



**United Nations  
Environment  
Programme**

**EP**



UNEP(DEPI)/MED WG.370/Inf.3  
8 Juin 2012

FRANÇAIS  
ORIGINAL: FRANÇAIS



**MEDITERRANEAN ACTION PLAN**

Quatrième Réunion du Comité Consultatif du Programme  
d'Action Stratégique pour la Conservation de la Diversité  
Biologique en région méditerranéenne (PAS BIO)

Malaga, 4 juillet 2012

**Indicateurs dédiés aux impacts des changements climatiques  
sur la biodiversité marine et côtière**

Note: les appellations employées dans ce document et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du CAR/ASP et du PNUE aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leur autorité, ni quant au tracé de leur frontière ou limites.

© 2012 Programme des Nations Unies pour l'Environnement  
Plan d'action pour la Méditerranée  
Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP)  
Boulevard du Leader Yasser Arafat  
B.P. 337 - 1080 Tunis Cedex - Tunisie  
E-mail : [car-asp@rac-spa.org](mailto:car-asp@rac-spa.org)

La version originale de ce document (en français) a été préparée pour le Centre d'activités régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP), par :

Sami Ben Haj  
Ecologue conseil

Jose Charton  
Biologiste marin



## **Table des matières**

- 1. La Méditerranée : des potentialités & des enjeux**
- 2. Changements climatiques & biodiversité marine et côtière**
- 3. Les Aires Marines protégées et le changement climatique**
- 4. Programme d'Action Stratégique pour la conservation de la Diversité Biologique en région méditerranéenne (PAS BIO)**
- 5. Indicateurs CC dans les AMP**

**Annex I: Impacts des Changements climatiques sur les ecosystems marins et côtiers, indicateurs potentiels**



## I. La Méditerranée : des potentialités & des enjeux

**La Méditerranée est une** écorégion remarquable par son climat. C'est avant tout une mer commune à trois continents qui se distingue par la richesse de sa biodiversité et de son patrimoine historique et par la diversité de ses paysages et de ses espaces culturels, le sentiment d'appartenance des populations des trois rives. Elle reste l'une des régions du monde où la question du développement durable se pose avec le plus d'acuité et ce d'autant plus que le changement climatique devrait s'y révéler particulièrement sensible (PNUE-PAM-CAR/ASP, 2010).

La Méditerranée et ses 22 pays et territoires riverains représentaient approximativement (PNUE-PAM-Plan Bleu, 2009):

- 5,7 % de surfaces émergées de la planète dont une grande partie d'espaces désertiques et montagnards ;
- 10 % des espèces connues de végétaux supérieurs sur seulement 1,6% de la surface terrestre ;
- 7% des espèces marines sur moins de 0,8% de la superficie des océans ;
- 7 % de la population mondiale avec 460 millions d'habitants (constant);
- 2 méditerranéens sur 3 sont des urbains ;
- 31 % du tourisme international avec 275 millions de visiteurs,
- 12 % du PIB mondial (en baisse) ;
- 60% de la population des pays « pauvres en eau » dans le monde ;
- 8 % des émissions de CO<sub>2</sub> (en hausse),
- 30 % environ du trafic fret maritime international chaque année et
- 20 à 25% du transport maritime d'hydrocarbures.

Cette juxtaposition de potentialités, de perturbations et de risques rend le défi de la conservation des plus difficiles, il le rend encore plus difficile si on s'attache à la durabilité de l'exploitation des biens et des services en Méditerranée, d'où l'intérêt de tendre vers une approche écosystémique et d'entreprendre des mesures de gestion énergiques, non seulement dans les zones sous juridiction des Etats mais aussi les habitats et les écosystèmes au-delà des eaux sous juridictions nationales.

### La Méditerranée un haut lieu de la biodiversité

La Méditerranée comprend une grande diversité d'habitats côtiers et marins qui se distinguent par leur singularité et de nombreuses espèces endémiques, parfois d'importance mondiale. Les zones marines abritent notamment des habitats vitaux propices au développement d'une *biodiversité florissante* : *herbiers de posidonies et ceintures d'algues calcaires*.

L'écosystème régional se caractérise par sa richesse biologique exceptionnelle tant à terre qu'en mer. Cet espace a été reconnu mondialement comme point chaud de la biodiversité. Toutefois, notamment du fait de son oligotrophie, les ressources marines de la Méditerranée sont limitées, et ne supportent pas la démesure dans leur exploitation. Or, dès 2001 un déficit écologique a été constaté dans tous les pays riverains - le capital environnemental est dépensé plus vite qu'il ne se renouvelle.

Même si les espaces côtiers et marin de la Méditerranée ont à ce jour, fait l'objet d'intenses prospections, la richesse biologique du bassin méditerranéen et de ses rivages est sans doute plus importante. Les inventaires restent incomplets pour certains groupes et pour certaines zones géographiques.

D'autre part, la Méditerranée s'enrichit régulièrement par des entrées régulières de nouvelles espèces atlantiques et d'espèces érythréennes, ainsi que par des espèces introduites accidentellement (eaux de ballast, fouling, mariculture...).

### Des enjeux liés à la préservation de la biodiversité méditerranéenne

Cette vaste mer intérieure est bordée par 21 états riverains, tous confrontés à des enjeux forts en termes de développement. C'est sur ces espaces côtiers que se concentrent les populations et les activités économiques. Plus de 150 millions de touristes visitent annuellement les régions côtières et insulaires de ces Etats.

La pression démographique et économique impacte parfois très lourdement les espaces côtiers et les milieux récepteurs et cette pression s'amplifie régulièrement d'année en année.

La pollution des zones marines est largement ressentie au niveau des 101 points chauds recensés, en particulier à proximité des concentrations urbaines et industrielles. Elle est principalement due aux effluents industriels et aux eaux résiduaires urbaines, sources de nombreux effluents qui parviennent en mer non traités. Une pollution plus diffuse est engendrée par le trafic maritime principalement marchand.

La pêche est une activité particulièrement importante en Méditerranée tant au plan économique que social. La production varie d'un pays à l'autre, les débarquements totaux pour la mer Méditerranée sont estimés annuellement entre 1.5 et 1.7 million de tonnes. Elle génère environ 300 mille emplois directs sans compter les nombreux emplois indirects, tous tributaires de la durabilité de cette activité. La pression de la pêche sur les ressources halieutiques est intense, menaçant les stocks des espèces pêchées traditionnellement ainsi que d'autres comme les espèces pêchées en eaux profondes jusqu'ici épargnées.

Enfin, les changements climatiques constituent aujourd'hui une menace de plus en plus précise. La Méditerranée est reconnue comme l'une des régions les plus sensibles aux effets des changements climatiques. Les principales menaces qui en découlent seront exacerbées par la pollution, la pression croissante des activités humaines et le développement non durable qui réduiront d'autant la résistance et la résilience des écosystèmes, des habitats et des espèces tant sur la frange côtière qu'en mer. L'autre menace réside en la méridionalisation accélérée de la biosphère et l'amplification et l'extension des espèces exotiques, notamment invasives.

La configuration du bassin méditerranéen, la qualité du patrimoine naturel abrité par ses écosystèmes côtiers et marins et les pressions considérables exercées sur ses ressources naturelles font de la Méditerranée un espace vulnérable nécessitant la mobilisation de l'ensemble de ses pays riverains et parfois bien au-delà car il est également nécessaire de considérer les apports et les influences des bassins versants.

Les Etats de la Méditerranée contribuent aujourd'hui à une dynamique coordonnée en vue de la préservation de leur espace vital tant pour en préserver les fragiles ressources que pour prévenir la détérioration de sa diversité biologique.

Comme en témoignent le nombre et les superficies croissantes des aires protégées, la protection des espaces les plus vulnérables a été communément adoptée comme outil de protection. Mais il reste encore beaucoup à faire pour concrétiser les objectifs en ce qui concerne les superficies protégées et leur répartition, l'établissement d'espaces marins protégés en haute mer et en mer profonde, la réflexion sur les corridors écologiques entre les espaces protégés et surtout la concrétisation des préconisations de gestion qui en sont souvent encore au stade de l'intention pour de nombreuses aires protégées. Pour ce cas d'espèce, les Aires protégées qui constituent les fers de lance des zones où l'intégrité des milieux et des espèces est préservée pourront servir de laboratoires dédiés au suivi des effets des changements climatiques sur le patrimoine naturel.

## **II. Impacts des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière**

Les changements climatiques constituent aujourd'hui une pression supplémentaire qui menace la diversité biologique. Ces changements climatiques, et en particulier l'élévation des températures, ont une incidence sur les périodes de reproduction et/ou la migration de certaines espèces, la durée des phases de croissance, la fréquence des infestations parasitaires et l'apparition de nouvelles maladies. Les changements prévus risquent donc d'engendrer des modifications de la répartition des espèces et des densités de populations, par un déplacement des habitats (e.g. migration vers le pôle ou en altitude pour les espèces à affinités froides). Ainsi un changement de la composition de la majorité des écosystèmes actuels est probable. De même les risques d'extinction d'espèces, et en particulier celles déjà vulnérables, sont de nature à augmenter significativement, en particulier pour les espèces dont l'aire de répartition climatique est restreinte, celles qui ont des besoins très spécifiques en matière d'habitat et/ou les petites populations naturellement plus vulnérables face à une modification de leurs habitats. Enfin l'introduction de nouvelles espèces exotiques pourrait être facilitée, phénomène dont les conséquences à long terme sont difficiles à prévoir.

Durant les dernières années, l'évolution naturelle du biome Méditerranéen a été perturbée par l'accumulation et l'amplification des changements globaux, notamment du fait des effets changements climatiques. La Méditerranée de par ses caractéristiques propres apparaît aujourd'hui comme particulièrement sensible aux changements climatiques (PNUE-PAM-CAR/ASP, 2010).

L'existence de séries d'enregistrements de température à long terme a permis de démontrer, pour la Méditerranée Nord Occidentale, une tendance au réchauffement de l'ordre de 1°C en 30 ans et une augmentation de la fréquence des événements extrêmes. Ce type de données faisant souvent défaut dans les autres parties de Méditerranée, il convient de mettre en place des stratégies adéquates de manière à développer des modèles de prédiction des changements des conditions environnementales (réchauffement, circulation, teneurs en nutriments), (PNUE-PAM-CAR/ASP, 2008).

