

# ZONES CÔTIÈRES

## Dynamiques de territoires



### OUTILS DE GESTION DES RISQUES CLIMATIQUES

## Bientôt un indice des risques côtiers en Méditerranée

La région méditerranéenne est un « hot spot » climatique. Pour étudier le rôle des facteurs climatiques et non climatiques sur les zones côtières, il est essentiel de comprendre les risques sous-jacents et d'identifier les mesures d'intervention appropriées. Les incertitudes scientifiques existantes exigent une certaine flexibilité lors de la planification pour l'adaptation aux changements induits par le climat ou non. L'élaboration d'une méthode pour évaluer les vulnérabilités actuelles et futures et les risques de catastrophes touchant les côtes reste complexe pour les chercheurs et les décideurs. Un indice multi-échelle des risques côtiers présente alors plusieurs avantages qui rendent cette méthodologie particulièrement adaptée pour aider à la prise de décisions en dépit des ressources et des données locales limitées, ainsi que des informations incertaines concernant l'avenir. Cet indice apporte des informations complémentaires aux services climatologiques (Voir Notes du Plan Bleu 27).

### Les communautés côtières et les principaux secteurs socio-économiques en danger en raison des changements climatiques

#### Observations et projections

Des changements physiques dans le climat méditerranéen ont été largement observés et ces tendances devraient se poursuivre dans le futur. Les changements importants sont liés à une hausse exceptionnelle de la température atmosphérique par rapport à la moyenne européenne et mondiale de l'ordre de 2 à 6,5 °C d'ici la fin du siècle [Travers et al., 2010]. Cette hausse devrait s'accompagner d'une baisse particulièrement importante de la moyenne annuelle des précipitations, surtout en été, et d'une hausse du taux d'évaporation. Une augmentation de 7 à 12 cm du niveau général de la mer Méditerranée, par rapport aux décennies précédentes, est prévue d'ici 2050 [Gualdi et al.,

2013] et des hausses plus importantes sont prévues sur les côtes est et sud de la Méditerranée.

Les dangers liés aux changements climatiques vont de pair avec des processus socio-économiques existants associés à l'exposition et à la vulnérabilité bio-géographique croissante dans les zones côtières de la région méditerranéenne.

L'un des principaux impacts du changement climatique concerne les ressources en eau, dont les usages sont présents dans tous les principaux secteurs socio-économiques. Des situations de pénurie d'eau combinées avec les phénomènes liés au changement climatique projetés réduiront à leur minimum le ruissellement et la recharge des nappes phréatiques. Par conséquent la qualité et le volume d'eau seront également réduits dans certains pays. Une baisse du niveau des précipitations et une hausse des températures dans le sud et l'est de la Méditerranée vont amplifier l'aridité, la dégradation des sols et la désertification.

LES NOTES  
DU PLAN BLEU  
#28

Edition Révisée  
NOVEMBRE 2016



La hausse du niveau de la mer et les inondations causées par les tempêtes rendront les activités des zones basses du littoral et des zones côtières en général de plus en plus vulnérables à la submersion marine et les plages seront vulnérables à l'érosion. Ces changements impliquent également la perte d'habitats côtiers et marins et représentent une menace pour les écosystèmes.

## Le besoin d'une adaptation et d'une action coordonnée de GIZC pour faire face au changement climatique

Les effets du changement climatique représentent un danger pour les communautés et les biens côtiers. Les autorités en charge sont encouragées à prendre des mesures d'adaptation en ligne avec le protocole de GIZC (gestion intégrée des zones côtières) de la Convention pour la Protection de la Mer Méditerranée contre la Pollution (convention de Barcelone) et des stratégies nationales de GIZC. Dans cette optique, le PNUE/Plan d'Action pour la Méditerranée a développé un Cadre Régional d'Adaptation aux Changements Climatiques pour la mer et les côtes méditerranéennes qui vise à assurer le renforcement de la coordination régionale sur ce thème. Ainsi, les parties prenantes et les décideurs bénéficieront d'une assistance à tous les niveaux concernant la Méditerranée pour prendre des mesures afin de renforcer la résilience des systèmes côtiers naturels et des systèmes socio-économiques aux impacts des changements climatiques. Les scientifiques et les praticiens recommandent que la détermination des mesures d'adaptation soit faite *ad hoc* en se basant sur l'évaluation des conditions locales des impacts et des risques (ou de la vulnérabilité) et sur l'analyse coût-bénéfice des options d'adaptation choisies. Les inventaires consolidés des mesures d'adaptation possibles, tout comme les mesures consultables sur la Plateforme méditerranéenne intégrée d'information sur le climat (MedCIP) et sur le portail européen Climate-ADAPT sont des outils pour l'adaptation qui participent à l'élaboration de réponses *ad hoc*.

