

4.4.6. Programme National d'Assainissement Liquide et d'Épuration des Eaux Usées (PNA)

dont les principaux objectifs visés à l'horizon 2015, sont les suivants :

- atteindre un niveau de raccordement global au réseau de 80 % en milieu urbain ;
- rabattre la pollution domestique de 80 % en 2015, par la mise en place d'unités de traitement des eaux usées. Ce programme, dont le montant global est de l'ordre de 43 milliards de dirhams, concernera 260 villes et centres urbains, totalisant une population de 10 millions d'habitants.

4.4.7. Projet de développement durable du tourisme dans les pays méditerranéens

L'objectif principal de ce projet, lancé depuis 2007, est de promouvoir une planification et une gestion durables du tourisme dans les zones côtières du Sud méditerranéen, moyennant des outils d'aide à la décision, des directives à l'intention des promoteurs touristiques, le renforcement des capacités et la sensibilisation au tourisme durable. A présent, certaines activités sont réalisées, notamment : le choix des hôtels pilotes et des indicateurs du tourisme durable.

4.4.8. Mise en valeur du littoral de Bouznika-Casa/Mohammedia et celui d'Agadir

Le Ministère de l'Équipement et des Transports a procédé à la réalisation des études de définition des **schémas de mise en valeur du littoral de Bouznika-Casa/Mohammedia et celui d'Agadir**. Actuellement, il a lancé celle relative au littoral de Tanger. Le programme prévoit la réalisation de la même étude aux autres zones.

Ce Schéma consiste à l'établissement d'un plan d'aménagement et de zoning ainsi que la mise en valeur économique de la façade maritime, et ce dans les perspectives de développer les diverses activités industriello-portuaires, la Pêche et la culture maritime, le tourisme, les activités balnéaires, les loisirs et plaisance, et aussi pour la protection du littoral, en précisant pour chaque activité les différentes mesures de protection à prendre.

4.4.9. Projet de gestion côtière dans la zone du Rif Central

Dans le cadre de la Convention de Barcelone, le Maroc a été choisi parmi les pays méditerranéens pour réaliser **un projet de gestion côtière dans la zone du Rif Central**. Ce projet, lancé en 2008, va contribuer au développement socio-économique de la population locale, tout en assurant une protection et une utilisation durable des ressources côtières. Il aura pour tâche, d'évaluer les ressources naturelles et culturelles de la zone d'étude et, d'autre part, de recommander des mesures de gestion et des voies optimales d'un développement équilibré et durable.

4.4.10. Programme d'aménagement touristique de Marchica à Nador

Le projet d'aménagement de la Lagune de Nador vise la création d'une ceinture verte au sud de la ville, sur près de 3 km et d'un golf côtier en face de la lagune. Ce projet sera ponctué par des hôtels lacustres. De même, un secteur résidentiel accompagnera la réalisation de ce golf avec la construction de logements collectifs et de villas. D'une superficie de 117 000 m², cet ensemble sera intégré dans une coupure verte limitant l'extension urbaine. La presqu'île d'Atalayoune constitue un pôle nautique avec l'installation d'unités hôtelières. La cité de la plaine prévoit la construction d'un golf résidentiel, de villas en villégiature, de logements collectifs et d'un résidentiel touristique ainsi que d'un hôtel et d'infrastructures sportives. La station balnéaire de Kariat Arekmane sera développée en cité lacustre à haute qualité environnementale. Les investissements sont estimés à 46 milliards de DH et doivent être réalisés sur plusieurs tranches sur la période 2009-2025.

Le projet vise « une destination touristique autonome, avec valorisation du potentiel socio-économique et des ressources naturelles de la province, sauvegarde de la biodiversité, mise en valeur du littoral marin, reboisement des espaces verts et recyclage des eaux usées ».

La première tranche de ce programme avec des investissements de l'ordre de 7 millions de dirhams, prévoit en plus de l'urbanisme, la réalisation d'une passe de 300 mètres de largeur et de 6 mètres de profondeur, à 1.500 mètres à l'ouest de la passe actuelle et l'aménagement de la passe actuelle en port de plaisance.

L'installation des digues va stabiliser le littoral au droit de l'ouverture, enrayant ainsi le transport de sable sur les petits fonds d'une part et à l'intérieur de la lagune d'autre part. Cette stabilisation va donc provoquer une régularisation progressive des profondeurs de part et d'autre de la protection, dans le cadre d'un nouvel équilibre de la pente transversale de la plage ; côté lagune, le projet amènera un arrêt de la progression des flèches sableuses donc de l'engraissement progressif des fonds actuellement constaté.

4.5. Stratégie d'adaptation au changement climatique

La stratégie doit reposer sur :

- Une protection sélective des différentes zones côtières en fonction du niveau de leur vulnérabilité au changement climatique et de leur caractère plus ou moins précieux (sur le plan patrimonial) ou utile (sur le plan socio-économique) ;
- Le choix d'allier la poursuite des activités traditionnelles – tout en les réformant - et le lancement d'autres innovantes et protectrices, permettant de développer la valeur économique et sociale des zones côtières et leur valeur en terme monétaire, pour empêcher une trop rapide consommation du terrain disponible ;
- La prise en compte du futur, même lointain (développement durable) au niveau social, économique, environnemental et éducationnel et cela en anticipant dès aujourd'hui sur des perspectives qui ne vont se réaliser qu'à long terme ;
- La nécessité de disposer de données scientifiques validées (climatiques, biologiques, chimiques, physiques, etc.), permettant de parvenir à une gestion durable et intégrée des zones côtières et du milieu marin. Ce développement, en termes de préservation des paysages, des ressources, de la biodiversité et des stocks halieutiques, passe par une approche écosystémique et un soutien scientifique. Il est donc nécessaire de développer des programmes nationaux et transnationaux afin d'échanger les connaissances, de favoriser le transfert de technologies, et de tirer des leçons des recherches déjà effectuées.

Les adaptations spécifiques

La seconde Communication Nationale du Royaume du Maroc a avancé les propositions suivantes en termes d'adaptation possibles au changement climatique :

Proposition de mesures de protection pour le court et moyen termes

L'aménagement adéquat du littoral exige des solutions rapides et intégrées :

- une délimitation rigoureuse du Domaine Public et des fenêtres naturelles à préserver;
- une bonne gestion du réseau d'assainissement des déchets liquides et solides et un traitement des eaux déversées dans les estuaires et en mer;
- l'intégration de la composante littorale dans les projets d'urbanisme, sans occupation solide et définitive du trait de côte, et sans occupation lourde et anarchique des espaces humides qui doivent être dévolus, en plus de la conservation des habitats les plus précieux, à des activités pour la communauté, avantageant l'éducation, le sport et les loisirs;
- des études d'impact sérieuses en ce qui concerne les projets d'équipement, pour éviter que les plages et les falaises ne reculent à grande vitesse en raison de l'hydrodynamisme particulier de certains secteurs de la côte.
- Les actions de sauvegarde, de réhabilitation, de gestion ne peuvent se concevoir que dans le cadre d'une conception intégrée, énonçant des principes clairs et bien définis, dans un environnement juridique de droit et d'équité et grâce à l'acquisition par tous d'une sensibilité écologique et d'un comportement éthique.
 - ✓ Le rechargement artificiel en sable pour réhabiliter les plages érodées, couplée avec la construction d'épis et de brises lames ;
 - ✓ La réhabilitation et la fixation des dunes par la végétation ;
 - ✓ La construction de murs de protection et/ou le renforcement des enrochements pour protéger les zones urbanisées les plus exposées, notamment les habitations, et les établissements touristiques et industriels.
 - ✓ La construction de barrages et d'écluses.
 - ✓ La surélévation progressive des crêtes des digues portuaires.