Les migrations d'espèces méridionales, le plus souvent vers l'Ouest et le Nord, ont constitué les premières indications des effets biologiques du réchauffement en Méditerranée. Les rapports les plus nombreux sont pour la Méditerranée Nord Occidentale et l'Adriatique. On considère que les modifications à court terme des peuplements ichthyologiques reflètent en temps quasi réel, en tout cas à l'échelle d'une génération, des changements dans les conditions hydrologiques. En Méditerranée Nord Occidentale, l'inventaire le plus récent fait état de plusieurs dizaines d'espèces dont l'aire de répartition a significativement changé depuis les années 70. Parmi ces mouvements, on note l'arrivée de plusieurs espèces de poissons (sardinelles, barracudas, coryphènes) qui prennent peu à peu place dans les pêcheries régionales. Au-delà de ces effets positifs, on assiste également à l'effondrement des stocks de petits pélagiques (sprat, anchois) et/ou à des modifications du cycle de vie de certaines prises privilégiées (thons, sérioles).

Les invasions biologiques, considérées comme une composante du changement global, puisqu'elles affectent la biodiversité, sont souvent reliées aux changements climatiques et aux perturbations environnementales. D'autres facteurs interviennent également : l'intense trafic maritime véhiculant les espèces invasives dans les eaux de ballast ou sous forme de fouling, et les lagunes et les baies qui abritent des quantités de fermes aquacoles qui, en s'approvisionnant en naissains ou en juvéniles permettent l'introduction d'organismes exogènes. Par ailleurs, des récents cas d'introduction de dinophytes exotiques à biotoxines ou, de prolifération d'espèces produisant des mucilages, ont été également corrélés aux occurrences d'anomalies climatiques (PNUE-PAM-CAR/ASP, 2008).

La hausse du niveau de la mer, encore difficile à prévoir au niveau mondial et plus particulièrement dans le bassin Méditerranéen, est considérée comme l'un des variables liés aux changements climatiques qui occasionnent des effets importants sur les écosystèmes littoraux. D'après les projections de 2007 (GIEC) considérées optimistes, l'élévation du niveau de la mer pourrait atteindre 23 à 47 cm d'ici la fin du 21ème siècle. De nombreuses régions méditerranéennes seraient dès lors soumises à un risque important de submersion et d'érosion, parmi lesquelles on peut citer les cas extrêmes de Venise, des archipels des Kerkennah et de Kneiss en Tunisie, Alexandrie et le delta du Nil en Egypte ((PNUE-PAM-CAR/ASP, 2010).

Les conséquences à craindre sont principalement les suivantes :

- aggravation des submersions sur les côtes basses, en particulier les espaces deltaïques, les littoraux à lagunes, les marais maritimes et certaines îles ;
- accélération de l'érosion des falaises et des plages ;
- renforcement de la salinisation dans les estuaires ;
- réduction du volume d'eau douce des nappes phréatiques

Parmi les autres incidences directes possibles, on citera également la submersion des grottes « amphibies », et sans doute des impacts sur les formations biogènes constituées d'espèces sessiles du type « trottoirs à vermetes ».

### ***III. Les Aires Marines protégées et le changement climatique***

#### ***III.1. Les Aires Marines protégées – outils de conservation***

Les aires marines protégées ont été créées pour faire face aux périls et aux pressions occasionnées par les activités humaines sur la faune, la flore et les habitats méditerranéens et pour freiner l'érosion de la biodiversité.



Les aires marines protégées ont été conçues et établies comme outil de conservation et de gestion durable du littoral et du milieu marin, en vue de préserver les écosystèmes méditerranéens, les habitats et les espèces protégées ou menacées ainsi que les ressources naturelles.

Les aires marines protégées méditerranéennes abritent des entités de grande valeur comme les herbiers à *Posidonia Oceanica* ; des formations rares comme les trottoirs à vermetes ou encore des espèces menacées telles que le corail rouge (*Corallium rubrum*), la grande nacre (*Pinna nobilis*) ou encore les patelles (*Patella furiginea*).

Ces espaces privilégiés contribuent également à réduire la pression sur des espèces emblématiques ou en danger critique comme le phoque moine (*Monachus monachus*), la tortue caouanne (*Caretta caretta*), les cétacés et une grande variété d'oiseaux utilisant les aires marines protégées comme zone de reproduction.

Les Aires marines protégées (AMPs) sont aussi utilisées de nos jours comme un outil pour la préservation des pêcheries. Elles permettent la protection des zones de frai et des nurseries constituant ainsi des sanctuaires pour les espèces surexploitées.

Au sein de l'AMP il a été prouvé que l'abondance et la taille des espèces commerciales et non commerciales de poissons augmentent à l'inverse de ce qui se passe actuellement partout ailleurs. De plus, les AMPs ont un effet bénéfique sur les pêcheries situées à l'extérieur des périmètres protégés, car elles contribuent à la dissémination des oeufs, des larves, des juvéniles et des adultes. Cependant, pour que cet effet bénéfique sur les pêcheries puisse être observé les AMPs doivent présenter des superficies significatives et abriter des habitats diversifiés et de qualité.

Les AMPs convenablement gérées contribuent à l'augmentation de la productivité des zones de pêche et génèrent des emplois dans ce secteur. Elles constituent ainsi un outil au service d'une exploitation durable de la mer et des espaces littoraux.

### ***III.2. Les Aires Marines protégées – des sentinelles naturelles à la crise du changement climatique***

La CBD a fixé à 10 % les espaces à protéger en Méditerranée, l'objectif est loin d'être atteint malgré l'ampleur des effets des changements globaux, notamment le changement climatique, sur les espaces marins et côtiers de manière générale et plus particulièrement en Méditerranée.

Les AMP sont considérées comme des solutions naturelles à la crise du changement climatique du fait que :

- Les aires marines protégées peuvent constituer les laboratoires par excellence du suivi des CC/BDMC en Méditerranée : elles peuvent jouer un rôle de sentinelles où pourront être contrôlés les effets du changement climatique au travers d'études, d'inventaires et de suivis, et où des stratégies de gestion (adaptation et si possible atténuation) contre de tels effets négatifs peuvent être développées et éventuellement transposés à l'ensemble de la Méditerranée.
- Les aires marines protégées quand elles sont dotées d'un organe de gestion, représentent les sites les mieux inventoriés et les mieux gérés (moyens humains, logistiques, partenariats établis avec les scientifiques). En outre, ils constituent les sites de référence en matière de conservation et constituent des stations de suivi couvrant l'ensemble de la Méditerranée et des milieux
- Les réseaux d'aires marines protégées peuvent aider au maintien de la biodiversité, préserver les services de l'écosystème marin et contribuer ainsi à l'absorption de CO<sub>2</sub>, y compris dans la mer profonde,
- Les réseaux d'aires marines protégées répondent mieux aux changements climatiques et aux autres facteurs de stress lorsqu'ils sont gérés efficacement. L'efficacité d'une gestion adaptative devrait être renforcée,
- La réponse aux changements climatiques par les réseaux des aires marines protégées est améliorée si les effets cumulatifs des facteurs de stress et les autres facteurs de stress sont réduits.

- les réseaux d'aires marines protégées assurent la connectivité biologique et écologique et renforcent la résistance et la résilience des écosystèmes marins aux effets des changements climatiques.

#### ***IV. Programme d'Action Stratégique pour la conservation de la Diversité Biologique en région méditerranéenne (PASBIO)***

L'objectif principal du PAS BIO consiste à établir une base logique pour la mise en œuvre du Protocole ASP/DB de 1995, par la mise à la disposition des Parties Contractantes à la Convention de Barcelone, des organisations internationales et nationales, des ONG, des donateurs et de tout acteur impliqué dans la protection et la gestion de l'environnement naturel méditerranéen, de principes, mesures et actions concrètes et coordonnées aux niveaux national, transfrontière et régional pour la conservation de la biodiversité marine et côtière en Méditerranée et cela dans le cadre d'une utilisation durable et à travers la mise en œuvre du protocole des ASP/DB de 1995.

Le PAS-BIO a été adopté en 2003 par les Parties contractantes à la Convention de Barcelone pour faire face aux menaces complexes aux quelles est soumise la biodiversité marine et côtière en Méditerranée. Son élaboration a été menée sur environ 3 années à partir de 2001 dans le cadre d'un large processus basé sur des concertations au niveau des pays pour diagnostiquer l'état de la biodiversité marine et côtière et identifier des priorités nationales et élaborer un Plan d'Action National pour chacune des thématiques prioritaires.

Les résultats des concertations nationales ont été compilés pour élaborer une composante régionale du PASBIO visant l'appui aux plans d'action nationaux et leur coordination.

Les actions identifiées comme prioritaires par le PASBIO concernent :

- Inventaire, cartographie et suivi de la biodiversité marine et côtière méditerranéenne
- Conservation des habitats, des espèces et des sites sensibles
- Evaluation et atténuation des impacts des menaces sur la biodiversité
- Développement de la recherche pour améliorer les connaissances et combler les lacunes en matière de biodiversité
- Développement des compétences pour assurer la coordination et l'assistance technique
- Information et participation
- Accroissement de la sensibilisation

Dans le cadre du PASBIO une cinquantaine de Plans d'Action Nationaux ont été élaborés pour faire face à des questions prioritaires identifiées par le processus national menés dans chacun des pays.

#### ***V. PAS BIO et changements climatiques***

##### **V.1. Le CAR/ASP : un rôle clef en vue de traiter l'impact des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière**

Conscient des lacunes en matière d'informations concernant les impacts des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière en Méditerranée, et d'autre part se référant aux recommandations de la déclaration d'Almería, le CAR/ASP a été activement impliqué en vue de contribuer à combler cette lacune et prendre en considération comme enjeu prégnant l'effet des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière. Ainsi, en concertation et en collaboration avec les pays riverains, une synthèse de revues nationales portant sur la vulnérabilité et les impacts des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière a été élaborée dans le cadre des activités du PAS BIO pour le biennium 2008 et 2009. Cette action a permis de dresser un bilan de l'état des connaissances et des activités en rapport avec les impacts des changements climatiques sur la biodiversité, notamment marine et côtière, entreprises jusqu'ici. Cet exercice participatif a également permis de définir des activités futures en réponse aux enjeux « changements climatiques/biodiversité marine et côtière » en Méditerranée.