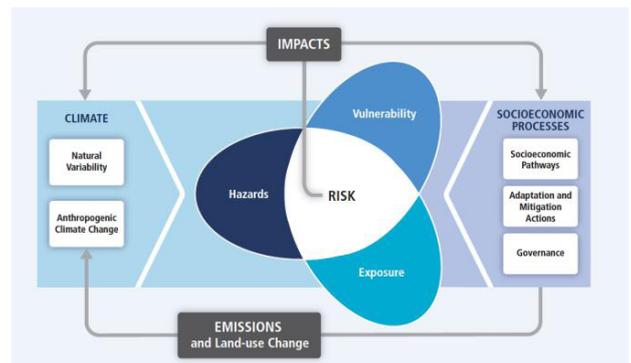
## La méthode de l'indice multi-échelle des risques côtiers se base sur l'approche du GIEC centrée sur le « risque »

Dans son 5ème rapport d'évaluation, le Groupe de travail II du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) a introduit des éléments nouveaux à l'égard de l'approche adoptée pour soutenir la prise de décisions dans le contexte du changement climatique. L'accent est désormais mis sur le risque alors que le concept de vulnérabilité est perçu comme un facteur y contribuant (Fig. 1). Ici, le risque des effets induits par le climat résulte de l'interaction des dangers liés au climat avec la vulnérabilité et l'exposition des systèmes humains et naturels. Les dangers sont des événements et des tendances dangereuses liés aussi à la variabilité et au changement climatique naturels. La vulnérabilité et l'exposition sont les résultats de trajectoires socio-économiques et d'aspects sociétaux, y compris les mesures d'adaptation et d'atténuation. Les changements dans le système climatique et dans les processus socio-économiques sont les moteurs essentiels des différents composants (vulnérabilité, exposition et dangers) qui constituent un risque. Selon le GIEC, les risques sont la « clé » lorsque les sociétés et les systèmes exposés sont touchés par un grand danger ou caractérisés par une grande vulnérabilité, voire les deux [IPCC, 2014].

## L'indice de risque spatial qui regroupe plusieurs couches de données représente divers aspects de risques pour reconnaître les « hotspots » côtiers

Un indice multi-échelle de risque côtier a été développé sur la base de l'indice multi-échelle de vulnérabilité [McLaughlin and Cooper, 2010] en intégrant l'approche révisée du GIEC et en se basant sur les risques. L'indice de risques côtiers utilisé pour évaluer le risque lié à la variabilité climatique et au changement climatique à l'échelle régionale dans la zone méditerranéenne est appelé CRI-MED [Satta et al., 2015].

Figure 1: Concept de base à propos du risque (GIEC AR5)



Source : GIEC, 2014

Le CRI-MED se compose de trois sous-indices :

1. **le forçage côtier** : il caractérise les variables liées aux dangers climatiques (tempêtes, sécheresse, hausse du niveau de la mer) et au forçage non climatique (croissance de la population, arrivée du tourisme) ;
2. **la vulnérabilité côtière** : elle intègre les variables de résilience (âge de la population, niveau d'éducation) et la variabilité de la vulnérabilité côtière (forme du relief, altitude) ;
3. **l'exposition côtière** : elle décrit les cibles de la côte potentiellement à risque (couverture terrestre, densité de population).

Les variables choisies contribuent de manière différente aux risques qui affectent les zones côtières méditerranéennes et doivent être pondérées en conséquence pour le calcul précis du CRI-MED. Comme base de cette étude, il est considéré que la hausse du niveau de la mer, l'activité des tempêtes ainsi que le relief ou l'altitude des côtes jouent le rôle le plus important dans la détermination des risques côtiers.

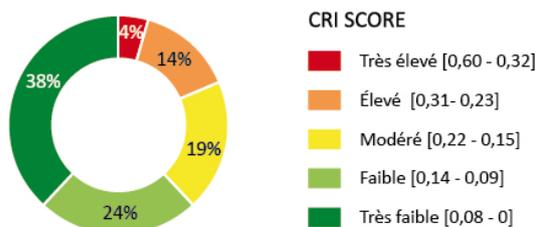
## Une méthodologie permettant une analyse comparative des régions côtières

La méthode CRI-MED a été initialement appliquée pour mesurer les risques dans 11 pays dans le cadre du projet ClimVar et GIZC « Intégration de la variabilité et du changement climatique dans les stratégies nationales pour mettre en œuvre le protocole GIZC en Méditerranée », et a été étendue aux autres pays méditerranéens. La mise en œuvre a donné lieu à un classement du risque relatif de chaque région côtière par rapport aux risques côtiers potentiels générés et/ou accentués par le forçage climatique ou non climatique.