Proposition de mesures d'adaptation pour le long terme :

- l'adoption d'une perspective générale visant la gestion intégrée des zones côtières,
- la création d'une institution responsable de la gestion et de l'aménagement des zones côtières, dans une vision intégrée et prospective,
- la réforme des textes juridiques car, avec l'ENM, le domaine public maritime n'aura plus la même configuration, et son régime juridique tel que stipulé dans les textes actuels devra être revu et modifié.

Trois perspectives sont essentielles pour parvenir à ce but

- Territoriale : intégration de la bande littorale avec le reste du pays et articulation par le développement d'axes structurants partant du littoral et couvrant des zones intérieures, pour éviter une trop forte concentration linéaire ; là où la mer domine directement la côte (Rif, entre Essaouira et Agadir), cette perspective est encore plus nécessaire. Elle visera à instaurer une solidarité entre la montagne et la côte, toutes deux des milieux fragiles et nécessitant un aménagement adéquat et rationnel.
- Structurelle : dotation en infrastructures et en ressources, constituant les bases nécessaires pour mettre en valeur les potentialités (touristiques, halieutiques, de communication) et réduire les impacts négatifs (pollution, surconcentration);
- Fonctionnelle : amélioration du tissu productif et encouragement des investissements adaptés au milieu côtier et de l'esprit de l'entreprise, en vue de la mise en valeur modale des ressources locales.

4.6. Recommandations pour une politique de Gestion Intégrée des Zones Côtières

La revalorisation du domaine côtier et son intégration comme élément-clé du développement durable, supposent de nouvelles approches de gestion.

Les potentialités du domaine maritime, insuffisamment connues ne peuvent être pleinement valorisées sans que des programmes d'études ne leur soient consacrées, ainsi que des programmes d'information et de sensibilisation.

Les potentialités sont insuffisamment protégées à défaut des mesures législatives nécessaires pour préserver ce patrimoine.

La coordination entre de nombreuses institutions responsables est nécessaire, ce qui suppose de mettre en place un dispositif légal et institutionnel qui permette la mise en œuvre d'une politique axée sur la gestion intégrée des zones côtières.

- L'élaboration d'une stratégie de développement intégré du littoral et de ses ressources
 - ✓ optimiser l'urbanisation et réduire ses impacts,
 - ✓ optimiser les choix en matière de transport public et d'infrastructures,
 - ✓ adopter une stratégie d'allocation des espaces pour les activités industrielles, portuaires, touristiques et donc empêcher les compétitions sur l'espace et canaliser les activités humaines vers une meilleure conservation du littoral,
 - ✓ créer une meilleure harmonie entre la protection du littoral et de son arrière pays et le besoin de développement.

- La valorisation des ressources biologiques et paysagères du littoral
 - ✓ Restructurer le secteur des pêches pour des prises plus organisées, plus ciblées et respectueuses des habitats et des cycles de développement des espèces;
 - ✓ Éviter le gaspillage des prises et valoriser les produits de la mer et ainsi, mieux faire contribuer les produits de la mer dans le développement,
 - ✓ Développer l'aquaculture, comme alternative à la chute de production de certaines pêcheries,
 - ✓ Développer l'écotourisme dans les zones humides, pour une meilleure valorisation de la zone côtière.

- La préservation de l'environnement marin et de la qualité des côtes
 - ✓ Le bon fonctionnement des unités d'épuration,
 - ✓ la conservation de fenêtres naturelles sur la côte avec leur biodiversité originelle et leur richesse paysagère, pour pouvoir le cas échéant restaurer à partir de ces fenêtres, des espaces plus larges ;
 - ✓ la conservation des zones humides côtières;
 - ✓ la mise en œuvre de plans de dépollution des zones sensibles ;

- ✓ le développement des moyens et supports d'information, de communication et d'éducation pour mobiliser les citoyens et garantir leur implication dans les programmes de conservation.
- La mise en place d'instruments juridiques et institutionnels spécifiques de l'espace et des ressources du littoral
 - ✓ une loi spécifique du littoral définissant les droits de propriété, les conditions d'exploitation du rivage, les modes de gestion et d'intervention;
 - ✓ une institution nationale chargée du développement et de la gestion des zones côtières et de leurs ressources;
 - ✓ une amélioration du cadre d'investissement sur le littoral et l'espace marin pour encourager le secteur privé à s'impliquer davantage dans l'utilisation rationnelle et durable de ce patrimoine;
 - ✓ le renforcement des capacités d'intervention en cas d'accident.

La charte de l'aménagement du territoire insiste sur la vision renouvelée du rôle des eaux territoriales et du littoral dans le développement national. Il s'agit d'en faire des espaces privilégiés de développement dans le nouveau contexte de mondialisation. Cela signifie d'abord la valorisation des ressources maritimes, ce qui suppose leur évaluation (connaissance, estimation des équilibres écologiques et des risques).

Cela signifie aussi une définition claire des conditions d'exploitation de ces ressources, sauvegardant à la fois l'intérêt des partenaires et la durabilité des ressources. Il faut, par ailleurs, activer la ratification des conventions et accords ayant trait au domaine maritime, promulguer les textes et créer les institutions à même d'assurer l'application des principes de développement durable du littoral.

Les principes sont les suivants :

- Eradiquer les formes d'abus menant à des dégradations, à travers l'application de la loi;
- Doter les littoraux de schémas – directeurs d'aménagement, et se conformer à leurs recommandations;
- Promulguer une loi spécifique du littoral, définissant les droits de propriété, les conditions d'exploitation du rivage, les modes de gestion et les conditions d'intervention;
- Créer une institution nationale chargée d'aménager les zones côtières;
- Améliorer le cadre d'investissement sur le littoral en procédant à la mise en place des infrastructures de base et en améliorant la cadre de vie dans la zone littorale.

