



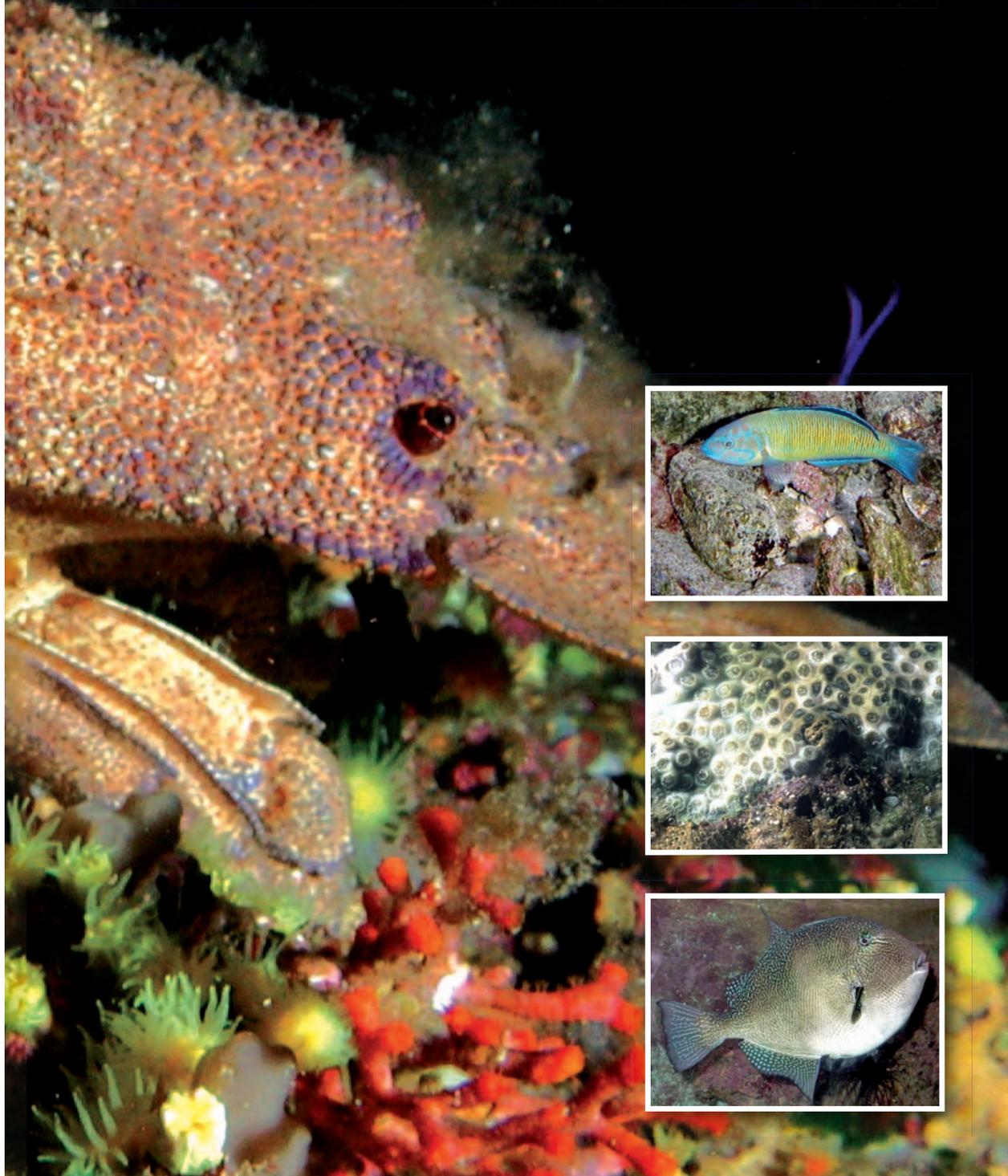
PNUE



Programme des Nations Unies pour l'Environnement  
Plan d'Action pour la Méditerranée  
Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées

# Impact des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière en Mer Méditerranée

## Etat actuel des connaissances



**Impact des changements climatiques  
sur la biodiversité marine et côtière  
en Mer Méditerranée**  
Etat actuel des connaissances

---

**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 leurs frontières ou limites. Les vues exprimées dans ce document d'information technique sont celles de l'auteur et ne représentent pas forcément les vues du PNUE.

©2010 **Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE)**  
**Plan d'Action pour la Méditerranée (PAM)**  
**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**

Le texte de la présente publication peut être reproduit, à des fins éducatives ou non lucratives, en tout ou en partie, et sous une forme quelconque, sans qu'il soit nécessaire de demander une autorisation spéciale au détenteur du copyright, à condition de faire mention de la source. Le PNUE-PAM-CAR/ASP apprécierait de recevoir une copie de toute publication utilisant la présente publication comme source.

Il n'est pas possible d'utiliser la présente publication pour la revente ou à toutes autres fins commerciales sans en demander au préalable par écrit la permission au PNUE-PAM-CAR/ASP.