Dans l'étude du CRI-MED [Satta et al., 2015], l'équation des risques et les variables pondérées ont été appliquées à chaque cellule (300 m X 300 m) de la grille de la zone d'étude côtière. Les sites côtiers à risque ont été identifiés grâce à une analyse statistique en regroupant les cellules caractérisées par des valeurs de risque similaires. Pour être considéré comme un « hot spot » statistiquement significatif, un site (cellule) doit être caractérisé par la valeur « risque élevé » et doit également être entouré d'autres sites (cellules) aux valeurs de risque élevées. Les cellules de 300 m de résolution ont été agrégées en cellule de 3 km de résolution.

L'analyse statistique (Fig. 2) présente très peu de cellules caractérisées par des valeurs relativement élevées qui pourraient être regroupées. Les résultats du CRI (CRI>0,32) ont permis d'identifier les « hot spots ». Le seuil pour être caractérisé comme « hot spot » a été défini de manière à mettre en évidence seulement les zones exceptionnellement à risque selon la distribution statistique des cellules.

Figure 2 : Distribution statistique des classes de risques utilisées pour la méthode CRI-MED

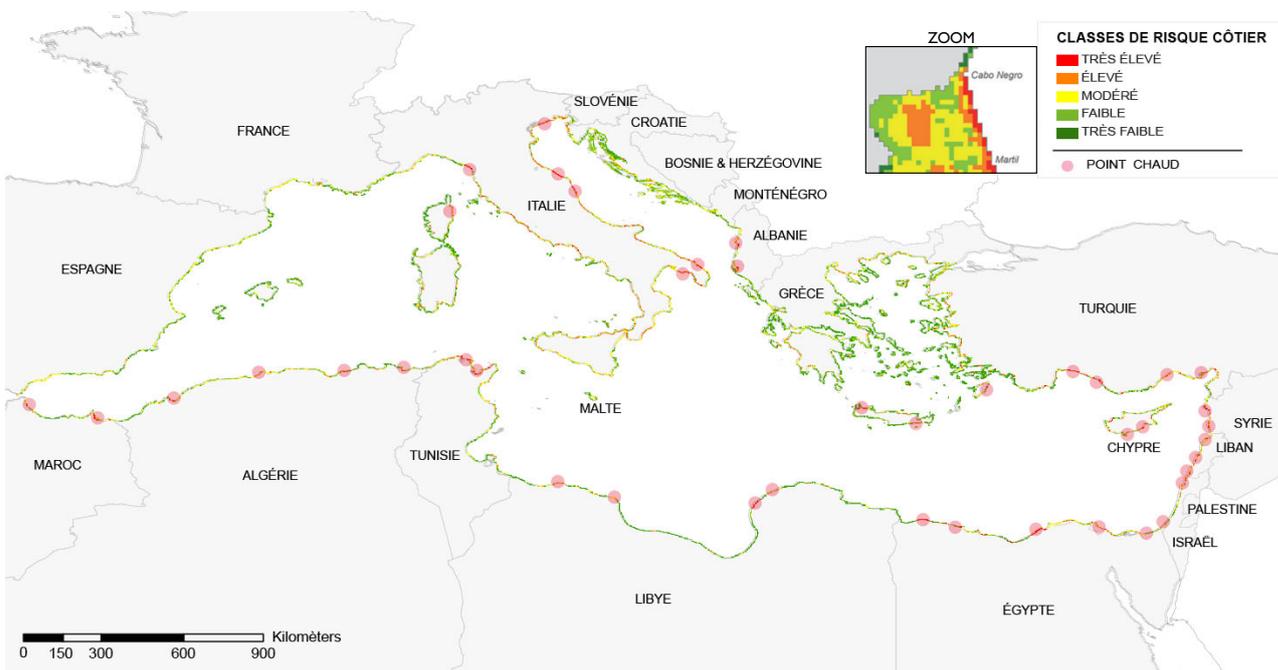


Source: Satta et al., 2016

### Cartes des risques permettant de visualiser et de hiérarchiser les risques

La carte régionale de l'évaluation des risques côtiers, au forçage climatique et non climatique, affiche les résultats en termes de catégories de risques dans les zones côtières étudiées (Fig. 3).