Conclusion : La gestion durable des zones marines et côtières

Le contexte du changement climatique imprime une dynamique d'ordre planétaire au devenir des zones côtières et lui donne un caractère pratiquement incontrôlable ; on pourrait presque adopter une posture fataliste à son encontre. La seule manière d'agir est de s'adapter à ce phénomène. Pour ce faire, l'action la plus porteuse est de renforcer les capacités de gestion des zones littorales en créant les conditions institutionnelles et juridiques capables de prendre en charge de manière intégrée, à la fois les problèmes structurels du littoral et les impacts attendus du changement climatique et océanographique.

Il faut donc agir pour corriger les travers des dynamiques sur lesquelles l'homme a une prise directe, pour pouvoir s'adapter dans la mesure du possible, aux changements du climat et de la mer, sur lesquels l'homme n'a pas de prise.

Le littoral, un espace à prendre en compte d'urgence dans les politiques publiques

Le littoral représente un patrimoine social et culturel, lentement construit tout au long de l'histoire, autour de pratiques sociales, notamment la cueillette et la pêche dès la Préhistoire, des échanges, notamment avec la Péninsule ibérique et le reste de la Méditerranée, dans l'Antiquité et au Moyen Age et de la mobilité permanente des populations du nord au sud et du sud au nord. Cet espace a été fortement convoité par les pays voisins et même, lointains (Phéniciens) et qui a été ardemment défendu, avec des vicissitudes répétitives de colonisation et de libération. La colonisation du 20^{ème} siècle a fait le choix de privilégier cet espace tout en marginalisant quelque peu les territoires internes. Depuis, cette tendance ne s'est pas démentie.

La population, les activités et établissements humains occupent de plus en plus les zones côtières, aggravant le phénomène de "littoralisation". L'évolution démographique et les processus socio-économiques intensifient constamment ce phénomène. Le littoral devient de ce fait un espace fortement convoité, revendiqué pour de nombreuses activités et, ainsi un lieu de compétition et de concurrence.

Par ailleurs, la pression des activités humaines et l'artificialisation du littoral (construction d'infrastructures, travaux de bonification des vallées marécageuses, travaux d'irrigation et d'agriculture intensive, du type Oulja, investissements industriels, raffinage, chimie, production d'électricité, tourisme balnéaire) rendent la restauration de l'intégrité des écosystèmes difficile à atteindre. Par contre, les arrière-pays sont souvent moins développés.

L'aménagement devient donc une urgence, d'autant plus que de larges sections du trait de côte seront construites et donc difficiles à réaménager ; l'anticipation est ainsi d'autant plus importante qu'elle insiste sur les atouts de cet espace et tend à les développer.

Les risques habituels des tempêtes mais surtout l'exagération que va leur imprimer le changement de conditions climatiques et océanographiques représentent une menace majeure dont il faut tenir compte, en corrigeant des erreurs du passé et en adoptant des modes d'aménagement adaptés.

Malheureusement, aucun principe ni règlement applicable à l'utilisation des sols, tenant compte de ces risques, n'a été arrêté de manière effective. Or, il est absolument indispensable de rationaliser l'utilisation des terres pour éviter la dégradation du patrimoine physique, biologique et culturel de cette éco-région magnifique et fragile.

Pour y arriver, la formation et le renforcement de capacités des acteurs concernés sont des gages de durabilité pour les processus d'aménagement et de conservation du littoral ; Il faut par ailleurs intégrer la dimension communication pour toucher le grand public.

Limiter la sur-concentration, tout en encourageant la pluri-activité

En concentrant, dans des espaces restreints, de plus en plus d'humains, de villes, d'activités, d'équipements et d'infrastructures, le littoral constitue un secteur clé pour le développement du pays. Mais c'est un lieu de compétition entre secteurs multiples, avec des risques de faillite du développement, du fait même, de cette concurrence. En même temps qu'il faut conserver ce dynamisme économique de la frange littorale et baser dessus, le développement du reste des territoires, il est important de réguler cette concentration, pour en limiter les impacts négatifs.

Il faut donc faire des choix en termes de politiques sectorielles de développement qui permettent de réduire l'impact spatial des projets, leur nombre et leur extension. En faisant le choix pour le rail et les transports publics, on peut espérer réduire l'emprise des infrastructures routières et autoroutières très consommatrices d'espace ; en réussissant la rationalisation énergétique, on peut limiter le nombre de centrales électriques à édifier.

Il faut réglementer l'installation d'habitat et d'établissements divers dans la zone côtière, par l'institution de schémas-directeurs et l'obligation d'études d'impact pour les projets d'envergure et en adoptant des règles d'urbanisme contraignantes, partout où la côte présente un intérêt écologique, paysager ou culturel et surtout dans les zones risquant d'être affectées par les processus de submersion, d'inondation ou d'érosion côtière.

Il faut promouvoir une politique d'aménagement du territoire visant à réduire la fracture Littoral / Intérieur et opter pour des politiques territoriales dans l'arrière-pays, en dotant l'agriculture de moyens de résistance et en faisant le choix de développer des centres urbains de petite et moyenne taille, dotés des équipements nécessaires pour retenir une partie de la population en voie de migration.

Sur les rivages encore peu occupés, il faudra avantager les solutions préventives et l'anticipation.

Pour éviter les conflits et les compétitions, il faudrait donc institutionaliser des commissions inter-ministérielles de coordination et concevoir des institutions spécifiques, en charge du littoral, comme les agences du littoral, afin de rendre la politique plus opérationnelle.

La GIZC³² et les Plans d'aménagement côtiers sont un outil important ; ils doivent prendre en compte l'approche participative de l'aménagement des zones côtières et encourager les initiatives locales ; mais ces outils intéressants tant qu'on reste au niveau du diagnostic, se révèlent inopérants dès qu'on passe à la mise en œuvre et qu'on en appelle à la responsabilité des acteurs, aux porteurs effectifs du projet (conflits d'intérêts) et que se posent les difficiles arbitrages financiers.

C'est pourquoi, pour rendre effectives les études d'impact et réglementations d'urbanisme, il faudrait avantager des stratégies de territoires, capables de se prendre en charge, de s'approprier les choix d'aménagement et de les défendre malgré les contraintes.

Un espace fondamental pour la sécurité alimentaire et la biodiversité

Le littoral et la mer sont fondamentaux pour la sécurité alimentaire des populations, pour la durabilité du développement et pour la qualité de la vie. Ces milieux sont d'un intérêt inestimable pour les cycles biologiques et pour la reproduction des espèces et la biodiversité.

Le premier objectif est de conserver autant que possible, la biodiversité littorale et marine, par :

- la mise en exécution des accords et protocoles déjà signés ou en voie de mise en place, pour la protection et le développement des régions côtières et marines et notamment les dispositifs de la convention des NU pour la biodiversité, la convention de RAMSAR.