## Encadré : Déclaration d'Almeria, extraits

### *Préambule:*

- les priorités environnementales de la Méditerranée ont évolué au fil des décennies...
- la prise de conscience des problèmes d'environnement n'a pas été traduite, d'une manière significative, en actions concrètes suffisantes...
- la protection et la préservation de l'environnement n'ont pas encore été suffisamment intégrées dans les autres politiques...
- les efforts d'adaptation ... tous les pays sont appelés à déployer pour réduire l'impact des changements climatiques...
- l'importance du renforcement des capacités, du transfert de technologie et de la mobilisation de ressources financières...
- la nécessité de renforcer la coopération régionale et internationale, conformément à l'esprit et aux dispositions de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques,
- le rythme rapide de l'appauvrissement de la diversité biologique et de la dégradation continue du milieu marin et côtier ...

### *Conclusions:*

- le problème du changement climatique devrait être sérieusement traité en vue de réduire aussi rapidement que possible ses effets sur le milieu marin et côtier...
- l'application sans délai, dans la région méditerranéenne, de mesures visant à atténuer le changement climatique...
- les stratégies d'atténuation du changement climatique devraient inclure les méthodes comme l'approche écosystémique, la gestion des risques, l'évaluation environnementale stratégique et la gestion intégrée des zones marines et côtières...

### *Décisions:*

- recenser d'ici à 2011 les espèces et habitats côtiers et marins qui sont les plus sensibles aux changements climatiques, et promouvoir des mesures pour la mise en place d'un réseau vaste et cohérent d'aires côtières et marines protégées...
- estimer la valeur économique des produits découlant des écosystèmes marins et côtiers et des services rendus et les effets du changement climatique...
- établir pour chaque réunion des Parties contractantes à la Convention de Barcelone et à la Convention sur la diversité biologique un rapport sur la situation de la biodiversité en Méditerranée et sur l'impact du changement climatique observé...

## **VI. De la nécessité de mettre en œuvre des Indicateurs CC/BDMC dans les AMP**

### **VI.1. Les indicateurs de biodiversité marine et côtière dans le contexte de la convention sur la diversité biologique**

La demande pour des indicateurs de biodiversité a commencé à émerger après la ratification de la CBD à Rio en 1992. Il faut cependant attendre la Conférence de Johannesburg en 2002 pour qu'un objectif chiffré et une échéance soient fixés, à savoir réduire de manière significative le taux d'érosion de la biodiversité d'ici 2010 (<http://www.biodiv.org>). Plus ambitieuse, l'Union Européenne se fixe alors pour objectif de stopper cette érosion à la même échéance (EEA, 2007, 2009). Même s'il existait déjà des indicateurs de biodiversité au moment de la conférence de Johannesburg, fixer un objectif quantifié va fortement inciter les pays et les organisations internationales à multiplier le nombre d'indicateurs permettant d'évaluer si oui ou non ces objectifs seront tenus à l'horizon 2010. Les indicateurs de la CBD à proprement parler sont établis en février 2004 lors de la septième Conférence des Parties qui a eu lieu à Kuala Lumpur (<http://www.biodiv.org>).

### **VI.2. De l'usage d'Indicateurs dans les AMP, un outil indispensable pour une évaluation régulière des effets des CC/BDMC**

Le processus bottom-up mené par le CAR/ASP au niveau méditerranéen pour l'évaluation des effets des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière a permis de ressortir une synthèse régionale (PNUE-PAM-CAR/ASP. 2010b) qui a mis en exergue le constat suivant:

- Concernant la thématique CC/BDMC, le niveau de connaissance est inégal tant au plan géographique qu'au plan thématique :
  - Connaissances établies au niveau des causes (Gaz à effet de serre) et des impacts météorologiques
  - Faibles connaissances sur les effets des CC sur la BD
  - Encore plus faibles sur les effets des CC sur la BDMC
  - Connaissances quasiment inexistantes sur l'adaptation et la mitigation et leurs effets.
- Des avancées existent bel et bien, mais en ordre dispersé avec présence continue de nombreuses lacunes mais surtout l'absence de fil conducteur,
- Besoin de mise en place d'une stratégie et d'un plan d'action méditerranéen pour l'amélioration des connaissances dédiés au CC/BDMC

Ce constat a mis l'accent sur la nécessité de mise en place d'un tableau de bord commun sur la base d'indicateurs pertinents :

- Qui puissent refléter l'évolution de l'état de la biodiversité et des changements climatiques
- Qui puissent révéler l'évolution des effets directs et indirects des changements climatiques
- Puis de déterminer l'évolution des mesures d'atténuation et de mitigation des changements climatiques et de leurs effets sur la biodiversité marine et côtière

D'une façon générale, les aires marines protégées bien gérées peuvent offrir une solution d'un bon rapport coût/efficacité pour la mise en œuvre de stratégies d'amélioration des connaissances, voire de réponse aux changements climatiques, étant donné que les coûts de mise en place sont déjà amortis et que les coûts socioéconomiques sont compensés par les autres services rendus par les aires protégées. L'efficacité des aires protégées est maximale quand elles ont une bonne capacité et une gestion adéquate, quand un accord sur leur gouvernance a été conclu et quand elles bénéficient d'un appui résolu de la population locale et résidente. Idéalement. Les aires marines protégées et les besoins en matière de conservation devraient être intégrés dans des stratégies plus vastes sur les milieux marins et côtiers (Dudley, et al., 2010).

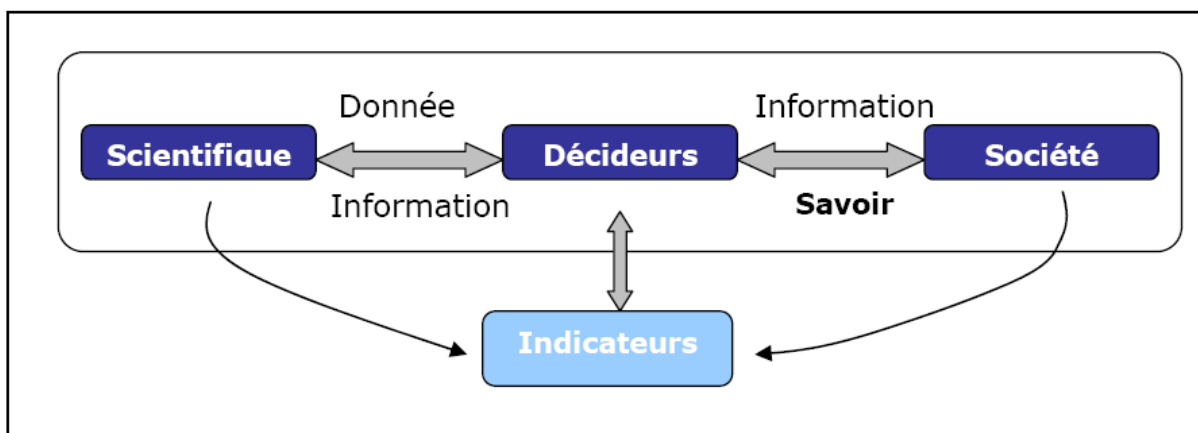
Dans le cas des aires protégées marines et côtières méditerranéennes, leur répartition couvre l'ensemble de la Méditerranée, pour le moins les espaces situés dans les eaux territoriales de la zone méditerranéenne (à l'exception du sanctuaire Pelagos qui englobe un territoire plus vaste) et sont représentatives de la diversité du biome méditerranéen. Elles seraient sans doute plus représentatives si d'autres aires protégées étaient situées en haute mer ou comportaient des eaux profondes. De ce fait le suivi des effets des changements climatiques sur la biodiversité sur ces espaces pourrait permettre de circonscrire assez rapidement toute perturbation des habitats et des espèces, notamment d'origine directement ou indirectement climatique.

Un tel choix est conforté par la présence d'un personnel qui dispose de compétences techniques et d'équipements. Dans le cadre de la mise en œuvre d'un suivi-évaluation des effets des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière, et dans la mesure où des protocoles de suivi simplifiés et à faible coût sont adoptés, les gestionnaires des AMP pourront grâce à leurs compétences et leur proximité du terrain s'avérer comme d'excellents contributeurs pour l'amélioration des connaissances sur cet enjeu encore partiellement connu.

### VI.3. Quid du choix des indicateurs

Un indicateur est une information mesurée sur une période de temps et donnant une information sur des changements spécifiques de certaines caractéristiques de l'Aire Marine Protégée. Il permet d'estimer des aspects qui ne sont pas directement mesurables, comme par exemple l'efficacité de sa gestion. Il est, en outre, nécessaire de faire appel à une batterie d'indicateurs afin de mettre en évidence la réalisation (ou non) des buts et objectifs annoncés. Un indicateur se doit de répondre à 5 critères: mesurabilité (en termes qualitatifs et quantitatifs), précision (définition identique par tous), constance (dans le temps), sensibilité (variations proportionnelles aux changements de l'attribut mesuré), simplicité. D'une façon générale, un indicateur doit être facile à comprendre et de signification évidente afin qu'il soit rapidement accepté et considéré utile par les utilisateurs

#### Les indicateurs : un outil synthétique de suivi, d'information et d'aide à la décision



Les indicateurs doivent satisfaire un certain nombre de conditions qui peuvent être parfois contradictoires et qu'il s'agira d'équilibrer :

- La pertinence : la mesure doit parfaitement décrire le phénomène à étudier. Elle doit être significative de ce qui est mesuré et être significative dans les pas de temps des mesures effectuées.
- La simplicité : l'information doit être obtenue facilement, de façon peu coûteuse, être directement compréhensible sans grand effort.
- La calculabilité : l'indicateur doit être aisément calculable.
- La présentabilité : l'évolution de l'indicateur doit pouvoir être représentée.