Pour des fins bibliographiques, citer le présent volume comme suit :

**PNUE-PAM-CAR/ASP, 2010. Impact des changements climatiques sur la biodiversité en Mer Méditerranée. Par S. Ben Haj et A. Limam, CAR/ASP Edit., Tunis : 1-28.**

Ce document constitue une synthèse basée sur les principales études suivantes initiées par le CAR/ASP :

- UNEP-MAP RAC/SPA, 2008. Impact of climate change on biodiversity in the Mediterranean Sea. By T. Perez, RAC/SPA Edit., Tunis : 1-90.
- UNEP-MAP RAC/SPA, 2009. Synthesis of National overviews on vulnerability and impacts of climate change on marine and coastal biological diversity in the Mediterranean region. By Pavasovic, A., Cebrian, D., Limam, A., Ben Haj, S., Garcia Charton, J.A., Ed. RAC/SPA, Tunis; 76 pages.
- UNEP-MAP RAC/SPA, 2009. Identification of important ecosystem properties and assessment of ecological status and pressures to Mediterranean marine and coastal biodiversity. Par Bazairi, H., Ben Haj, S., Torchia, G., Limam, A., Rais, C., and Cebrian, D., Ed. RAC/SPA, Tunis; 100 pages.

**Crédit Photos de couverture :**

P. Sanchez, B. Mavric, T. Pérez.

# Table des Matières



## AVANT PROPOS

<b>1. Introduction</b>	<b>4</b>
<b>2. Mieux comprendre la Méditerranée pour comprendre les impacts des changements climatiques</b>	<b>5</b>
2.1. La Méditerranée : Une histoire climatique et physiographique mouvementée	
2.2. Une grande influence continentale	
2.3. Un intérêt biologique exceptionnel	
<b>3. Menaces sur le milieu physique</b>	<b>9</b>
3.1. Un climat perturbé	
3.2. Une hausse du niveau de la mer, lourde de conséquences	
<b>4. Impacts sur la biodiversité marine et côtière</b>	<b>12</b>
4.1. Menaces sur les paysages et la biodiversité côtière	
4.2. Sous l'eau, à l'abri des regards, une méridionalisation avérée de l'écosystème	
4.3. Les changements climatiques amplifient les invasions biologiques	
4.4. Proliférations de pathogènes et maladies mettent en danger l'homme et la biodiversité	
4.5. L'acidification de l'eau, autre facteur de maladies et de mortalités	
4.6. Les clés de l'adaptation des espèces : résilience et résistance	
<b>5. Le changement climatique affectera-t-il les rendements halieutiques</b>	<b>20</b>
<b>6. Eléments institutionnels et juridiques</b>	<b>21</b>
6.1. Une diversité d'acteurs	
6.2. Le CAR/ASP : un rôle clef en vue de traiter l'impact des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière	
<b>7. Quelle stratégie pour réduire l'impact des changements climatiques sur la biodiversité méditerranéenne ?</b>	<b>25</b>
<b>8. Conclusions et recommandations</b>	<b>26</b>

## Références bibliographiques

---

## AVANT PROPOS



Ce document constitue une synthèse des travaux, des études et des réflexions initiées par le Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP), suite aux recommandations faites par les Parties contractantes à la Convention de Barcelone, à Almería en janvier 2008. Il apporte des réponses à la demande visant à établir un état des lieux sur les connaissances des effets des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière en Méditerranée.

Le constat fait part d'un état des connaissances encore insuffisant, car les enjeux sont relativement récents et que la part du prospectif est grande.

Toutefois, si les impacts et les mécanismes qui les régissent restent encore à être détaillés, les effets des changements climatiques en mer et sur les littoraux de la Méditerranée sont d'ores et déjà très perceptibles et touchent sans distinction les différentes composantes du biome méditerranéen. Ils touchent également les ressources naturelles, menaçant les apports qu'elles prodiguent aux populations riveraines du bassin méditerranéen et leurs retombées tant au plan social qu'économique.

La restitution de l'état des connaissances et l'identification des besoins aux échelles régionale et nationale souligne la nécessité absolue pour la région méditerranéenne et pour les pays riverains de renforcer leurs capacités et de s'associer en vue de mieux cerner la problématique «changements climatiques» et sa conjugaison avec d'autres facteurs comme la pollution et la surexploitation des ressources au sens large. Le constat est également unanime en ce qui concerne les aspects liés à l'adaptation : le savoir-faire est à peine balbutiant, surtout en ce qui concerne l'adaptation aux effets des changements climatiques sur le compartiment de la biodiversité et des ressources naturelles où un grand effort reste à faire en matière d'ingénierie d'adaptation.

Une stratégie opérationnelle et une organisation adéquate doivent être mises en place au plan régional et dans les pays riverains pour faire face aux perturbations constatées et à venir. Les programmes à mettre en œuvre doivent concomitamment contribuer à l'amélioration des connaissances sur les effets des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière, du savoir-faire en matière d'adaptation et à la mise en œuvre de solutions pour la conservation des espaces naturels, des écosystèmes, des espèces et des ressources naturelles.