³² Gestion intégrée des zones côtières

- l'augmentation du ratio de secteurs protégés, par rapport à la totalité des espaces littoraux et marins et la conservation de multiples ouvertures naturelles, où l'on tente de restaurer ou de maintenir l'intégrité des écosystèmes.
- dans les secteurs sensibles, destinés à être protégés, privilégier une approche d'appropriation des objectifs de conservation, par les populations concernées, en les impliquant dans le processus et en optant pour des méthodes souples de conservation ou de gestion des ressources naturelles et des espaces avec des affectations diversifiées selon le caractère plus ou moins précieux et plus ou moins fragile des espèces à protéger.

Le second objectif est de gérer les ressources halieutiques et l'aquaculture :

- L'exécution des objectifs de Johannesburg relatifs à la gestion durable des pêcheries (restauration ou maintien des stocks) et au contrôle de l'aquaculture.
- Aménager les pêcheries et exploiter rationnellement les ressources halieutiques (techniques responsables), en particulier, restaurer les stocks avant 2020.
- Définir une capacité de charge (effort de pêche) au-delà de laquelle la reproduction des espèces est compromise.
- Réguler l'activité aquacole.

Dans ce domaine de la biodiversité et de l'halieutique, les impacts biologiques possibles des changements climatiques et océanographiques sont à ce jour, mal cernés. Il est donc nécessaire d'intensifier la recherche scientifique sur ces dynamiques, pour pouvoir proposer des modèles d'adaptation suffisamment cohérents.

Réduire les nuisances et éviter les risques physiques liés au changement impactant le littoral

La sur-concentration est source de nuisances et d'effets sur les ressources et sur la qualité des milieux. Elle accroît la vulnérabilité aux risques naturels. Le littoral est un milieu fragile affecté par les changements globaux, notamment le réchauffement climatique qui menace l'existence même de certaines zones humides, le devenir des plages et par là, l'activité balnéaire et l'équilibre des écosystèmes. Certaines des modifications peuvent être profondes, sinon irréversibles.

C'est dans une côte fortement occupée que les impacts du changement climatique et océanographique auront le plus de prise. Car les effets concerneront des installations et édifices à coût élevé et condamneront des activités fortement rémunératrices. La méthode de calcul des impacts se base justement sur la valeur affectée à chaque portion de terrain.

Si la valeur biologique ou patrimoniale n'est pas estimable, la valeur des pertes économiques est par contre directement calculable. Tous les quartiers inondables, les hôtels trop proches d'un rivage en érosion, les quartiers industriels mal assainis, les ports en voie d'ensablement ou d'envasement, les kilomètres de plages disparus, tout cela représente un coût très élevé. Si en plus s'ajoutent les risques habituels de pollution et d'entassement, la situation peut devenir réellement explosive.

Le premier objectif est de lutter contre la pollution côtière, en vue de la réduire et d'en minimiser les effets.

- Il faudra s'engager à hâter l'adoption et la mise en œuvre des protocoles et des plans d'actions correspondants ;
- Réduire les contraintes empêchant la mise en application effective de certains aspects de ces accords (contraintes financières, technologiques...);
- Anticiper pour empêcher les modifications environnementales profondes, parfois irréversibles.

L'évaluation des coûts des impacts des pollutions peut donner lieu à une approche prospective des objectifs à proposer aux décideurs, notamment par la mise en évidence du coût de l'inaction en termes d'impacts.

Il faudra avantager la recherche de techniques simples et moins coûteuses, plus adaptées au contexte de rareté des moyens.

Il faudra appliquer les mécanismes économiques, comme celui du pollueur / payeur,

Le second objectif est de maintenir autant que possible l'équilibre de la dynamique érosion/sédimentation sur le trait de côte, pour éviter le recul sinon la disparition de plages sableuses ou l'envasement/ensablement des ports et des endroits protégés.

- Réguler l'exploitation sableuse sur les rivages,
- Veiller à la non-durcification des hauts de plages et de dunes bordières,
- Mener des études d'impact sur l'hydro-dynamique marine avant toute édification de jetées ou de dispositifs sur le trait de côte,
- S'adapter vis-à-vis du relèvement du niveau marin, du fait du réchauffement planétaire, en construisant au-delà de la dune bordière.

Bibliographie

- ABID, N., M. Idrissi. 2006. Analyse des indices d'abondance standardisés relatifs aux captures du thon rouge (*Thunnus thynnus*) par les madragues de l'Atlantique Marocain. Période 1998-2005. ICCAT, SCRS/2006/078.
- Adams, P.N. and D.L. Inman. 2008. "Climate Change and Potential Hotspots of Coastal Erosion Along the Southern California Coast." Draft Paper. 2008 Assessment Report.
- Ahmed Makaoui, Abdelattif Orbi, Karim Hilmi, Soukaina Zizah Jamila Larissi and Mohammed Talbi L'upwelling de la côte atlantique du Maroc entre 1994 et 1998, *Comptes Rendus Geosciences*, Volume 337, Issue 16, December 2005, Pages 1518-1524
- Bennouna M., 1992 : La dimension géo – politique du Maroc méditerranéen, Publ. GERM, Ed. le Fennec , p. 103 – 115
- Bernard, N. Les ports de plaisance, équipements structurants de l'espace littoral. L'Harmattan,
- Berriane M. et Laouina A. Eds., (1993) : Aménagement littoral et évolution des côtes, l'environnement des côtes marocaines en péril, Publ. Du Comité national de Géographie du Maroc, 120 p.
- Berriane M., 1992 : Le tourisme sur la côte méditerranéenne, Publ. : GERM, Ed. le Fennec, p. 121 – 162.
- Berriane M., 1994 : Développement touristique, urbanisation du littoral méditerranéen et environnement., in *Le Maroc méditerranéen, quels enjeux écologiques ?* Publ. GERM, p. 89 – 116.
- BOUMEAZA T. 1998. Morphologie et évolution du delta et du littoral de la basse Moulouya, Maroc nord oriental (Maroc): apport des images aéroportées et satellitaires. *Rev. Géobiosphère*, CRTS, Rabat, n°8, 1998, pp. 65-77.
- BRUUN, P. (1962). Sea-level rise as a cause of shore erosion. *J. Waterways and Harbors, Div., ASCE*, New York, 88, 117-130.
- BRUUN, P. (1988). The Bruun rule of erosion by sea-level rise: a discussion on large scale two- and three- dimensional usages. *J. Coastal Res.*, Charlottesville, 4(4), 627-648.
- CARTER, T.R., PARRY, M.L., HARASAWA, H., NISHIOKA, S. (1994). IPCC technical guidelines for assessing climate change impacts and adaptations. University College of London / Center for Global Environmental Research, Londres / Tsukuba, 59 pp.
- Cayan, D.B., P.D. Bromirski, K. Hayhoe, M. Tyree, M.D. Dettinger, R.E. Flick. 2008b. "Climate Change Projections of Sea Level Extremes Along the California Coast." *Climatic Change* 87(Suppl. 1): 57-74
- Cazenave, A., K. DoMinh, S. Guinehut, E. Berthier, W. Llovel, G. Ramillien, M. Ablain, and G. Larnicol (in press), Sea level budget over 2003-2008 : a reevaluation from GRACE space gravimetry, satellite altimetry and Argo, *Global and Planetary Change*.
- Chafik A., Cheggour M., Cossa D., Benbrahim S. et Sifeddine M., 2001. Quality of moroccan atlantic coastal waters : water monitoring and mussel watching. *Aquat. Living Resour.*, 14, pp 239-249.
- Charrouf, L., (1991) : Problèmes d'ensablement des ports marocains sur la façade atlantique. *La Houille Blanche*, n°1, pp. 49-71.