- L'objectivité : l'indicateur doit être calculable sans ambiguïtés à partir de grandeurs observables. Il doit découler de protocoles et de méthodologies idéalement appliqués à l'identique dans le temps et dans l'espace ou de protocoles et de méthodologies aboutissant à des résultats aisément comparables.
- L'univocité : l'indicateur doit varier de façon monotone par rapport au phénomène décrit pour pouvoir interpréter ces variations sans équivoque. L'intégration de plusieurs phénomènes dans un même indicateur est réalisable dans la mesure où la part de chaque phénomène peut apparaître séparément. Dans le cas contraire, des confusions sont possibles.
- La sensibilité : l'indicateur doit bouger de façon significative pour des variations assez petites du phénomène. La cadence des suivis dont découle l'indicateur doit être dimensionnée en conséquence.
- La précision : l'indicateur doit être défini avec une marge d'erreur acceptable en fonction de la précision des mesures sur les grandeurs observables.
- La fidélité : l'indicateur, s'il présente un biais par rapport au concept qu'il traduit, doit garder ce biais dans l'espace et dans le temps.
- L'auditabilité : une tierce personne doit être à même de vérifier la bonne application des règles d'utilisation des indicateurs (collecte de données, traitement, mise en forme, diffusion, interprétation). En conséquence, les protocoles et les méthodologies adoptées pour implémenter les indicateurs doivent être simples et transparentes.
- La communicabilité : les indicateurs doivent permettre le dialogue entre des populations n'ayant pas forcément les mêmes préoccupations. Les indicateurs sont des outils de communication par excellence parce qu'argumentés quantitativement. Cet outil dépasse l'intention d'accumulation de connaissances et doit, en conséquence, permettre une diffusion aussi large que possible, au travers de supports et de contenus adaptés,
- L'acceptabilité : l'indicateur doit être vendable et ne doit pas heurter la culture de l'utilisateur potentiel. Qu'il s'agisse de l'indicateur ou du contenu des documents d'analyse, le message véhiculé ne doit refléter aucune polémique mais des informations argumentées.

En résumé, l'indicateur doit renvoyer une image fidèle du phénomène à étudier pour permettre une évaluation rapide et simple des données à surveiller aussi bien par les scientifiques que par l'ensemble des acteurs voire le grand public.

### **VI.3. Indicateurs, CC/BDMC et AMP**

La complexité des enjeux rend obligatoire la mise en place d'un système de suivi écologique adapté. Une telle démarche est primordiale pour comprendre le fonctionnement de l'écosystème et ses modifications qu'il peut subir du fait des changements climatiques. Et si la démarche consistera à effectuer des suivis en vue de renseigner des indicateurs d'impacts pertinents à l'échelle de la Méditerranée, elle doit également pouvoir se caler, pour être pertinente sur des indicateurs de pression afin de vérifier la corrélation des impacts – à titre d'exemple faire corrélérer la prolifération de thermophiles avec une augmentation de la température de l'eau, etc... Par ailleurs, le suivi de cet indicateur devra être pertinent au niveau de chaque aire protégée qui constituera une station de suivi, c'est-à-dire qu'elle doit être dictée et découler des impératifs liés aux besoins de gestion. Cette condition est nécessaire pour justifier l'effort à accomplir par des gestionnaires souvent très pris par les actions déjà programmées.

Le suivi scientifique est une activité relativement particulière, qui dans le contexte d'un système de protection du milieu naturel, n'a de sens que si le site fait l'objet d'une gestion active et idéalement pro-active. Ce qui insinue des moyens humains et matériels et une base d'informations suffisantes (inventaires, autres suivis...) pour à la fois pouvoir exécuter les suivis des effets des CC sur la BDMC et d'autre part pour avoir une base documentaire suffisante pour l'interprétation des résultats. A l'inverse d'un suivi de routine effectué dans une AMP et dont l'objectif est de définir les orientations d'une gestion proactive, l'objectif d'un programme de suivi dédié à l'élaboration d'indicateurs devra de plus apporter une information synthétique pertinente à l'échelle régionale destinée non seulement aux scientifiques et aux gestionnaires, mais également aux décideurs nationaux, à l'opinion publique et aux institutions internationales qui disposent d'un pouvoir de persuasion et qui sont à même de définir des

stratégies et des plans d'actions pour mener des programmes préventifs, curatifs ou tout du moins palliatifs. Ce sont ces aspects qui devront orienter les suivis à mettre en place et leur base scientifique.

Les indicateurs d'impacts devront permettre d'évaluer l'évolution du phénomène « effets des CC sur la BDMC » sans être « pollués » par d'autres facteurs, sauf si la part des autres facteurs dans l'évolution du phénomène est en soi mesurable et si l'évolution du phénomène n'est pas amplifiée ou modifiée par l'interaction ou la synergie des facteurs en cause.

Ainsi le choix des indicateurs et des suivis dont ils découlent doit être rigoureux. Il devra être réalisé par des experts scientifiques qui devront également pouvoir les insérer dans le système DPSIR et vérifier la pertinence des indicateurs choisis au niveau local et au niveau régional.

Si les indicateurs Forces motrices et leurs relations avec les indicateurs Pressions peuvent être considérés comme connus (GES), les indicateurs Pressions et leur relation avec les indicateurs Etat et les indicateurs Impacts sont moins clairs, aussi il faudra être vigilant avant d'affirmer des corrélations directes et vérifier l'adéquation des suivis existants de pressions où ceux qui pourraient être mis en place dans le cadre de cette initiative, avec le suivi des impacts.

Les experts scientifiques devront également identifier les protocoles à mettre en œuvre et parfois choisir entre deux ou plusieurs protocoles qui aboutissent aux mêmes résultats, ceci permettra d'aboutir à des protocoles standards de suivi qui pourront être appliqués sur l'ensemble de la Méditerranée et assurer ainsi l'obtention de résultats comparables d'une station (AMP) à l'autre. Pour ce faire, les critères « simplicité » d'exécution, coûts... seront déterminants. L'association de gestionnaires dans le choix des protocoles est recommandée.

Le choix du pas de temps des suivis est également important pour permettre d'une part éviter et comprendre des variations saisonnières ou sur des pas de temps courts et d'autre part permettre de constater des variations significatives quand l'évolution des phénomènes est lente. Ceci est aussi valable pour les suivis dédiés aux indicateurs d'impacts que ceux renseignant les indicateurs de pression et les relations qui les relient les uns aux autres.

Enfin, le choix des stations (AMP) devra également être rigoureux, toutes les AMP ne sont pas confrontées aux mêmes enjeux et aux mêmes niveaux de pressions, ceci dépend de leur situation géographique, mais aussi des valeurs écologiques et biologiques qui les caractérisent – on ne préconisera pas par exemple le suivi des effets des CC sur le corraligène sur une AMP où le corraligène est absent ; on ne mettra peut être pas non plus au même niveau l'évolution d'espèces thermophiles sur les côtes méridionales et les côtes septentrionales de la Méditerranée ou l'évolution des espèces « lesseptiennes » à l'est et à l'ouest du bassin.

Le choix des stations sera également prendre en considération la disponibilité passée ou future d'informations caractérisant l'Etat de la biodiversité et plus généralement des écosystèmes (inventaires et suivis). Tout ou partie de ces informations constituera le socle qui permettra de mesurer efficacement les effets des CC sur la BDMC. La vérification des ressources humaines disponibles, de leurs compétences, des moyens et équipements dont ils disposent et de leur environnement scientifique constitueront autant d'autres critères de sélection ou tout du moins de paramètres dont il faudra tenir compte dans le cadre d'un plan spécifique de renforcement de capacités.

Un travail conjoint entre scientifiques, gestionnaires et institutionnels sera nécessaire pour l'identification des aires protégées qui constitueront des stations dans le cadre de cette initiative. Il est prévisible que l'implication des gestionnaires et des pays (institutionnels) dans une telle initiative ne sera effective que si elle est argumentée par des besoins réels au niveau local qui constitueront un élément de motivation, d'une valorisation des résultats et des analyses de ces indicateurs au niveau local et régional. Pour répondre à des questions d'efficience, l'autre argumentaire qui pourra impliquer encore plus ces acteurs sera d'envisager l'articulation de ces indicateurs sur des actions qui pourront permettre la mitigation ou l'adaptation aux effets des CC sur les BDMC, mais ceci est sans doute à prévoir sur le moyen terme.

### Une question de logique

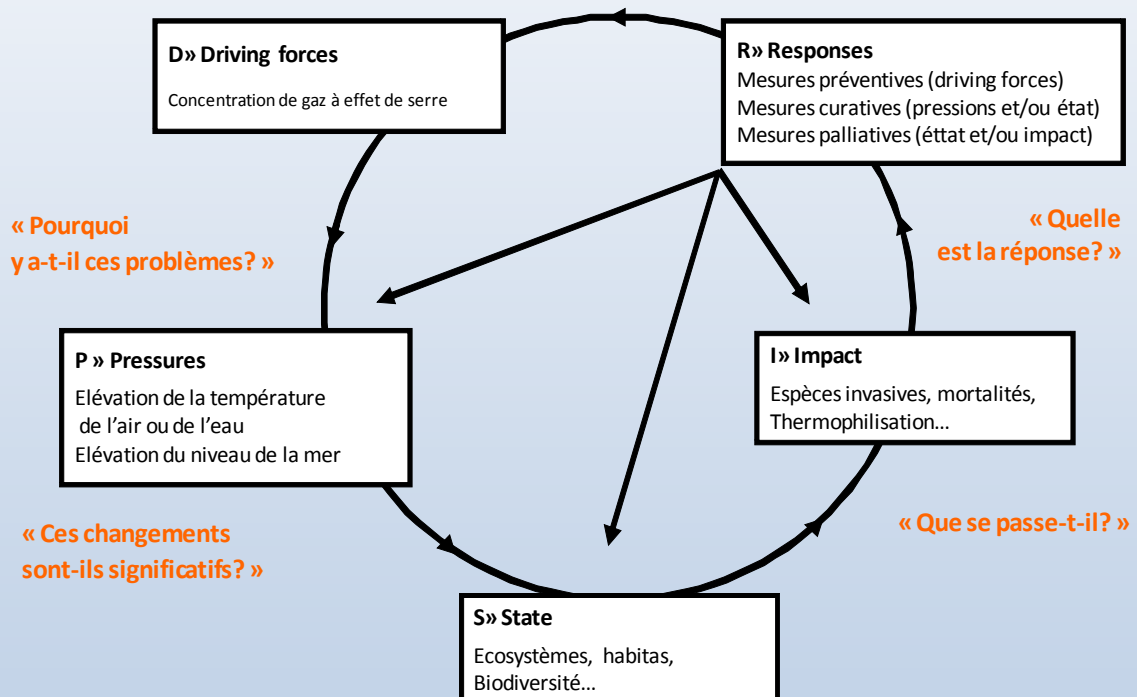
Les indicateurs d'impact ne peuvent et ne doivent pas être mis en œuvre de manière isolée. Afin d'être correctement appréhendés, ils doivent s'inscrire dans une démarche logique qui s'appuie sur des relations causales. Car souvent au-delà des résultats reflétés par l'indicateur d'impact lui-même, ce sont les liens causaux qui s'avèrent les plus importants et permettent de mieux cerner les approches. Et c'est la compréhension de ces relations de cause à effet sur la base d'une approche scientifique rigoureuse qui constituera le soutien à la démarche et permettra d'envisager d'éventuelles mesures à prendre, que celles-ci soient préventives ou curatives.