*Abderrahman Gannoun  
Directeur du CAR/ASP*



## 1. INTRODUCTION

Même si depuis la nuit des temps les changements climatiques font partie de l'ordre naturel de la planète, il est prouvé que l'accroissement très perceptible des gaz à effet de serre qui s'est accentué depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle contribue à l'amplification de ces changements et les rend perceptibles à l'échelle de notre génération. Ce phénomène constitue une menace réelle à l'encontre des espaces naturels, notamment littoraux et marins, de leurs paysages, de la biodiversité qu'ils abritent et des ressources naturelles qu'ils prodiguent.

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) définit la vulnérabilité climatique comme « le degré auquel un système risque de subir ou d'être affecté négativement par les effets néfastes des changements climatiques, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur et du rythme des changements climatiques auxquels un système est exposé, ainsi que de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation ».

### Encadré 1 : Evaluation des Ecosystèmes pour le millénaire, 2005:

D'ici la fin du siècle, le changement climatique et ses impacts pourraient constituer la force sous-jacente directe la plus importante responsable de la perte de biodiversité et des changements au niveau des services d'origine écosystémique... Les dommages causés à la biodiversité augmenteront à l'échelle mondiale avec des taux de changement climatique et un volume absolu de changement en progression.

... Des actions urgentes et consistantes à tous les niveaux sont nécessaires en vue de la protection, de l'atténuation et l'adaptation des espèces, des habitats, des populations et des écosystèmes dans ces conditions de changements.

Les sociétés du Sud et de l'Est de la Méditerranée et leur environnement sont fortement vulnérables aux changements climatiques, pour des raisons naturelles (déficit hydrique notamment) et de modes de vie et de développement concentrés sur l'espace littoral. Ces pays émergents sont d'autant plus vulnérables qu'ils sont insuffisamment outillés aux plans technique et financier pour faire face aux besoins en matière d'amélioration des connaissances comme en matière de mise en œuvre de réponses adaptatives pour prévenir ou réduire les effets des changements climatiques.

Le changement climatique représente donc une grande menace où émergent deux enjeux majeurs intimement liés :

- pression sur des écosystèmes déjà fragilisés par la pollution, la destruction et la fragmentation des habitats ou la surexploitation des ressources naturelles ;
- remise en cause des stratégies de développement passées par les effets attendus des changements climatiques sur l'intégrité du territoire côtier.

Les impacts du changement climatique sont extrêmement divers. Leurs effets se croisent et s'amplifient mutuellement, ils amplifient les effets des activités et des aménagements côtiers. Ces changements liés aux changements climatiques (températures, précipitations, vents, augmentation des teneurs en gaz carbonique, élévation du niveau de la mer...), conjugués à ceux liés à l'homme (pollution, littoralisation, surexploitation des ressources naturelles, introductions d'espèces allogènes) impactent et impacteront de plus en plus tant les secteurs socio-économiques que les systèmes naturels.

L'exemple de l'élévation du niveau de la mer constitue un enjeu majeur ; ce phénomène, déjà perceptible mais appelé à s'accélérer toucherait les écosystèmes littoraux et principalement les zones humides, les estrans et les îles et îlots bas qui constituent l'habitat unique ou privilégié de nombreuses espèces animales et végétales, et seront touchés par une érosion accélérée. Ce phénomène impactera également les activités humaines et les aménagements.

L'effet thermique et la modification du régime des précipitations se fera ressentir tant à terre qu'en mer, il affectera les écosystèmes, les habitats et la biodiversité ainsi que les activités économiques.

## 2. MIEUX COMPRENDRE LA MEDITERRANEE POUR COMPRENDRE LES IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

### 2.1. La Méditerranée : une histoire climatique et physiographique mouvementée

La mer Méditerranée est le vestige de l'ancienne Thétys, une masse d'eau équatoriale ouverte dans sa partie est, qui séparait les supercontinents Laurasia et Gondwana issus de la fragmentation de Pangaea. Au Crétacé, après ouverture de l'océan Atlantique, Thétys reliait cet océan nouvellement formé à l'ancien océan Indopacifique. A cette époque, Thétys hébergeait une faune et flore tropicale hautement diversifiée. Au début du Miocène, il y a 10 Ma, l'isthme de Suez se forme, isolant ainsi la Méditerranée de l'Indopacifique. Vers la fin du Miocène, la communication avec l'Atlantique se ferme aussi et la Méditerranée devient alors une mer quasi isolée. Ces crises, dites messiniennes, se sont succédées pendant 0,5 à 1 Ma asséchant quasiment à chaque fois la Méditerranée. Le biote d'origine indopacifique s'est alors presque éteint, seules quelques formes ont survécu. Lorsque la communication avec l'Atlantique s'est rétablie après ouverture du détroit du Gibraltar, les eaux atlantiques ont envahi tout le bassin méditerranéen, et un nouveau biote méditerranéen, ancêtre de l'actuelle, s'est établie. L'alternation des périodes glaciaires (froides) avec des périodes interglaciaires (chaudes) durant tout le Quaternaire a abouti à des vagues de migration de formes de vie boréales ou subtropicales respectivement. Toutefois, les parties les plus orientales de la Méditerranée sont restées sous-colonisées par des espèces en provenance de l'Atlantique, non parce que celles-ci ne pouvaient pas atteindre ces régions mais probablement parce qu'elles n'y trouvaient pas des conditions favorables pour leur installation dans ces zones relativement plus chaudes.