- Chikhi N., Afkir E., Laouane M. et Chaara A., 1991 : les problèmes du littoral tétouanais, in le littoral tétouanais, pub. Du Groupe de Recherches Géographiques sur le Rif, Univ. de Tétouan, p. 83 – 144 (en Arabe).
- Colloque d'Arles (12 et 13 octobre 2000) : Le changement climatique et les espaces côtiers, "L'élévation du niveau de la mer : risques et réponses".
- Conférence des Régions Périphériques Maritimes d'Europe : Séminaire "Littoral en danger" Comment les régions maritimes d'Europe s'adapteront-elles au climat à venir ? Marseille (France) 3 et 4 février 2006
- Dakki, M. (2003) : MedWetCoast Maroc: Diagnostic pour l'aménagement des zones humides du Nord-Est du Maroc. Rapport final réalisé pour le compte du Secrétariat d'Etat à l'Environnement & du Département des Eaux et Forêts et de la Lutte contre la Désertification. 98pp.
- E.C.F. BIRD, Coastline changes, a global review, John Wiley & sons, 1985
- EL ABDELLAOUI J. E.: Apport des images Spot XS à l'étude de la dynamique de la matière en suspension en zones côtières : cas du littoral de la province de Tanger (Maroc), Xèmes Journées Scientifiques du Réseau Télédétection de l'AUF
- El Agbani M.A. and al., 1988. The Khnifiss lagoon and adjacent waters : hydrology and hydrodynamics. The Khnifiss lagoon and its surrounding environment. Dakki, M. and Ligny, W. de (eds). *Trav. Inst. Sci., Rabat, mém. Hors série*, pp 17 à 26.
- EL ARRIM, A. (2001): Contribution à l'étude du littoral de la baie de Tanger. Approche sédimentologique, minéralogique, géochimique et impact de la dynamique sédimentaire. Thèse de Doc. National, Univ. Abdelmalek Essadiki. FST-Tanger, 149 pp.
- El Bouzidi, R., (2005) : Evolution morpho-sédimentaire et variabilité spatio-temporelle du transit littoral dans la baie de Tanger (Maroc). Thèse Doctorat, Univ. Mohamed V-Agdal, Rabat, 198p.
- EL FOUHALI A. et GRIBOULARD R. 1985. Les grands traits structuraux et lithologiques de la marge atlantique marocaine de Tanger à Cap Cantin. Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, n° 38, pp. 179-211
- El Moumni, B., A. El Arrim, M., Maâtouk, I., El Hatimi, M., Wahbi, A., and Tribak, A. (2002) : Erosion de la baie de Tanger. Ciesm Workshop Series N° 18, Monaco, pp.43-47.
- F. RAMADE, Conservation des écosystèmes méditerranéens, enjeux et prospective, Les Fascicules du Plan Bleu n°3, Paris, Economica, 1997
- FAO Département des pêches et de l'aquaculture Profils des pêches et de l'aquaculture par pays, Maroc 2006
- Faraj A. & Bez N. : Spatial considerations for the Dakhla stock of *Octopus vulgaris*: indicators, patterns, and fisheries interactions, 2007 International Council for the Exploration of the Sea. Published by Oxford Journals.
- FEENSTRA, J.F., BURTON, I., SMITH, J.B., TOL, R.S.J. (1998). Handbook on methods for climate change impact assessment and adaptation strategies. UNEP / Institute for Environmental Studies, Nairobi / Amsterdam, 448 pp.
- GIEC, SGZS, 1990. Stratégies d'adaptation à l'élévation du niveau de la mer. Rapport du sous-groupe de la gestion des zones côtières, groupe de travail des stratégies de réponse du GIEC, ministère des transports, des travaux publics et de la gestion de l'eau, La Haye.

- Gleick, P., M. Heberger, H. Cooley, and P. Herrera. 2008. "The Cost of Adapting to Sea Level Rise Along The California Coastland in the San Francisco Bay." Draft Paper. 2008 Assessment Report.
- Hilmi K. 2005. Modélisation numérique de la circulation de deux milieux paraliques du littoral marocain: la lagune de Oualidia (Atlantique) et la lagune de Nador (Méditerranée). Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences de Ben M'Sick, Casablanca, 183 p
- Hilmi K., J. Larissi, A. Makaoui et S. Zizah 2000. Les changements des conditions hydrologiques et météorologiques dans la zone atlantique marocaine. Dans « Synthèse océanographique de la côte atlantique marocaine de 1994 à 1998 », Travaux et Documents INRH N° 109, 221 p.
- HILMI K., J. LARISSI, S. ZIZAH et A. MAKAOUI Synthèse océanographique de la côte atlantique de 1994 à 1998, Travaux & Documents N° 109, Laboratoire d'Océanographie Physique, INRH, JUIN 2000
- Hilmi K., Larissi J., Zizah S., Makaoui A., 1999. Les changements des conditions hydrologiques et météorologiques de la côte atlantique marocaine de 1994 à 1998. Synthèse océanographique de la côte atlantique marocaine de 1994 à 1998. Travaux et Documents INRH.
- Hilmi K., Orbi A., Lakhdar J.I. & M. Chagdali: Mesoscale/sub-mesoscale variability of the Alboran Sea and the 3D circulation of Nador Lagoon (Morocco). www.ciesm.org/online/monographs/villefranche05.pdf
- HOOZEMANS, F.M.J., MARCHAND, M., PENNEKAMP, H.A. (1993). Sea level rise. A global vulnerability assessment. Delft Hydraulics, Delft / Rijkswaterstaat, The Hague, 184 pp.
- Hope C. in Parry M. et al. (2009), "Assessing the cost of adaptation to climate change : a review of the UNFCCC and other recent estimates", IIED et Grantham Institute for Climate Change, London, pp 100-111.
- Idrissi H, Tahri J.L, Bernoussi A, Chafik A et Taleb H, 1994. Evaluation de la salubrité du littoral méditerranéen et atlantique nord (Saïdia-Safi) durant la période 1992-1994. Travaux et Documents n°77.I.S.P.M.
- Idrissi H. et al., 1994 : Evaluation de la salubrité du littoral méditerranéen et atlantique nord – ISPM, Trav et Doc. N° 77.
- Idrissi L. J., Orbi A., Zidane F., Hilmi K., Sarf F., Massik Z. & Makaoui A. 2004: Organisation et fonctionnement d'un écosystème côtier du Maroc, la lagune de Khnifiss, Rev. Sc. Eau, 17/4, p. 447-462
- Imassi S. and Snoussi M. (2003): Historical shoreline changes at the Moulouya deltaic coast in connection with land use effects. International Conference on "Studying Land Use Effects in Coastal Zones with Remote Sensing and GIS", Antalia, Turkey.
- INTERGOVERNMENTAL OCEANOGRAPHIC COMMISSION (of UNESCO): NATIONAL REPORT MOROCCO, ODINAFRICA Planning and Review workshop 14 – 16 July 2008, Mombasa, Kenya
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE / COASTAL ZONE MANAGEMENT SUBGROUP (1991). The Seven Steps to the Vulnerability Assessment of Coastal Areas to Sea Level Rise. IPCC/CZMS, The Hague, 24 pp.
- Irzi Z. (2002) : Les environnements du littoral méditerranéen du Maroc compris entre Oued Kiss et le Cap des Trois Fourches. Dynamique sédimentaire et évolution. Thèse Doc. d'Etat, Univ. Mohamed 1^{er}, Oujda, 311pp.
- Jaaidi B., Ahmamou et Zougary R., 1992. Impact des aménagements portuaires sur la dynamique côtière : cas de M'diq, Restinga Smir, Tanger et Assilah. Aménagement littoral et évolution des cotes. *Com. Océanog.* Paris, 13 n°5, p 276-291