Afin de bâtir ces systèmes d'indicateurs selon une logique pertinente, il est possible de s'inspirer de la démarche **DPSIR**. Cet outil performant développé à l'usage des décideurs peut servir de trame de fond lors de l'identification, de la caractérisation et de la mise en œuvre des indicateurs, et peut très bien s'appliquer aux indicateurs renseignant les effets des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière.

Le modèle DPSIR (Drivers-Pressure-State-Impact-Response) permet en effet de faire le lien entre les causes ou les **moteurs** du phénomène (iE : *Concentration des gaz à effet de serre*) avec les **pressions** qu'il cause (*élévation de la température de l'air ou de l'eau, élévation du niveau de la mer...*) qui influent sur l'**état** général de l'environnement (*écosystèmes, habitats, biodiversité...*) au travers d'**impacts** (*espèces invasives, mortalités, thermophilisation...*). Les **réactions** constituent les réponses de la société au phénomène qu'il s'agit de juguler soit au travers de mesures **préventives** dirigées vers le ou les moteurs du phénomène, de mesures **curatives** dirigées vers les pressions et/ou l'état ou **palliatives** vers l'état et/ou l'impact.

#### Démarche DSIRP (FPEIR)

Exemple d'analyse DSIRP appliquée aux changements climatiques:



Ces liens et relations doivent être compris et dûment exposés afin de comprendre les phénomènes, même dans le cas d'une focalisation sur les indicateurs d'impacts. Ceci permettra de conforter le rôle d'outil d'information et de communication des indicateurs



## **VII. Contenu de la mission, tâches effectuées et suites à donner**

Dans l'annexe qui suit, figure un premier travail restituant l'état de l'art en matière d'effets des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière, il fait état des principales pressions exercées sur les espèces et les habitats et de leurs impacts, tous quantifiables et mesurables.

Ce travail sera complété par un tri de ces indicateurs potentiels en fonction de leur pertinence, mais également et surtout en fonction de la faisabilité de leur mise en œuvre dans les Aires Marines Protégées. Une réunion technique rassemblera en septembre prochain les experts du CAR ASP et ceux de l'IUCN Med afin de mettre en discuter et mettre en adéquation les résultats de leurs missions respectives.

Suite à cette première étape, une liste d'indicateurs pré-sélectionnés et caractérisés sera soumise aux pays pour discussion et amendements en perspective de l'établissement d'un dispositif de suivi généralisé sur les AMP méditerranéennes qui permettra de renseigner les tendances à l'échelle régionale et locale des effets des changements climatiques sur la biodiversité en vue de la recherche de solutions d'adaptation et de mitigation.

**ANNEXE I**  
**Impacts des changements climatiques sur les**  
**écosystèmes marins et côtiers, indicateurs potentiels**

# Impacts des changements climatiques sur les écosystèmes marins et côtiers

## Changements abiotiques

### Moteurs

- Hausse globale des températures marines de surface (env. 0.4°C depuis les années 1950)
- Expansion des océans mondiaux et élévation du niveau de la mer
- Augmentation des résurgences dues aux courants orientaux, qui accentue la disponibilité des nutriments en surface. (Résurgence ibérique ? petites résurgences méditerranéennes (Almería-Oran), Golfe du Lion, etc...?)
- Forte stratification thermique et plongée de la thermocline, entravant le rafraîchissement des eaux de surface et leur enrichissement en nutriments au travers des résurgences.
- Augmentation de la récurrence des tempêtes
- Influence sur les modèles de précipitations pouvant affecter la salinité, la turbidité et les apports telluriques (nutriments et polluants) des eaux côtières
- Perturbations des modèles de circulation éoliens et océaniques
- Fréquence des phénomènes de type el Nino

### Changements chimiques

- Chute du pH (due aux émissions croissantes de CO<sub>2</sub>)
- Amplification des radiations UV (due à l'altération de la couche d'ozone)
- Diminutions des concentrations en oxygène des eaux de subsurface et augmentation des épisodes d'hypoxie
- Les mécanismes d'interactions complexes entre la couverture nuageuse, le rayonnement UV, la productivité planctonique, et la libération de DMS par des algues marines

## REPONSES ECOLOGIQUES AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

### Réponses écologiques perceptibles

#### Réponses aux températures

- Les effets physiologiques, morphologiques et éthologiques de l'élévation des températures des eaux de surface affectent les performances et la survie des organismes marins, (variations entre les espèces et les différents stades ontogéniques des organismes marins : stades larvaires planctoniques stades juvéniles démersaux ou benthiques et adultes) ex, en Méditerranée : taux de croissance de *Cladocora caespitosa*, *Oculina patagonica*, *Madracis pharensis*; mortalité massive de *Corallium rubrum*, *Paramuricea clavata*, *Eunicella singularis*, etc. (voir Tableau 1 in Lejeune et al. 2010)
- Durée des transitions ontogéniques et phénologiques, ex en Méditerranée : floraison de *Posidonia oceanica* (prévalence et intensité), dates des migrations saisonnières, saisons de ponte (<http://www.springerlink.com/content/d6044j80137616r1/>), distribution et temps de séjour des pélagiques (*Thunnus thynnus*, *Seriola dumerilii*), changements phénologiques chez des espèces de phytoplancton (*Ceratium*)
- Changements au niveau des communautés (pression de la prédation, distribution et densité des habitats)

#### Réponses au niveau de la mer

- Déplacement vertical de la distribution des espèces
- Diminution de la disponibilité des habitats principalement en profondeur

#### *Réponses aux changements affectant la circulation*

- Augmentation de la vulnérabilité des systèmes intertidaux et subtidaux peu profonds (dommages causés par l'augmentation de la fréquence des tempêtes plus, turbidité, etc)
- Les variations de la disponibilité en éléments nutritifs dans les résurgences
- Effets sur la dispersion et le recrutement dans les systèmes marins, affectant l'équilibre du recrutement des larves / mortalité des adultes (susceptible de conduire à des extinctions locales de la population)
- Les effets plus complexes sur la communauté au niveau des processus (prédation, compétition, etc)

#### *Réponses au changement des concentrations de CO<sub>2</sub> et de pH*

- Physiological effects (e.g. reductions in sub-cellular processes such as protein synthesis and ion exchange) affecting growth and survivorship of marine organisms, likely to be more pronounced for invertebrates than for fish; loss of phenolic substances in seagrasses.
- Impact on many marine invertebrates and algae that build carbonate structures (decreased calcification rate)
- Les effets physiologiques (ex: réduction des processus sous-cellulaires tels que la synthèse des protéines et les échanges ioniques) qui affectent la croissance et la survie des organismes marins, susceptibles d'être plus prononcée chez les invertébrés que chez les poissons, la perte de substances phénoliques dans les herbiers.
- Impact sur de nombreux invertébrés marins et les algues qui établissent des structures de carbonate (diminution du taux de calcification)

#### *Réponses aux UV*

- Effets négatifs sur les larves des invertébrés et les algues (susceptible d'être dépendante de la présence d'espèces pouvant interagir, par exemple, le phytoplancton + virus marins invertébrés pâturant les algues benthiques)

### **Réponses écologiques émergentes**

#### *Les changements de distribution: modèles de zonation*

- Changements de distribution en profondeur moyenne des organismes marins (invertébrés sessiles et poissons) en raison de la hausse de la température, de la perturbation hydrodynamique, augmentation des UV et / ou l'élévation du niveau de la mer
- 'Effet de cisaillement': stress abiotique décale la plage de distribution verticale d'un organisme par rapport à un prédateur ou à un compétiteur

#### *Changements de distribution : affinité biogéographique*

- Déplacement latitudinal de la répartition géographique des espèces marines, ce qui conduit à l'expansion (ou contraction) de leurs limites de distribution, ou des changements dans l'abondance relative des espèces marines à un seul endroit - pour la Méditerranée, voir les éléments relatifs aux poissons <http://www.ciesm.org/atlas/appendix1.html>, les crustacés <http://www.ciesm.org/atlas/appendix2.html> et les mollusques

<http://www.ciesm.org/atlas/appendix3.html>); ex. *Serranus atricauda*, *Parapristipoma octolineatum*, *Mycteroperca rubra*, *Sparisoma cretense*, *Pseudocaranx dentex*, *Acanthurus monroviae*, *Plecthorinchus mediterraneus*, *Sphyraena viridensis*, *Thalassoma pavo*, *Sardinella aurita*, *Coryphaena hippurus*, *Astroides calycularis*, *Scyllarides latus* augmentation), *Homarus gammarus* (diminution), substitution de la mysidacée cavernicole *Hemimysis speluncola* par *H. margalefi*

#### Changements dans la composition des espèces, la diversité et la structure des communautés

- Conséquences au niveau de la communauté et des écosystèmes de la perte d'une ou de plusieurs espèces – ex. pour la Méditerranée, les méduses (*Pelagia noctiluca*, *Cothylorhiza tuberculata*, autres) et prolifération des thaliacées
- Etablissement et propagation délibérée ou accidentelle d'espèces introduites – ex. pour la Méditerranée : *Percon gibbesi*, *Dyspanopeus sayi*, *Caulerpa taxifolia*, *C. racemosa* var. *cylindracea*, *Lophocladia lallemandi*, *Asparagopsis armata*, et la production de palytoxine par les dinobiontes *Asterodinium* et *Ostreopsis ovata* (Dinophyceae), *Styopodium schimperi*, *Ruditapes philippinarum*, *Siganus rivulatus*, *Siganus luridus*,
- “Forçage climatique” des interactions interspécifiques - ex.:
  - Evolution de comportements de la compétition à la facilitation,
  - Amplification des effets négatives de maladies : *Bonamia ostreae* chez *Ostrea edulis*; *Gambierdiscus toxicus* (causant la ciguatera), *Vibrio* chez les invertébrés marins – ex. *Paramuricea clavata*, *Astropecten jonstoni*)
  - Variation de la force des interactions trophiques (ex. hypothèse “match-mismatch” (synchronisation - décalage), etc.