Figure 3 : Carte d'évaluation du risque régional basée sur la méthode CRI-MED



Source : Satta et al., 2016

La carte indique les valeurs de risque pour chaque site (cellule) en appliquant l'équation de la méthode CRI-MED. Les sites comportant des valeurs de « risque extrêmement élevé » sont indiqués en rouge et dans le contexte de l'étude, ils sont définis comme des « hot spots ».

Les zones à risque extrêmement élevé sont relativement peu nombreuses et principalement situées dans la région sud méditerranéenne. Le Maroc, l'Algérie, la Libye, l'Égypte, la Palestine et la Syrie sont les pays principalement concernés par les risques côtiers.

Notons que les zones à risque extrêmement élevé sont principalement situées dans la région du sud et de l'est de la Méditerranée. Les pays concernés par le risque côtier très élevé et présentant au moins un point chaud (indiqué entre parenthèses) sont le Maroc (2), l'Algérie (4), la Tunisie (2), la Libye (4), l'Égypte (5), Israël (1), la Palestine (1), le Liban (3), la Syrie (2), la Turquie (4), Chypre (2), la Grèce (3), l'Albanie (2), l'Italie (6) et la France (1).

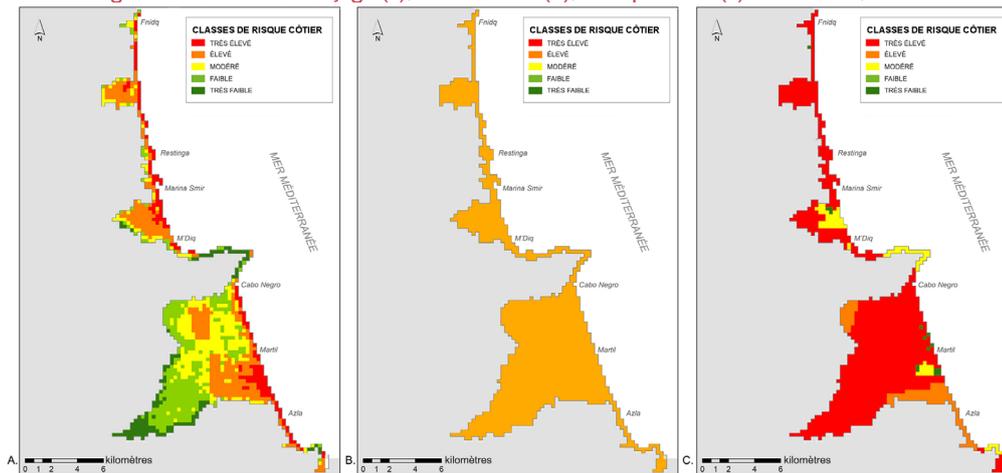
### Grande vulnérabilité et forte exposition ne veulent pas nécessairement dire risques élevés

L'approche d'évaluation du risque met en évidence certaines différences importantes par rapport aux méthodes traditionnelles d'évaluation de la vulnérabilité.

Le risque dépend de l'interaction entre la vulnérabilité, le forçage et l'exposition. Si la vulnérabilité est élevée mais que le forçage et/ou l'exposition sont faibles, alors le risque est faible.

Le principal enseignement que l'on peut tirer de l'évaluation du risque au niveau régional basée sur le CRI-MED indique que les « hot spots » sont également des zones présentant une très forte vulnérabilité. À l'inverse, toutes les zones qui présentent une très forte vulnérabilité ne sont pas toutes considérées comme des « hot spots » car les valeurs correspondant au forçage et à l'exposition peuvent être extrêmement faibles ou modérées.

Figure 4 : Cartes de Forçage (a), Vulnérabilité (b), et Exposition (c) de Tetouan, Maroc



Source : Satta et al., 2015

### L'indice multi-échelle des risques côtiers appliqué aux échelles régionale et locale

L'application d'un indice multi-échelle des risques côtiers pour l'évaluation du risque à l'échelle locale est appelée CRI-LS [Satta et al., 2015]. La ville deTétouan au Maroc qui a déjà été identifiée comme un « hot spot » dans l'évaluation du CRI-MED a été choisie pour l'étude de cas.

Les différences entre les deux échelles d'application sont la définition de l'unité côtière basée sur la zone côtière à risque et le choix des variables utilisées pour décrire les trois sous-indices. En outre, une résolution supérieure est nécessaire à l'échelle locale. Pour obtenir des informations plus détaillées dans le but de définir des stratégies appropriées, d'autres variables ont été introduites pour les sous-indices de vulnérabilité et d'exposition, alors que les variables du sous-indice de forçage restent les mêmes que celles du CRI-MED. L'application du CRI-LS conduit à l'identification de trois « hot spots » côtiers situés dans les plaines inondables deTétouan (plaines de Restinga, de Smir et de Martil Alila).