- Hilmi K., S. Kifani , A. Orbi, A. Makaoui, A. Benazzouz et I. Tai : Variabilité climatique au niveau de l'écosystème du Courant des Canaries (10°N-36°N) à l'échelle inter-decennale, Dans « Synthèse océanographique de la côte atlantique marocaine de 1994 à 1998 », Travaux et Documents INRH N° 109, 221 p.
- HILMI K., Abdellatif ORBI, Jaouad I. LAKHDAR & Farida SARF : Etude courantologique de la lagune de Oualidia (Maroc) en automne, *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Vie, 2004-2005, n°26-27, 67-71.
- Khattabi A. (2002) : Etude socioéconomique de l'embouchure de la Moulouya. Rapport provisoire, MedWetCoast Maroc, 82pp.
- Kifani S. 1991. Approche spatio-temporelle des relations hydroclimat – dynamique des espèces pélagiques en région d'upwelling : Cas de la sardine du stock central marocain. Thèse de Doctorat Univ. De Bretagne Occidentale : 301 pp.
- Kifani S. et F. Gohin, 1991. Influence possible de la température sur les disponibilités locales et les déplacements de sardines du stock central marocain. Pêcheries Ouest-Africaines. Ed. ORSTOM, pp. 278-289.
- Klein, R.J.T., Nicholls, R.J. (1998). Coastal Zones. In: Feenstra, J.F. et al. (eds). Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies. UNEP/Institute for Environmental Studies, Nairobi/Amsterdam, 35 p.
- Klein, R.J.T., Nicholls, R.J. and Mimura, N., (1999). Coastal adaptation to climate change: Can the IPCC Technical Guidelines be applied? Mitigation and Adaptation strategies for Global Change 4, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp. 239-252.
- Knowles, N. 2008. "Potential Inundation due to Rising Sea Levels in the San Francisco Bay Region." Draft Paper. 2008 Assessment Report.
- Laouina A. (1999) : L'environnement marin et littoral au Maroc et en Méditerranée et les choix économiques et politiques. Rev. Al Baht al Ilmi, IURS, n° 46, p. 66 – 74.
- Larissi J., Hilmi K., Zizah S. et Makaoui A., 1999. Variabilité des paramètres hydrologiques de la zone sud atlantique marocaine (Cap Boujdour – Cap Blanc) durant les années 1994 et 1997 par l'analyse en composantes principales (ACP). Synthèse océanographique de la côte atlantique marocaine de 1994 à 1998, Travaux et Documents INRH.
- LONG, B.; BENCHEIKH, L. & KARAKIEWICZ, B. (1999): Rehabilitation of a sandy beach following severe erosion: The beach of Tangier, Morocco. CCC99, Victoria, May 1999.
- LPEE, 2002: Etudes océanographiques et maritimes du future port de Oued Rmel, Rabat. Avril 2002.
- Makaoui A., A. Orbi, J. Larissi, S Zizah et K. Hilmi, 2000. Principales caractéristiques océanographiques de la côte atlantique marocaine de 1994 à 1998. Dans « Synthèse océanographique de la côte atlantique marocaine de 1994 à 1998 », Travaux et Documents INRH N° 109, 221 p.
- Makaoui A., Orbi A., Larissi J., Zizah S., Hilmi K., 2000. Principales caractéristiques océanographiques de la cote atlantique marocaine de 1994 à 1998. Synthèse océanographique de la côte atlantique marocaine de 1994 à 1998. Travaux et Documents INRH.
- Massio J., 1993. Elaboration et validation d'un modèle simple de mélange des eaux en estuaire. Application au Bou Regreg (côte Atlantique marocaine). *Annls Limnol.* 29 (2) : pp 203-216.

- MATEE-PNUE, 2005. Evaluation de l'Impact et de l'Adaptation des Zones Côtières face aux Changements Climatiques au Maroc. Rapport final réalisé par le MATEE avec appui du PNUE entre 2002 et 2005.
- Mauvais J.L., Goarnisson R., 1999. Etat de l'environnement sur la façade atlantique. Bilans et perspectives, Ifremer, pp 140.
- Mekouar M. A., 1986 : système foncier et écosystème côtier, entre terre et mer, le littoral balloté. Revue marocaine de Droit et d'Economie du Développement, n° 12.
- Menioui M. 2008 Projet ACCMA Vulnérabilité des écosystèmes du Littoral Méditerranéen Oriental à l'élévation du niveau de la mer
- Menioui M. : Projet SMAP III POLLUTION COTIERE ET DEVELOPPEMENT DURABLE
- Min. Aménagement du Territoire, 1996 : Programme d'Action intégré pour le développement et l'Aménagement de la région méditerranéenne du Maroc ; Rapport de synthèse, multigr., 98 p.
- Ministère de l'aménagement du territoire, de l'eau et de l'environnement (2001): Communication Nationale Initiale à la Convention Cadre des Nations unies sur les Changements Climatiques. Rabat, 99 pp.
- Ministère Déléguée chargé de l'Habitat et de l'Urbanisme, 2002 : Schéma Directeur d'Aménagement Urbain du Littoral Méditerranéen Oriental (SDAULMO).
- Ministère du Tourisme/ Inypsa, 2004 : Projet de Faisabilité pour le développement d'une Nouvelle Station Touristique sur la zone littorale de Saïdia.
- Morel M., 1999. Surveillance de la qualité de l'environnement littoral : proposition pour une meilleure coordination des réseaux. Bilans et perspectives, Ifremer, pp 36.
- Naciri M., 1992 : Le Maroc méditerranéen, l'envers du décor, Publ. GERM, Ed. le Fennec, p. 13 – 35.
- Omar AZZOUZ, Bouchta EL FELLAH & Ahmed CHALOUAN, 2002 : Processus de glissement dans le Massif de Bokoya (Rif interne, Maroc) : exemple de Cala Bonita, Bulletin de l'Institut scientifique, Rabat, section Sciences de la Terre, n° 24, 33-40.
- Orbi A. et Berraho A. : Potentialités de l'aquaculture marocaine, CIHEAM - Options Mediterraneennes
- Orbi A., 1998. Hydrologie et hydrodynamique des côtes marocaines : milieux paraliques et zones côtières. *Expo'98* – Lisbonne.
- ORBI A., HILMI K., LAKHDAR IDRISSE J. & ZIZAH S. : LAGOON ECOSYSTEM STUDY THROUGH TWO CASES: OUALIDIA (ATLANTIC) AND NADOR (MEDITERRANEAN) – MOROCCO, in .E. Gönenç et al. (eds.), *Sustainable Use and Development of Watersheds*, 289–298. *Springer Science + Business Media B.V.* 2008
- Plan Bleu, 1988 : Avenirs du bassin méditerranéen, Economica, 442p.
- Plan Bleu, 2004 : Littoral, in Rapport Environnement et Développement en Méditerranée, partie 2, 82 p.
- PNUE/PAM//PAP, Livre blanc : gestion des zones côtières en Méditerranée, Split, PAP, 2001.