#### Evolution de la production primaire et secondaire

- Restrictions dans les gammes de latitude et / ou bathymétrique d'importants producteurs primaires (comme les laminaires) menant à des réductions dans la production primaire
- Fluctuations de la production primaire dans les systèmes côtiers dues aux variations de la concentration en éléments nutritifs causées par les changements dans les modèles de circulation (courants océaniques et régimes d'upwelling)
- Probable remplacement des macro-algues par les herbiers du fait de l'augmentation de la concentration de carbone dissous (les phanérogames marines ont évolué Durant le Crétacé lorsque les concentrations de CO<sub>2</sub> étaient beaucoup plus élevées, exposent une photosynthèse limitée par le carbone sous les concentrations de ces dernières années alors que les macroalgues sont actuellement carbone-saturées ; voir Arnold et al. 2012), conduisant à des régimes trophiques plus focalisés détritivores (idem entre les algues charnues et les balanes et les communautés où les moules prédominent)
- Interaction complexe entre la production primaire et les processus métaboliques et la dynamique des populations de consommateurs – ex. :
  - contrôle de l'abondance des brouteurs sur l'influence des nutriments sur la production primaire;
  - impact des réponses phénologiques individuelles entre les groupes fonctionnels sur la production secondaire ;
  - réponses relatives des producteurs primaires et secondaires aux dynamiques de resurgence ;
  - effets sur la sédimentation et la décomposition de la biomasse phytoplanctonique excédentaire sur le fond...

#### Dynamique des populations et évolutions

- Influences des impacts climatiques au travers de l'adaptation dans les écosystèmes, conduisant à des réponses évolutives

- Intense sélection des locus unique conduisant à la diminution de la variabilité du reste du génome
- Dérive génétique causées par la réduction des tailles des populations dues au forçage climatique
- Réponse des organismes aux multiples stress climatiques (par exemple le pH et la température)
- Arbitrages et / ou des corrélations génétiques entre les caractères physiologiques limitant la capacité des espèces à s'adapter aux CC contemporains

**Table 1:** Indicateurs potentiels

Niveau d'organisation	Catégorie de réponse	Indicateur type	Exemple d'indicateur	Méthodologie	Référence
Physique / Chimique		Température de surface	Temperature de l'eau de mer	Capteurs thermiques (à différentes profondeurs), AVHRR sensor (réseau)	Helmuth et al. (2006), Selig et al. (2010), Vargas-Yáñez et al. (2010), Calvo et al. (2011), Crisci et al. (2011), Skliris et al. (2011)
		Salinité	Salinité	Enregistrement de salinités (à différentes profondeurs)	Vargas-Yáñez et al. (2010), Calvo et al. (2011)
		Élévation du niveau de la mer	Niveau de la mer, carte du littoral	Marégraphes/ bouées (réseau), carte du littoral	Vargas-Yáñez et al. (2010), Calvo et al. (2011)
		Acidification	pH, pCO <sub>2</sub> , saturation de l'aragonite, alcalinité totale, carbone inorganique dissous	Sondes, échantillonnages réguliers	Feely et al. (2010), Hoffman et al. (2008), Byrne et al. (2010), Iglesias-Rodriguez et al. (2009), Doney et al. (2009)
		Hypoxie	Oxygène dissous, imagerie satellitale	Sondes, échantillonnages réguliers, images satellitales	Diaz & Rosenberg (2008), Hoffman et al. (2011), etc.
		Radiations UV	Radiations UV	Extension du réseau ELDONET?	Marangoni et al. (2000), Häder et al. (2007)
		Renforcement des upwellings	Temperature et concentration de la chlorophylle <i>a</i> dans l'eau de mer	Téledétection, imagerie	
		Stratification thermique	Profondeur et stabilité de la thermocline		(cf. SST ci-dessous)
		Apports en nutriments	C, N, P, organiques totaux et autres	Sondes, échantillonnages réguliers d'eau de mer	Wikner & Andersson (2012)

Niveau d'organisation	Catégorie de réponse	Indicateur type	Exemple d'indicateur	Méthodologie	Référence
		Fréquence des tempêtes	Vitesse du vent, hauteur et énergie de la houle et des vagues, récurrence des tempêtes	Journal de données	Sheppard et al. (2005), Walker et al. (2008)
		Précipitations, ruissellement, turbidité	Précipitation, débit des cours d'eau, turbidité	Journal de données	Wikner & Andersson (2012)
Individuel	Physiologique	Tolérance thermique et acclimatation	Laboratoire expérimenté dans les invertébrés benthiques d'eau froide et les poissons (températures limites – DL50, taux de croissance, reproduction, stress oxydatifs, etc.)	Laboratoire	Pörtner (2002), Lesser (2006), Menge et al. (2008), Helmuth (2009), Peck et al. (2009), Jones & Berkelmans (2010), Pörtner & Peck (2010), Somero (2010), Valdizan et al. (2011), Huey et al. (2012)
		Tolérance à l'hypoxie	Ventilation, consommation d'oxygène, performances natatoires, capacité métabolique, fonction cardiaque, niveaux lethaux et sub-lethaux	Laboratoire	Nilsson & Ostlund- Nilsson (2004), Vaquer-Sunyer & Duarte (2008), Petersen & Gamperl (2010), Cannas et al. (2012)
		Tolérance à l'acidification	Acidification / croissance et taux de reproduction	Laboratoire	Orr et al. (2005), Fabry et al. (2008), Jokiel et al. (2008), Doney et al. (2009)
		Taille	Longueur moyenne / poids des poissons / invertébrés	Terrain, exploration des données	Meiri et al. (2009), Fisher et al. (2010)



Niveau d'organisation	Catégorie de réponse	Indicateur type	Exemple d'indicateur	Méthodologie	Référence
		Niveau de calcification	Evolution des poids des squelettes, part du carbonate de calcium, $\delta^{11}\text{B}$ : analyses isotopiques sur squelettes carbonatés âgés de coraux, densimétrie d'images digitalisées de radiographies X, fonctionnalités génomiques	Terrain et réseau de laboratoires	Wood et al. (2008), Doney et al. (2009), Wei et al. (2009), Rodolfo-Metalpa et al. (2011), Carricart-Ganivet et al. (2012), Iguchi et al. (2012), Landes & Zimmer (2012)
		Réponses aux radiations UV	Survie, stress oxydatif, croissance des organismes marins	Laboratoire	Lesser (2006), Bancroft et al. (2007), Häder et al. (2007, 2010)
	Ethologie	Migrations verticales	Distribution vertical du phytoplancton, distribution vertical des prédateurs	Terrain	Dulvy et al. (2008), Rosa & Seibel (2009), Huey et al. (2012)
	Phénologique	Floraison des phanérogames marines	Intensité et prévalence de la floraison chez <i>Posidonia oceanica</i>	Observations en plongée	Díaz-Almela et al. (2007)
		Dates de migration	Date des arrivées et temps de séjour d'espèces saisonnières (ex. migrations saisonnières dans les lagunes côtières; nidification des tortues marines; espèces pélagiques)	Observations directes, marquage	Franco et al. (2006), Franzoi et al. (2010)
		Dates de reproduction et de procréation	Maturité des gonades de certaines espèces		Ling et al. (in press)
		Phénologie du phytoplancton	Abondance du phytoplancton	Echantillonnages de routine de phytoplancton	Edwards & Richardson (2004), Tunin-Ley et al. (2009)

Niveau d'organisation	Catégorie de réponse	Indicateur type	Exemple d'indicateur	Méthodologie	Référence
		Phénologie des larves des post-larves des poissons et recrutement	Abondance de l'ichthyoplancton, des post-larves et des juvéniles	Echantillonnages de routine d'ichthyoplancton (filet à plancton), post-larves (pièges lumineux) et des juvéniles (recensement visual)	Genner et al. (2010), Félix-Hackradt et al. (in press)
		Temps de séjour des poissons pélagiques	Temps de séjour des poissons pélagiques	Marquage, suivi acoustique	Holland et al. (1999)
		Saisonnalité des espèces benthiques	Saisonnalité des hydroides	Recensements visuels mensuels des hydroides	Puce et al. (2009)
Population	Mortalité et maladies	Evènements de mortalité massive	Occurrence et ampleur des mortalités massives	Observations en plongée	Coma et al. (2009), Lejeusne et al. (2010), Calvo et al. (2011)
		Mortalités partielles et phénomènes de blanchissement	Occurrence et ampleur du blanchissement et des necroses chez les invertébrés	Observations en plongée	Ainsworth & Hoegh-Guldberg (2008), Cebrián et al. (2011)
	Dispersion et recrutement	Changements dans la dispersion, modèles de connectivité	Modèles de dispersion, cartographie spatio-temporelle, modèles de connectivité génétiques	Modélisation biophysique	González-Wangüemert et al. (2004, 2007, 2009), Munday et al. (2009), Lett et al. (2010)
		Organisation / et épisodes de recrutement d'espèces exotiques (non présent dans les assemblages des adultes)	Présence et abondance des stades larvaires et juvéniles chez les espèces exotiques	Pièges lumineux et recensement visuels des juvéniles	Félix-Hackradt et al. (in prep.)
	Distribution et abondance	Prolifération d'espèces	Occurrence de blooms algaux / méduses / aggregation de mucilages / autres espèces	Echantillonnage sur le terrain (long terme) / réseau	Purcell et al. (2007), Moore et al. (2008), Danovaro et al. (2009), Gili et al. (2010), Touzri et al. (2012)
		Changements de l'abondance relative	Abondance / densité d'un choix d'espèces	Echantillonnage sur le terrain (long terme) / réseau	Hawkins et al. (2008)