### Méthodologie de l'indice multi-échelle des risques pour les décideurs

La méthodologie de l'indice multi-échelle des risques côtiers proposée pour l'évaluation du risque côtier régional et local, par l'application du CRI-MED et du CRI-LS, permet une détection scientifiquement fiable des « hot spots » côtiers. Ces outils semblent particulièrement fiables pour assister les décideurs dans l'identification spatiale des zones côtières caractérisées par les différents niveaux de vulnérabilité et d'exposition (Fig. 4) et dans la réflexion vers des options d'adaptation.

Les principaux avantages des méthodes de l'indice multi-échelle des risques côtiers sont les suivants :

1. processus de calcul facile et économique ;
2. prise en compte des variables physiques et socio- économiques ;

3. présence de trois sous-indices indépendants pour représenter la vulnérabilité, l'exposition et le forçage ;
4. possibilité d'étendre l'indice pour inclure des ensembles de données supplémentaires ;
5. intégration du concept de risque tel que proposé par l'IPCC AR5 ;
6. les cartes de risques et de vulnérabilité peuvent également être créées ;
7. potentiel de reproductibilité et d'application à plusieurs échelles.

Ces méthodes sont complexes lorsqu'il s'agit de pondérer les variables, car ce choix affecte finalement la visualisation et l'interprétation des résultats. La participation d'un panel d'experts pour pondérer les variables du CRI-MED peut améliorer la précision de la méthodologie. Avoir la possibilité de modifier la pondération des variables et de montrer les changements aux politiques et au grand public est utile en terme d'adaptation.

Des améliorations méthodologiques peuvent être obtenues en augmentant le nombre de variables pour les sous-indices et en définissant des bases de données normalisées à référence spatiale plus précises, validées au niveau régional et local.

**Note :** Ce travail est basé sur les résultats de l'étude effectuée par le Plan Bleu dans le cadre de la Composante 2 du projet ClimVar et GIZC intitulée « Renforcer la base de connaissances sur la variabilité et le changement climatique » en collaboration avec Acclimatise, Climalia et leurs associés en 2015. ClimVar & ICZM est un projet complémentaire du projet FEM / PNUE / Banque mondiale MedPartnership. En 2016, ce travail a été complété par la Fondation MEDSEA et le Plan Bleu, et financé par le PNUE / PAM.

## Bibliographie

GIEC, 2014. Summary for policymakers. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., & al. (eds.)]. Cambridge University Press, pp. 1-32.

Gualdi S., Somot S., May W., [...] and Xoplaki E., 2013. *Future Climate Projections. Chapter 3. Volume 1: Air, Sea and Precipitation and Water. Regional Assessment of Climate Change in the Mediterranean*. Antonio Navarra and Laurence Tubiana (Eds).

McLaughlin, S. and Cooper J.A.G., 2010. A multi-scale coastal vulnerability index: A tool for coastal managers? *Environmental Hazards*, Volume 9, Number 3. pp. 233-248 (16).

Satta A., Venturini S., Puddu M., Firth J., Lafitte A., 2015. *Strengthening the Knowledge Base on Regional Climate Variability and Change: Application of a Multi-Scale Coastal Risk Index at Regional and Local Scale in the Mediterranean*. Plan Bleu Report.

Travers A., Elrick C. and Kay R., 2010. *Position Paper: Climate Change in Coastal Zones of the Mediterranean*. Split, Priority Actions Programme (PAP/RAC).



### PLAN BLEU

Centre d'Activités Régionales du PNUE/PAM  
15 rue Beethoven - Sophia Antipolis  
06560 Valbonne - FRANCE  
Tél. : +33 4 92 38 71 30  
Fax : +33 4 92 38 71 31  
e-mail : planbleu@planbleu.org  
www.planbleu.org

Editeur : Plan Bleu

Directeur de la publication : Anne-France Didier

Auteurs : Sara Venturini, Alessio Satta, Manuela Puddu, John Firth, Antoine Lafitte

Comité de lecture : Julien Le Tellier, Jean-Pierre Giraud

Conception graphique et réalisation : Hélène Rousseaux

Impression : Nis Photoffset

Dépôt légal : novembre 2016 - édition révisée (1<sup>ère</sup> édition : août 2015) - ISSN 1954-9164