- Projet PNUD-FEM RAB94G31 (2000–2001) : Etudes de vulnérabilité de trois pays du Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie) face aux changements climatiques.
- Ramdani M., Laouah A., Saoud Y., El Khiati N. et Idrissi H., 1997 : L'aménagement portuaire et les conséquences écologiques sur l'environnement, cas du complexe Restinga – Smir, espace Géographique et Société marocaine, n° 1, p. 70 – 80.
- Rapport sur l'état de l'environnement du Maroc, Octobre 2001. Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement.
- Rapport sur le littoral Marocain, Octobre 2001. Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement.
- Rharbi L., 1996 : Urbanisation et instruments de planification spatiale du littoral méditerranéen. in villes et urbanisation en Méditerranée, Publ. GERM, p. 139 – 146.
- Rharbi N., Ramdani M., Berraho Ab. & Lakhdar J.I. 2001. Caractéristiques hydrologiques et écologiques de la lagune de Oualidia : milieu paralique de la côte atlantique marocaine. *Marine Life*, 11, 1-2, 3-9.
- Royaume du Maroc, 2001. Communication Nationale Initiale à la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements Climatiques, Ministère de l'Aménagement du territoire de l'habitat et de l'environnement, Octobre.
- Sakrouhi A. (1990) : L'aménagement et le développement du littoral au Maroc, Publ. Min. Environnement, Proj. MOR/88/P09, 154 p.
- Secrétariat d'Etat à l'environnement, 1998 : Etude nationale sur la biodiversité, rapport de synthèse, 216p.
- Snoussi M. et Bensari D., 1996 : villes méditerranéennes et risques naturels, Publ. GERM, p. 157 – 170.
- Snoussi M., 1998. Stratégie et méthodologie pour un aménagement intégré et une exploitation durable des zones côtières marocaines. *Expo'98* – Lisbonne.
- Snoussi, M, and Long, B. (2002) : Historique de l'évolution de la baie de Tanger et tentatives de réhabilitation. Ciesm Workshop Series N° 18, Monaco, pp.43-47.
- Snoussi, M. and Tabet Aoul, E.H., (2000): Integrated coastal zone management programme, northwest African region case. *Ocean & Coastal Management* 43 (2000) 1033-1045.
- Stakhiv E.Z., Ratick S.J., et Du W., 1991. Risk cost aspects of sea level rise and climate change in the evaluation of shore protection projects. In: Water resources engineering risk assessment. Ganoulis J. (eds.), Springer-Verlag, Heidelberg, pp 311-335.
- Stern N. (2006), "The economics of climate change : the Stern review", Cambridge University Press.
- STOUR, AGOUMI, SNOUSSI (2002). « Changements climatiques et Elévation du Niveau de la Mer » Revue Marocaine de Génie Civil N97.
- Tahiri L. Berraho A. et Chafik A., 1994 : Activités maritimes et pollution marine, Publ. GERM, p. 125 – 151.
- Tahiri L. Berraho A. et Chafik A., 1994 : Activités maritimes et pollution marine, Publ. GERM, p. 125 – 151.

- Taouil A. et Youbi M., 1991 : Le littoral tétouanais, un système dynamique, in le littoral tétouanais, Publ. Du Groupe de Recherches Géographiques sur le Rif, Univ. de Tétouan, p. 53 – 76 (en Arabe).
- Tol R.S.J., Klein R.J.T., Jansen H.M.A., et Verbruggen H., 1996. Some economic considerations on the importance of pro-active integrated coastal zone management. *Ocean & coastal management*, Vol. 32: 39-55.
- UNEP (1996a) State of the marine and coastal environment in the Mediterranean region. MAP Technical Reports Series No. 100. UNEP, Athens, 1996.
- UR ECO-UP Structuration et fonctionnement des écosystèmes d'upwelling exploités : analyses comparatives pour une approche écosystémique des pêcheries (Unité IRD 097) <http://www.ur097.ird.fr/>
- Vellinga P et Leatherman S.P., 1989. Sea level rise, consequences and policies. *Climatic change*, Vol. 15: 175-189.
- WOOLF D.K., SHAW G.P., TSIMPLIS M.N. (2003): The influence of the North Atlantic Oscillation on sea-level variability in the North Atlantic region, *The Global Atmosphere and Ocean System*, 9 (4): 145-167.
- Zaïm F., 1992 : Les enclaves espagnoles et l'économie du Maroc, Publ. : GERM, Ed. le Fennec, p. 37 – 85.
- Zarki H. (1999) Evolution de la Sédimentation fluviale en Basse Moulouya (Maroc) au cours de l'Holocène. Thesis, n° 1250, Univ. Mohammed Ben Abdellah, Fes, 370 pp.
- Zizah S., Hilmi K., Larissi J. et Makaoui A., 1999. Impact des conditions du milieu marin sur les variations de l'abondance de la sardine dans la zone centrale (Safi – Cap Boujdor) du Maroc. Synthèse océanographique de la côte atlantique marocaine de 1994 à 1998, Travaux et Documents INRH.
- Zizah S., J. Larissi, K. Hilmi, A. orbi et A. Makaoui, 2000. Impact des conditions du milieu marin sur les variations de l'abondance de la sardine dans la zone centrale. Dans « Synthèse océanographique de la côte atlantique marocaine de 1994 à 1998 », Travaux et Documents INRH N° 109, 221 p.
- ZOURARAH, B. (1994). La zone littorale de la Moulouya (Maroc nord-oriental). Transits sédimentaires, évolution morphologique, géochimie et état de la pollution. Thesis, n° 1250, Univ. Mohammed V, Rabat, 197 pp.