Figure 1 : La Méditerranée occidentale il y a 18 000 ans



Source : France 2 Malaterre d'après J. Guiot, R. Cheddadi, C. R. Geoscience 336 (2004).

Les travaux de paléoclimatologie réalisés en Méditerranée, qui fournissent des résultats d'une bonne fiabilité sur les 18 000 ans passés, décrivent les changements climatiques sur cette période.

Il y a 18 000 ans, en pleine période glaciaire, la température moyenne de l'eau de la Méditerranée occidentale était inférieure de 7 °C aux températures actuelles et celle de la Méditerranée orientale de 1 à 2 °C. Sur terre, les températures étaient de 5 à 10° C inférieures aux moyennes actuelles et des précipitations inférieures de moitié. Durant cette période, le climat a été très variable, marqué par une alternance de phases froides et tempérées avec des écarts de température de l'ordre de 10 °C d'une phase à l'autre.

L'analyse période par période atteste d'épisodes climatiques significativement importants : le milieu de l'Holocène avec des températures hivernales sensiblement plus élevées (+1°C à +3°C) et des précipitations élevées, l'optimum médiéval (10<sup>ème</sup> au 13<sup>ème</sup> siècle) chaud, le petit âge glaciaire du 14<sup>ème</sup> au début du 19<sup>ème</sup> siècle qui a vu une chute des températures moyennes d'environ 1°C et enfin la période contemporaine durant laquelle les températures ont augmenté en moyenne de 2°C notamment du fait de la contribution de l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009).

## 2.2. Une grande influence continentale

La région méditerranéenne est bordée par 21 États riverains aux caractéristiques géo-politiques, démographiques et socio-économiques différentes.

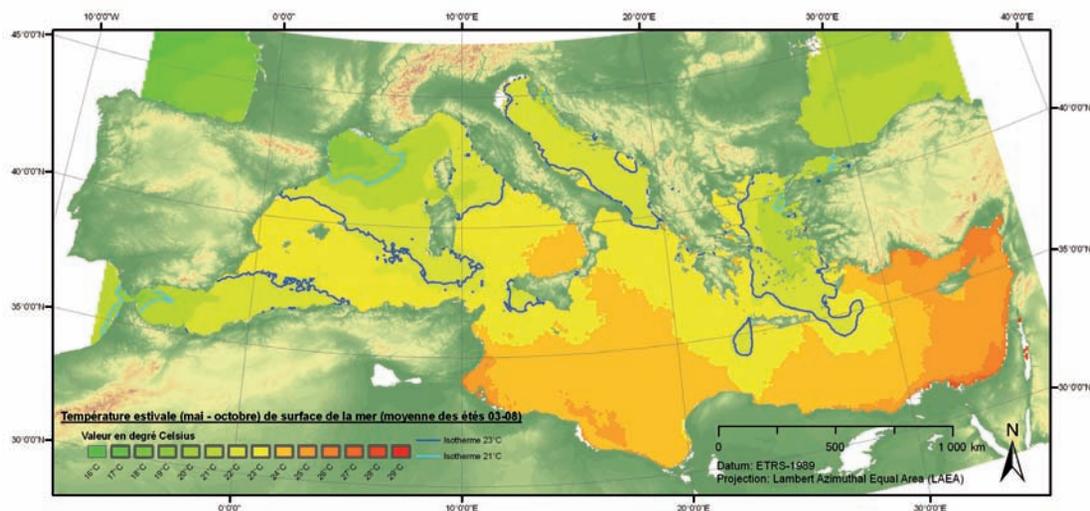
La mer Méditerranée a une superficie de 2,51 millions de km<sup>2</sup> et un linéaire côtier de 46 000 km sans compter les 19 000 km de côtes des îles.

Du point de vue hydrologique, la mer Méditerranée se divise en deux bassins profonds, celui de l'Ouest et celui de l'Est, séparés par le seuil siculo-tunisien, avec un déficit hydrique compensé par des flux importants venant de l'Atlantique et de mer Noire. Le canal de Suez la relie à la mer Rouge. La Méditerranée est composée d'un certain nombre de sous-systèmes : Ligure, mer Tyrrhénienne, mer Ionienne, Adriatique, Egée, du Levant, et les grandes zones marines du Sud - hydrologiquement elle compte un total de 11 sous-bassins. L'influence continentale s'exerce principalement à travers les grands fleuves - Rhône, Ebre, Pô, Nil - et les cours d'eau.

Les zones côtières sont également diversifiées, avec des sous-systèmes spécifiques comme l'Adriatique, mer semi-fermée bordée par les Apennins et les Dinarides, l'Arc Alpin au nord de la Méditerranée, les reliefs côtiers dépendant de l'Atlas au Maghreb, et les bandes côtières plates s'étendant de la Libye à l'Égypte soumises à l'influence immédiate du Sahara, le système insulaire Egéen, les littoraux méditerranéens du Moyen-Orient, etc...