Niveau d'organisation	Catégorie de réponse	Indicateur type	Exemple d'indicateur	Méthodologie	Référence
		Changements des limites biogéographiques de distribution	Limites de distribution pour un choix d'espèces	Echantillonnage sur le terrain (long terme) / réseau	Chevaldonné & Lejeusne (2003), Perry et al. (2005), Brito et al. (2006)
		Changement dans la gamme de profondeur moyenne	Gamme de profondeurs pour un choix d'espèces	Echantillonnage sur le terrain (long terme) / réseau	Dulvy et al. (2008), Rosa & Seibel (2009)
		Présence et extension des espèces exotiques	Abondance et limites de distribution pour un choix d'espèces exotiques	Echantillonnage sur le terrain (long terme) / réseau	Izquierdo-Muñoz et al. (2009), Occhipinti-Ambrogi & Galil (2010), Coma et al. (2011)
	Reproduction	Reproduction chez les poissons et les autres groupes	YCS, fécondité, l'état, l'âge moyen / taille à la maturité		Pankhurst & Munday (2011)
	Dérive génétique et sélection	Diversité génétique et flux de gènes	Richesse allélique, proportion des locus polymorphique, hétérozygoté observée et attendue		Ayre & Hughes (2004), Pérez-Ruzafa et al. (2006), Williams et al. (2008)
Communauté / écosystème	Composition spécifique	Affinités froid/chaud	Propagation d'espèces thermophiles, diminution (présence / abondance) des espèces d'eau froide	Echantillonnage direct (recensements visuels de poissons, benthos, etc.), Long terme, larges enquêtes de terrain, LEK	Francour et al. (2009), Lasram & Mouillot (2009), Azzurro et al. (2011)
		Spectre biomassique du phytoplancton	Fraction du pico-phytoplancton	Long terme, larges enquêtes de terrain, LEK	Calvo et al. (2011)
		Espèces autochtones et exotiques	Dissémination des espèces exotiques	Long terme, larges enquêtes de terrain, LEK	Occhipinti-Ambrogi & Galil (2010)
		Importance des prédateurs de sommet de chaîne	Proportion des prédateurs	Long terme, larges enquêtes de terrain, LEK	Baum & Worm (2009)
	Biodiversité	Diversité des espèces	Richesse en espèces, diversité spécifique	Long terme, enquêtes de terrain	Gray (2000), Salas et al. (2006), Hiddink & Hofstede (2008)

Niveau d'organisation	Catégorie de réponse	Indicateur type	Exemple d'indicateur	Méthodologie	Référence
		Diversité taxonomique	Distinctions taxonomiques, etc.	Long terme, enquêtes de terrain	Leonard et al. (2006), Salas et al. (2006)
		Diversité fonctionnelle	Indices de diversité fonctionnelle	Long terme, enquêtes de terrain	Micheli et al. (2005), Halpern & Floeter (2008), Stelzenmüller et al. (2009), Mouchet et al. (2010), Schleuter et al. (2010), Albouy et al. (2011), Cadotte et al. (2011), Mora et al. (2011)
	Force des interactions spécifiques	Force des interactions spécifiques ou de compétition	Structure de la communauté, topologie de la nourriture	Long terme, enquêtes de terrain	Emmerson et al. (2004), Schiel et al. (2004)
		Décalage entre besoins des prédateurs et disponibilité des ressources	Episodes de famine dus au climat	Long terme, enquêtes de terrain	Edwards & Richardson (2004), Durant et al. (2007); MacLeod et al. (2007)
		Effet Ciseau	Modifications verticales de la distribution des espèces intertidales	Long terme, enquêtes de terrain	Harley (2011)
	Disponibilité des habitats	Distribution et densité des habitats	Distribution et densité des macroalgues, herbiers, gorgones, éponges, etc.	Long terme, enquêtes de terrain	Pinedo et al. (2007), Maggi et al. (2009), Waycott et al. (2009), Navarro et al. (2011)
	Production planctonique primaire et secondaire production	Fluctuation de la production primaire	Transparence de l'eau, bacterioplancton, biomasse du phytoplancton et zooplankton biomass, chlorophylle <u>a</u>	Long terme, enquêtes de terrain	Hays et al. (2005), Calvo et al. (2011), Chavez et al. (2011), Vezulli et al. (2011)
		Modifications latitudinales et de profondeur des principaux producteurs primaires	Distribution and density of phytoplankton, macroalgae, seagrasses species	Long terme, enquêtes de terrain	Calvo et al. (2011)

Niveau d'organisation	Catégorie de réponse	Indicateur type	Exemple d'indicateur	Méthodologie	Référence
		Replacement dynamics between macroalgae (autochthonous or alien) and seagrasses	Distribution et densité des macroalgues et des herbiers	Long terme, enquêtes de terrain	Marbà & Duarte (2010), Arnold et al. (2012)
	Interactions complexes entre production primaire et secondaire	Impact des réponses phénologiques individuelles entre les groupes fonctionnels sur la production secondaire	Composition des communautés épiphytiques	Long terme, enquêtes de terrain	Martínez-Crego et al. (2010)

Pour chaque indicateur, il sera nécessaire de documenter les termes suivants:

<u>CODE:</u>	<u>(NOM)</u>	<u>Categorie:</u>
<b><u>Définition:</u></b>		
<b><u>Contexte et objectif :</u></b>		
<b><u>Méthodologie et modes d'échantillonnage:</u></b>		
<b><u>Calcul et unites :</u></b>		
<b><u>Représentation</u> (quantitative, graphique, cartographique, SIG):</b>		<b><u>Pertinence géographique:</u></b>
<b><u>Cibles et objectifs, si déterminés et disponibles</u></b>		
<b><u>Pertinence politique:</u></b>		
<b><u>Autres sources (Méditerranée/pays):</u></b>		
<b><u>Références bibliographiques pertinentes:</u></b>		

## **Bibliographie**

### **Enjeux généraux:**

- Bianchi CN (2007) Biodiversity issues for the forthcoming tropical Mediterranean Sea. *Hydrobiologia* 580: 7-21.
- Boesch DF, Field JC, Scavia D (Eds.) (2000) *The potential consequences of climate variability and change on coastal areas and marine resources*. NOAA Coastal Ocean Program Decision Analysis Series No. #21. NOAA Coastal Ocean Program, Silver Spring, MD. 163 pp.
- Boyce DG, Lewis MR, Worm B (2010) Global phytoplankton decline over the past century. *Nature* 466: 591-596.
- Brierley AS, Kingsford MJ (2009) Impacts of climate change on marine organisms and ecosystems. *C Biol* 19, doi 10.1016/j.cub.2009.05.046.
- Calvo E, Simó R, Coma R, Ribes M, Pascual J, Sabatés A, Gili JM, Pelejero C (2011) Effects of climate change on Mediterranean marine ecosystems: the case of the Catalan Sea. *Clim Res* 50: 1-29.
- Chavez FP, Messié M, Pennington JT (2011) Marine primary production in relation to climate variability and change. *Annu Rev Mar Sci* 3: 227-260.
- Cheung WWL, Lam VWY, Sarmiento JL, Kearney K, Watson R, Pauly D (2009) Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios. *Fish Fish* 10: 235-251.
- CIESM (2008) *Climate warming and related changes in Mediterranean marine biota*. CIESM Workshop Monograph n° 35. 150 pp.
- Coll M, Piroddi C, Steenbeek J, Kaschner K, Ben Rais Lasram F, Aguzzi J, Ballesteros E, Bianchi CN, Corbera J, Dailianis T, Danovaro R, Estrada M, Froglia C, Galil BS, Gasol JM, Gertwagen R, Gil J, Guilhaumon F, Kesner-Reyes K, Miltsiadis KS, Koukouras A, Lampadariou N, Laxamana E, López-Fe de la Cuadra C, Lotze HK, Martín D, Mouillot D, Oro D, Raicevich S, Rius-Barile J, Sáiz-Salinas I, San Vicente C, Somot S, Templado J, Turón X, Vafidis D, Villanueva R, Voultsiadou E (2010) The biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, patterns, and threats. *PLoS ONE* 5(8): e11842.
- Coma R, Ribes M, Serrano E, Jiméniez E, Salat J, Pascual J (2009) Global warming-enhanced stratification and mass mortality events in the Mediterranean. *Proc Nat Acad Sci* 106: 6176-6181
- Doney SC, Ruckelshaus M, Duffy JE, Barry JP, Chan F, English CA, Galindo HM, Grebmeier JM, Hollowed AB, Knowlton N, Polovina J, Rabalais NN, Sydeman WJ, Talley LD (2012) Climate change impacts on marine ecosystems. *Ann Rev Mar Sci* 4: 11-37.
- Ecoadapt (2012) *Monitoring climate effects in temperate marine ecosystems: A test-case using California's MPAs*. MPA Monitoring Enterprise, California Ocean Science Trust, Oakland CA. 41 pp.
- Fenberg PB, Caselle J, Claudet J, Clemence M, Gaines S, García-Charton JA, Gonçalves E, Grorud-Colvert K, Guidetti P, Jenkins S, Jones PJS, Lester S, McAllen R, Moland E, Planes S, Sørensen TK (2012) The science of European marine reserves: Status, efficacy, and future needs. *Mar Pol* 36: 1012-1021.
- Francour P, Boudouresque CF, Harmelin JG, Harmelin-Vivien ML, Quignard JP (1994) Are the Mediterranean becoming warmer? Information from biological indicators. *Mar Pollut Bull* 28: 523-526.