Liste des graphiques

| | |
|--------------|---|
| Graphique 1 | Les communes littorales et leur population |
| Graphique 2 | Variations observées du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe |
| Graphique 3 | Série chronologique de la température de l'océan (J) pour la couche de 0 - 700 m |
| Graphique 4 | La température moyenne de surface de la mer au Portugal, au mois de juillet |
| Graphique 5 | Changements dans la concentration de CO ₂ et dans le pH de l'eau de mer |
| Graphique 6 | Moyennes annuelles du niveau de la mer moyen (en millimètres). |
| Graphique 6 | Évaluation des diverses contributions au budget du changement de niveau de la mer |
| Graphique 7 | Variations du niveau de la mer (différence par rapport à la moyenne 1993 - 2001) |
| Graphique 8 | Inondations habituelles et projection d'inondations avec une ENM de 140 cm, Baie de San Francisco |
| Graphique 9 | Séries chronologiques de la moyenne mondiale du niveau de la mer (par rapport à 1980-1999) |
| Graphique 10 | Configuration de la côte, des basses plaines et de la plateforme continentale |
| Graphique 11 | Carte du système des Canaries sur la côte marocaine |
| Graphique 12 | Présentation schématique du phénomène d'upwelling |
| Graphique 13 | Cotes rocheuses et plages du Maroc |
| Graphique 14 | La côte méditerranéenne du Maroc |
| Graphique 15 | La côte de la région orientale |
| Graphique 16 | Les menaces pesant sur le littoral du Sareg de Saïdia à Ras el Ma |
| Graphique 17 | Débouché du delta de la Moulouya en évolution constante ; des plages menacées |
| Graphique 18 | La dynamique au niveau de Cap de l'Eau |
| Graphique 19 | Le port de Saïdia et la zone du projet touristique (à la date de lancement) |
| Graphique 20 | Zone de passage des falaises Kebdana aux sables et marais de Bou Arg |
| Graphique 21 | Impacts prévisibles de l'ENM sur la lagune de Nado |
| Graphique 22 | Littoral de la région Al Hoceima-Taounat-Taza |
| Graphique 23 | Littoral de la région Tanger - Tétouan |
| Graphique 24 | Le port de Mdiq au pied de Koudiat Taifor et l'érosion sur sa face nord |
| Graphique 25 | Le littoral au N de Mdiq, les ports de Kabila et de Marina-Smir |
| Graphique 26 | La baie de Tanger, avec les épis et brise-lames dans sa partie Est. |
| Graphique 27 | Baie de Punta Cirres avant l'édification du port de Tanger-Med |
| Graphique 28 | La côte érodée au droit de l'hotel Malabat |
| Graphique 29 | Le littoral du Gharb |
| Graphique 30 | Instabilité du débouché et des accumulations sableuses de Moulay Bouselham |
| Graphique 31 | Le littoral des régions de Rabat – Casa - Chaouïa |
| Graphique 32 | Falaises découpées de Sidi Moussa (Salé) |
| Graphique 33 | Le débouché du Bouregreg et son ensablement avant le lancement des travaux d'aménagement |
| Graphique 34 | Urbanisation de l'oulja de Harhoura |
| Graphique 35 | Le port de Sid el Abed et l'érosion de la plage de Sables d'Or (au fond) |
| Graphique 36 | La plage et le port de Mohammédia |
| Graphique 37 | La côte des Doukkala - Abda |
| Graphique 38 | La lagune de Oualidia et Dégradation de la dune côtière |
| Graphique 39 | La côte du Haouz et du Haut Atlas |
| Graphique 40 | Le littoral dunaire d'Essaouira et Côte à falaises du Haut Atlas atlantique |
| Graphique 41 | La côte du Souss et de l'Anti-Atlas |
| Graphique 42 | Côte du Sahara |
| Graphique 43 | Essaouira, une plage, un port, des îlots, |
| Graphique 44 | Essaouira, une ville touristique |
| Graphique 45 | Falaises des 2 rives de l'embouchure de l'oued Tamri |

| | |
|--------------|---|
| Graphique 46 | Zones humides de la Moulouya |
| Graphique 47 | Cartographie des milieux de la lagune de Nador (Dakki et al.,) |
| Graphique 48 | Le phoque moine |
| Graphique 49 | Les marais de Tahaddart |
| Graphique 50 | Vue de la lagune de Merja Zerga et de ses bordure |
| Graphique 51 | La lagune de Oualidia et ses prolongements vers Sidi Mouss |
| Graphique 52 | La complexité des zones humides de Sidi Mouss |
| Graphique 53 | Plage et côte rocheuse à îlots d'Essaouira |
| Graphique 54 | Cartes de la lagune de Khnifis en régimes de flot et de jusant (Lakhdar Idrissi et al.,) |
| Graphique 55 | Image satellitaire de la côte et des remontées d'eaux profondes par situation d'upwelling |
| Graphique 56 | Carte des températures de l'eau de mer le long de la côte atlantique centre |
| Graphique 57 | Carte des températures de l'eau de mer le long de la côte atlantique sud |
| Graphique 58 | Température moyenne de surface de l'eau (SST) (10°- 36°N) sur la période 1950-2005 |
| Graphique 59 | L'oscillation NAO, Hilmi & al., 2000 |
| Graphique 60 | Le vieux marégraphe de Casablanca (état et situation), actuellement non fonctionnel |
| Graphique 61 | Le marégraphe de nouvelle génération à Mohammédia, avec data logger |
| Graphique 62 | Les hotspots côtiers du Nord du Maroc |
| Graphique 63 | Extension maximale des zones inondées à Saïdia |
| Graphique 64 | Extension maximale des zones inondées dans la baie de Tanger |
| Graphique 65 | Les hotspots de la côte atlantique centrale |
| Graphique 66 | Les hotspots côtiers du Maroc sud |
| Graphique 67 | Dunes rasées, en voie de remplacement par le complexe touristique |
| Graphique 68 | La dynamique au niveau de Cap de l'Eau |
| Graphique 69 | Dynamique de la plage de Tanger et aménagements de protection |
| Graphique 70 | Evolution des plages de Tanger |
| Graphique 71 | Carte des courants marins et littoraux de la côte atlantique |
| Graphique 72 | Profils de la plage des Contrebandiers à 3 dates successives |
| Graphique 73 | Profils de la plage de Skhirat à 3 dates successives |
| Graphique 74 | Reliefs de la plateforme de El Jadida-Oualidia (carte et coupes) |
| Graphique 75 | Plage de Sidi Bouzid |
| Graphique 76 | Zone dunaire d'Essaouira |