Le climat de la région est de type « méditerranéen », sous-tropical et tempéré, avec des différences significatives entre les côtes nord et sud, des micro-climats, et de grandes différences dans les précipitations et les caractéristiques et les conséquences qui en résultent. Ces influences s'exercent sur les masses d'eau, un gradient croissant de températures est perceptible du nord au sud et d'ouest en est, marqué par les apports atlantiques.

Figure 2: Température estivale (mai - octobre) de surface de la mer (moyenne des étés 03-08)  
(© RAC/SPA, par Requena Moreno, S., 2009)



## 2.3. Un intérêt biologique exceptionnel

La Méditerranée est composée de sous-systèmes particuliers : les mers, les îles, les zones humides et les lagunes dont de nombreux sites Ramsar, les deltas, les dunes, la forêt, le maquis et la garrigue, les falaises, etc. L'écosystème régional se caractérise par des ressources limitées ne supportant pas la surexploitation. Ici, il faut garder à l'esprit que, en 2001 un déficit écologique a été enregistré dans tous les pays riverains - le capital environnemental est dépensé plus vite qu'il ne se renouvelle.

En Méditerranée, les inventaires font état de 10 000 – 12 000 espèces, ce qui équivaut à 4-18% (en fonction des groupes taxonomiques) des espèces marines connues dans le monde, et ce, sur respectivement 0,82% et 0,32% de la surface et du volume de l'océan mondial, elle constitue l'un des 25 pôles de biodiversité reconnus à l'échelle planétaire. C'est aussi le cas pour le domaine continental du bassin méditerranéen qui, tout en ne représentant que 1,6% de la surface des continents, englobe 10% de la biodiversité mondiale.

L'endémisme est plus important en Méditerranée qu'en Atlantique. Sur le plan biogéographique, le biote méditerranéen comporte, en effet, 55 à 77% d'espèces atlantiques, 3 à 10% d'espèces pantropicales, 5% d'espèces lessespiennes et entre 20 et 30% d'espèces endémiques.

Cette forte diversité biologique est à mettre en relation avec les caractéristiques géomorphologiques et hydrographiques particulières du bassin méditerranéen, son histoire géologique et sa position d'interface entre les biomes tempérés et tropicaux, qui lui permettent d'accueillir à la fois des espèces à affinités froides et chaudes.



*Figure 3 : La Méditerranée, un intérêt biologique exceptionnel*



**Tableau 1 : Taux d'endémisme en milieu terrestre**

Groupe	Nombre d'espèces en Méditerranée	Nombres d'espèces endémiques	% d'espèces endémiques
Plantes vasculaires	25000	12500	50
Poissons d'eau douce	300	132	44
Reptiles	165	113	68,5
Amphibiens	63	37	58,7
Mammifères	197	50	25,5
Oiseaux	343	58	17
Insectes	150000	?	?

Les rivages de la Méditerranée recèlent des paysages uniques et d'une grande diversité : la forêt méditerranéenne, le maquis et la garrigue, les oasis littorales, les dunes, les plages sableuses, les falaises... qui présentent un cortège impressionnant d'espèces animales et végétales particulières.

**Tableau 2 : Taux d'endémisme (nombre et pourcentage) pour quelques groupes taxonomiques en Méditerranée (cf. Boudouresque, 2004 pour sources).**

Phylum	Nombre d'espèces en Méditerranée	Nombres d'espèces endémiques	% d'espèces endémiques
Echinodermes	134	32	24
Priapulides	1	0	0
Polychètes Errants	371	88	24
Echiuriens	6	1	17
Siponcles	20	4	20
Brachiopodes	15	2	13
Mollusques	401	65	16
Crustacés Décapodes	286	52	18
Pogonophores	1	1	100
Phoronida	4	0	0
Hemichordates	5	2	40
Poissons	638	117	18
<b>Total</b>	<b>1 882</b>	<b>364</b>	<b>19</b>

### 3. MENACES SUR LE MILIEU PHYSIQUE

#### 3.1. Un climat perturbé

Le changement climatique et ses effets sur le domaine marin et littoral sont désormais perceptibles. Les rives de la Méditerranée sont classées comme points chauds par le dernier rapport du GIEC. Les modèles associés au scénario A1B prédisent une hausse moyenne des températures annuelles qui pourrait atteindre 2,2 à 5,1°C d'ici la fin du siècle, supérieure à la moyenne attendue sur la planète. La probabilité d'un réchauffement compris entre 3 et 4°C est estimée à 50 % (GIEC, 2007).

La hausse devrait être plus importante à l'intérieur des terres que sur les côtes, en mer ou sur les îles. Elle devrait être plus marquée en été (2,7 à 6,5°C) qu'en hiver (1,7 à 4,6°C). Les vagues de chaleur seraient alors plus nombreuses, plus longues et plus intenses, avec des canicules fréquentes avec toutes les répercussions que ces événements extrêmes pourraient avoir sur la santé humaine et les risques d'incendies.