- Gambaiani DD, Mayol P, Isaac SJ, Simmonds MP (2009) Potential impacts of climate change and greenhouse gas emissions on Mediterranean marine ecosystems and cetaceans. *J Mar Biol Assoc UK* 89: 179-201.
- García-Charton JA, Pérez-Ruzafa A, Marcos C, Claudet J, Badalamenti F, Benedetti-Cecchi L, Falcón JM, Milazzo M, Schembri PJ, Stobart B, Vandeperre F, Brito A, Chemello R, Dimech M, Domenici P, Guala I, Le Diréach L, Maggi E, Planes S (2008) Effectiveness of European Atlanto-Mediterranean MPAs: Do they accomplish the expected effects on populations, communities and ecosystems? *J Nat Conserv* 16: 193-221.
- Harley CDG, Hughes AR, Hultgren KM, Miner BG, Sorte CJB, Thornber CS, Rodriguez LF, Tomanek L, Williams SL (2006) The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecol Lett* 9: 228-241.
- Hawkins SJ, Sugden HE, Mieszkowska N, Moore PJ, Poloczanska E, Leaper R, Herbert RJH, Genner MJ, Moschella PS, Thompson RC, Jenkins SR, Southward AJ, Burrows MT (2009) Consequences of climate-driven biodiversity changes for ecosystem functioning of North European rocky shores. *Mar Ecol Prog Ser* 396: 245-259.
- Hoegh-Guldberg O, Bruno JF (2010) The impact of climate change on the world's marine ecosystems. *Science* 328: 1523-1528.
- Laubier L (2003) Changement et variabilité des peuplements marins côtiers. *C R Geoscience* 335: 561-568.
- Laubier L, Perez T, Lejeusne C, Garrabou J, Chevaldonné P, Vacelet J, Boury-Esnault N, Harmelin JG (2003) La Méditerranée se réchauffe-t-elle ? *Mar Life* 13: 71-81.
- Lejeusne C, Chevaldonné P, Pergent-Martini C, Boudouresque CF, Pérez T (2010) Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea. *Trends Ecol Evol* 25: 250-260.
- McClanahan TR, Cinner JE, Maina J, Graham NAJ, Daw TM, Stead TM, Wakumota A, Brown K, Ateweberhan M, Venus V, Polunin NVC (2008) Conservation action in a changing climate. *Conserv Lett* 1: 53-59.
- Occhipinti-Ambrogi A (2007) Global change and marine communities: Alien species and climate change. *Mar Poll Bull* 55: 342-352.
- Occhipinti-Ambrogi A, Galil B (2010) Marine alien species as an aspect of global change. *Adv Oceanogr Limnol* 1: 199-218.
- Papathanassiou E, Streftaris N, Kaberi E, Corinaldesi C, Dell'Anno A, Gambi C, Pusceddu A, Danovaro R (2011) Impacts of climate change on the Mediterranean Sea. In: CLAMER / Marine Board Special Report. *Synthesis of European research on the effects of climate change on marine environments*. CLAMER project: 108-119.
- Parmesan C (2006) Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 37: 637-369.
- Pérez T (2008) *Impact of climate change on biodiversity in the Mediterranean Sea*. UNEP MAP - RAC/SPA Edit., Tunis. 61 pp.
- Philippart CJM, Anadón R, Danovaro R, Dippner JW, Drinkwater KF, Hawkins SJ, Oguz T, O'Sullivan G, Reid PC (2011) Impacts of climate change on European marine ecosystems: Observations, expectations and indicators. *J Exp Mar Biol Ecol* 400: 52-69.
- Rijnsdorp AD, Peck MA, Engelhard GH, Möllmann C, Pinnegar JK (2009) Resolving the effect of climate change on fish populations. *ICES J Mar Sci* 66: 1570-1583.
- Sala E, Ballesteros E, Dendrinos P, Di Franco A, Ferreti F, Foley D, Frascchetti S, Friedlander A, Garrabou J, Güçlusoy H, Guidetti P, Halpern BS, Hereu B, Karamanlidis AA, Kizilkaya Z, Macpherson E, Mangialajo L, Mariani S, Micheli F, Pais A, Riser K, Rosenberg AA,



- Sales M, Selkoe KA, Starr R, Tomás F, Zabala M (2012) The structure of Mediterranean rocky reef ecosystems across environmental and human gradients, and conservation implications. *PLoS ONE* 7(2): e32742.
- Sala E, Knowlton N (2006) Global marine biodiversity trends. *Annu Rev Environ Resour* 31: 93-122.
- Scavia D, Field JC, Boesch DF, Buddemeier RW, Burkett V, Cayan DR, Fogarty M, Harwell MA, Howarth RW, Mason C, Reed DJ, Royer TC, Sallenger AH, Titus JG (2002) Climate change impacts on U.S. coastal and marine ecosystems. *Estuaries* 25: 149-164.
- Soto CG (2002) The potential impacts of global climate change on marine protected areas. *Rev Fish Biol Fish* 11: 181-195.
- UNEP-MAP – RAC/SPA (2009a) *Synthesis of national overviews on vulnerability and impacts of climate change on marine and coastal biological diversity in the Mediterranean region*. Elaborated by Pavasovic A, Cebrián D, Limam A, Ben Haj S, Garcia-Charton JA. RAC/SPA, Tunis, 78 pp.
- UNEP-MAP – RAC/SPA (2009b) *Identification of important ecosystem properties and assessment of ecological status and pressures to Mediterranean marine and coastal biodiversity*. Elaborated by Bazairi H, Ben Haj S, Torchia G, Limam A, Rais C, Cebrián D. RAC/SPA, Tunis, 100 pp.
- UNEP-MAP – RAC/SPA (2012) *Guide méthodologique pour l'élaboration d'indicateurs dédiés aux impacts des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière*. Elaborated by Ben Haj S. RAC/SPA, Tunis, 18 pp.
- Vaquer-Sunyer R, Duarte CM (2008) Thresholds of hypoxia for marine biodiversity. *Proc Natl Acad Sci* 105: 15452-15457.
- Vargas-Yáñez M, Moya F, García-Martínez MC, Tel E, Zunino P, Plaza F, Salat J, Pascual J, López-Jurado JL, Serra M (2010) Climate change in the Western Mediterranean Sea 1900–2008. *J Mar Syst* 82: 171-176.
- Walther GR, Post E, Convey P, Menzel A, Parmesan C, Beebee TJC, Fromentin JM, Hoegh-Guldberg, Bairlein F (2002) Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416: 389-395.
- Wernberg T, Smale DA, Thomsen MS (2012) A decade of climate change experiments on marine organisms: procedures, patterns and problems. *Global Change Biol* 18: 1491-1498.

#### Citations:

- |                                   |                                  |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| Ainsworth & Hoegh-Guldberg (2008) | Coma et al. (2009)               |
| Albouy et al. (2011)              | Coma et al. (2011)               |
| Ayre & Hughes (2004)              | Crisci et al. (2011)             |
| Azzurro et al. (2011)             | Danovaro et al. (2009)           |
| Bancroft et al. (2007)            | Diaz & Rosenberg (2008)          |
| Baum & Worm (2009)                | Díaz-Almela et al. (2007)        |
| Brito et al. (2006)               | Doney et al. (2009)              |
| Byrne et al. (2010)               | Dulvy et al. (2008)              |
| Cadotte et al. (2011)             | Durant et al. (2007)             |
| Calvo et al. (2011)               | Edwards & Richardson (2004)      |
| Cannas et al. (2012)              | Emmerson et al. (2004)           |
| Carricart-Ganivet et al. (2012)   | Fabry et al. (2008)              |
| Cebrián et al. (2011)             | Feely et al. (2010)              |
| Chavez et al. (2011)              | Félix-Hackradt et al. (in prep.) |
| Chevaldonné & Lejeune (2003)      | Félix-Hackradt et al. (in press) |

- Fisher et al. (2010)  
Franco et al. (2006)  
Francour et al. (2009)  
Franzoi et al. (2010)  
Genner et al. (2010)  
Gili et al. (2010)  
González-Wangüemert et al. (2004)  
González-Wangüemert et al. (2007)  
González-Wangüemert et al. (2009)  
Gray (2000)  
Häder et al. (2007)  
Häder et al. (2010)  
Halpern & Floeter (2008)  
Harley (2011)  
Hawkins et al. (2008)  
Hays et al. (2005)  
Helmuth (2009)  
Helmuth et al. (2006)  
Hiddink & Hofstede (2008)  
Hoffman et al. (2008)  
Hoffman et al. (2011)  
Holland et al. (1999)  
Huey et al. (2012)  
Iglesias-Rodriguez et al. (2009)  
Iguchi et al. (2012)  
Izquierdo-Muñoz et al. (2009)  
Jokiel et al. (2008)  
Jones & Berkelmans (2010)  
Landes & Zimmer (2012)  
Lasram & Mouillot (2009)  
Lejeusne et al. (2010)  
Leonard et al. (2006)  
Lesser (2006)  
Ling et al. (in press)  
MacLeod et al. (2007)  
Maggi et al. (2009)  
Marangoni et al. (2000)  
Martínez-Crego et al. (2010)  
Meiri et al. (2009)  
Menge et al. (2008)  
Mora et al. (2011)  
Micheli et al. (2005)  
Moore et al. (2008)  
Mouchet et al. (2010)  
Munday et al. (2009), Lett et al. (2010)  
Navarro et al. (2011)  
Nilsson & Ostlund-Nilsson (2004)  
Occhipinti-Ambrogi & Galil (2010)  
Orr et al. (2005)  
Pankhurst & Munday (2011)  
Peck et al. (2009)  
Pérez-Ruzafa et al. (2006)  
Perry et al. (2005)  
Petersen & Gamperl (2010)  
Pinedo et al. (2007)  
Pörtner & Peck (2010)  
Pörtner (2002)  
Puce et al. (2009)  
Purcell et al. (2007)  
Rodolfo-Metalpa et al. (2011)  
Rosa & Seibel (2009)  
Salas et al. (2006)  
Schiel et al. (2004)  
Schleuter et al. (2010)  
Selig et al. (2010)  
Sheppard et al. (2005)  
Skirris et al. (2011)  
Somero (2010)  
Stelzenmüller et al. (2009)  
Touzri et al. (2012)  
Tunin-Ley et al. (2009)  
Valdizan et al. (2011)  
Vaquer-Sunyer & Duarte (2008)  
Vargas-Yáñez et al. (2010)  
Vezulli et al. (2011)  
Walker et al. (2008)  
Waycott et al. (2009)  
Wei et al. (2009)  
Wikner & Andersson (2012)  
Williams et al. (2008)  
Wood et al. (2008)