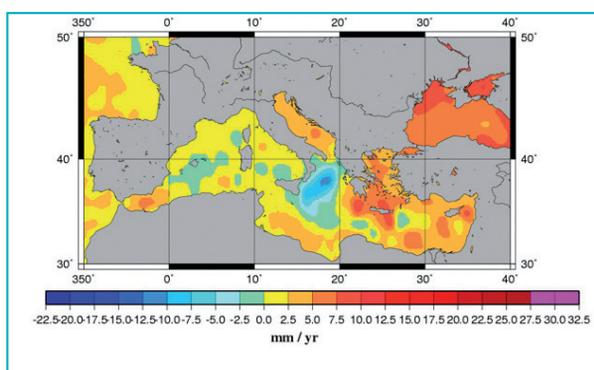


Figure 4: Comparaison des températures (en °C) et des précipitations (en %) actuelles avec celles projetées pour 2100

Source : 4ème rapport du GIEC

A l'échelle de la saison, les incertitudes sont beaucoup plus fortes, les valeurs données par les fourchettes de probabilité variant du simple au triple.

Les projections annoncent également des précipitations annuelles en baisse de 4 à 27%. Cette baisse sera plus marquée en été qu'en hiver. L'Afrique du Nord serait particulièrement touchée par cette relative sécheresse, mais elle est également constatée dans d'autres pays du bassin méditerranéen. Les sécheresses devraient également être plus fréquentes, plus intenses et plus longues. La distribution des précipitations sera modifiée avec des pluies intenses en hiver alors que les autres saisons seront plus sèches. Les pluies diluviennes seront plus fréquentes.

**Tableau 3 : Changement des températures, des précipitations et de certains extrêmes pour la Méditerranée. Les différences sont calculées entre les périodes 1980-1999 et 2080-2099 (sous scénario A1B sur la base de résultats de 21 modèles climatiques globaux).**

Saison	Nombre d'espèces en Méditerranée Nombres d'espèces endémiques		Variations des précipitations (en %)		Occurrence des extrêmes (en %)		
	Min.	Max.	Min.	Max.	Chaude	Humide	Sèche
Hiver	1.7	4.6	-16	6	93	3	12
Printemps	2.0	4.5	-24	-2	98	1	31
Été	2.7	6.5	-53	-3	100	1	42
Automne	2.3	5.2	-29	-2	100	1	21
Annuel	2.2	5.1	-27	-4	100	0	46

Source : 4ème rapport du GIEC

Pour les précipitations, les modèles convergent vers des sécheresses en nette augmentation, avec une baisse du nombre de jours de précipitations et une augmentation de la durée des épisodes les plus longs sans pluie.

Les événements extrêmes seront plus fréquents, ils se traduiront par une augmentation des inondations, tant en terme d'occurrence que d'intensité.

Concernant les vagues et les inondations dues aux tempêtes, les résultats des modèles sont préliminaires mais la diminution du nombre de dépressions et du vent devrait diminuer ces risques même si cette appréciation doit être nuancée à l'échelle locale.

Enfin, il est peu probable de voir se développer de vrais cyclones tropicaux en Méditerranée au cours du 21<sup>ème</sup> siècle. Le cisaillement du vent en altitude et la faible extension maritime devraient inhiber leur développement (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009).

### 3.2. Une hausse du niveau de la mer, lourde de conséquences

En Méditerranée, il existe un consensus autour d'un certain nombre de variables qui ont déjà, ou devraient à court terme, occasionner des effets importants sur les écosystèmes littoraux. La première d'entre elles est bien évidemment l'élévation du niveau de la mer, estimée à environ 1 mm par an (Fig. 5), (PNUE-PAM-CAR/ASP, 2008).

La hausse du niveau de la mer demeure encore difficile à prévoir au niveau régional, en particulier dans le bassin Méditerranéen. Elle pourrait atteindre 23 à 47 cm d'ici la fin du 21<sup>ème</sup> siècle selon le GIEC, d'après les projections de 2007 considérées aujourd'hui comme optimistes. 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, de l'archipel des Kerkennah en Tunisie, Alexandrie et le delta du Nil en Egypte.

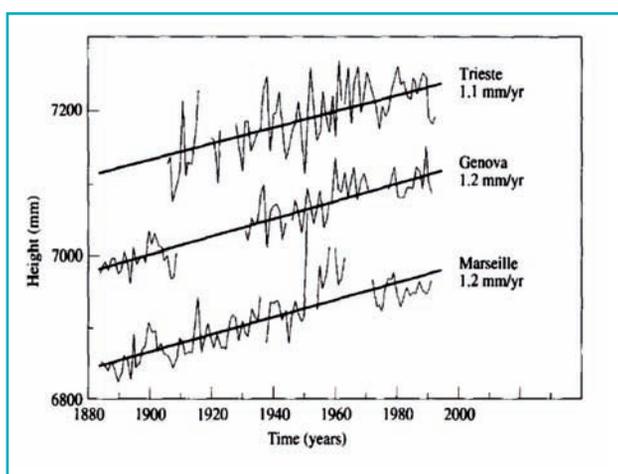


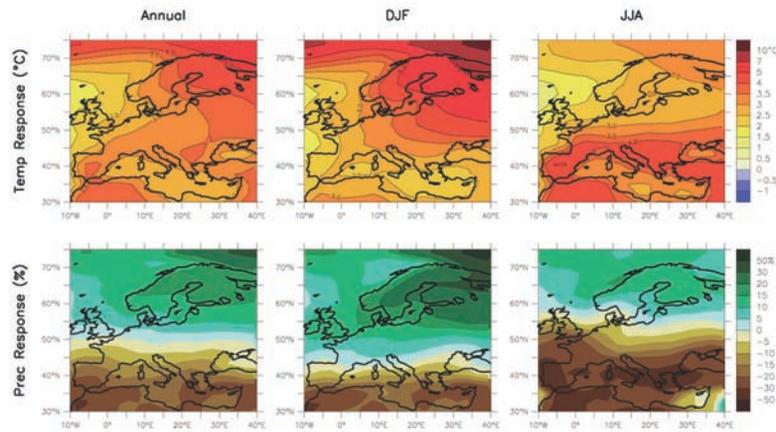
Figure 5: Trois séries de données de Méditerranée occidentale démontrant l'élévation du niveau de la mer. Données disponibles au « Service permanent pour le niveau moyen de la mer ([http://www.nbi.ac.uk/psmsl/Nicholls & Hoozcmans 1996](http://www.nbi.ac.uk/psmsl/Nicholls%20&%20Hoozcmans)). (Source: PNUE-PAM-CAR/ASP, 2008)

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.

On soulignera toutefois que cette élévation est loin d'être homogène : le suivi satellitaire opéré par le programme Topex / Poséidon sur les variations du niveau de la mer Méditerranée entre janvier 1993 et juin 2006 a pu montrer la hausse du niveau de la mer Méditerranée qui s'est surtout manifestée à l'Est du bassin.

Figure 6 : Variations du niveau de la mer observée durant les sept dernières années du projet Topex/Poseidon en mm/année

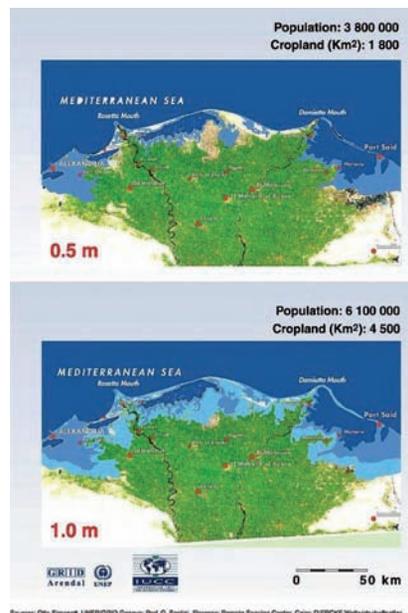


Note : Des valeurs négatives (violet au vert sombre) aux valeurs positives (du jaune au rouge sombre). La différence est-ouest est évidente, avec une tendance claire à l'augmentation du niveau de la mer.

Source : LEGOS-GRGS-CNES

Le delta du Nil constitue l'exemple par excellence des effets de l'élévation accélérée du niveau de la mer. La plaine deltaïque du Nil est l'une des zones les plus sensibles de Méditerranée quant à l'élévation du niveau de la mer. Le delta, principale zone agricole de l'Egypte et très densément peuplé : 1 600 habitants au km<sup>2</sup> en moyenne. Il est protégé de la montée des eaux par un banc de sable de 2 à 3 m de hauteur et de quelques ouvrages de défense à Alexandrie. Cette protection étant fragile, une élévation du niveau de la mer entraînerait de nombreux changements : les terres inondées de manière saisonnière se transformeraient en marécages puis en tourbières faisant ainsi migrer toute vie animale, végétale et humaine. Cette hausse devrait également se traduire par une extension et un approfondissement des lagunes. Les cordons littoraux seraient ainsi facilement tronçonnés, laissant entrer les eaux salées de la mer.

Figure 7: Impact potentiel de l'élévation du niveau de la mer au Delta du Nil

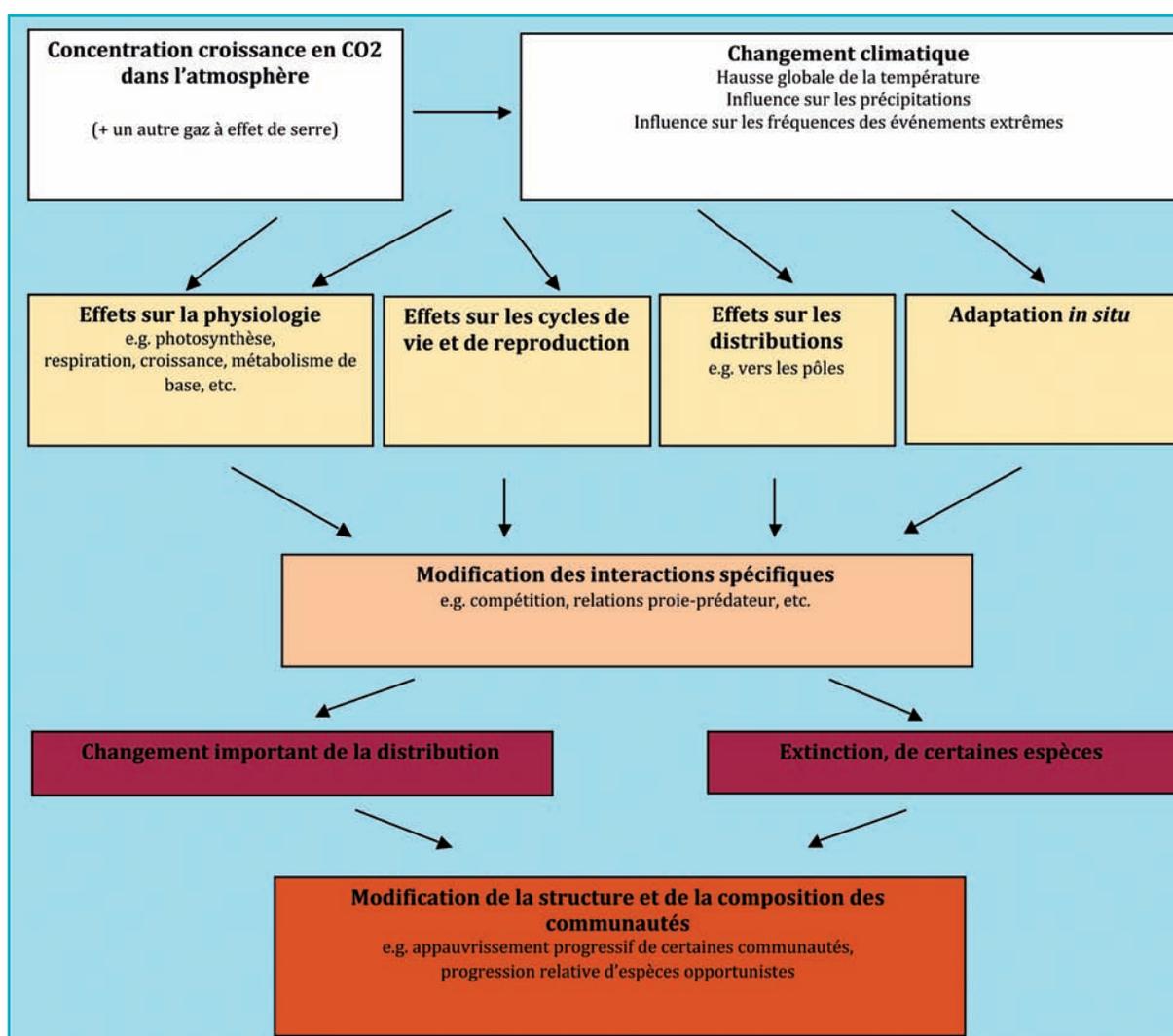


#### 4. IMPACTS SUR LA BIODIVERSITE MARINE ET COTIERE

Les changements climatiques constituent aujourd'hui une pression supplémentaire qui menace la diversité biologique (Figure 8).

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.

Figure 8 : Impact des changements climatiques sur la biodiversité (d'après Hughes (2000), TREE)



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.

#### 4.1. Menaces sur les paysages et la biodiversité côtière

Directement ou indirectement, l'élévation du niveau de la mer, le réchauffement et la modification du régime des précipitations devraient grandement modifier les écosystèmes côtiers et plus largement l'éco-sociosystème : les espèces forestières les moins tolérantes à ces changements devraient connaître des modifications de leurs aires de répartition avec un déplacement vers le nord de leurs limites latitudinales. Les ripisylves et les marais sont appelées à se réduire avec des menaces d'érosion de la biodiversité qui leur est inféodée. Les agrosystèmes sont également menacés par les événements climatiques imprévisibles dont la fréquence est appelée à augmenter et la tendance au déficit hydrique et des ressources en eau de manière plus générale.

Sur un plan plus strictement côtier, les zones humides littorales et les embouchures de cours d'eau seront également affectées par l'élévation du niveau de la mer : en fonction de leur configuration elles auront tendance soit à se restreindre soit à se replier vers l'intérieur. Les côtes meubles auront également tendance à reculer ou alors à disparaître sous l'effet de l'érosion découlant de l'élévation accélérée du niveau de la mer. Lors de cette phase transitoire d'élévation accélérée du niveau de la mer, les organismes les moins mobiles seront les plus lourdement impactés. A l'opposé les organismes mobiles, notamment les poissons et les oiseaux d'eau devraient pouvoir s'adapter. Les aspects liés à la résistance et la résilience des écosystèmes, des habitats et des espèces demeurent pour la plupart peu connus (PNUE-PAM-CAR/ASP, 2009a).

*Figure 9: Les plages de nidification des tortues caouanes sont hautement menacées par l'élévation du niveau de la mer (Photos L.M. Preau)*



Des questions se posent notamment par rapport aux effets des changements climatiques sur les populations de phoques moines par exemple, dont les grottes qui les abritent pourraient être submergées par les eaux ou alors sur le recul des plages servant de sites de ponte pour la tortue caouane.

Des questions persistent également par rapport à l'adaptation d'organismes sessiles, notamment quant au devenir de formations particulières comme les trottoirs à vermet.

*Figure 10: Quel devenir pour les formations particulières comme les trottoirs à vermet en Méditerranée ? (Photo : A. Ibrahim)*



## 4.2. Sous l'eau, à l'abri des regards, une méridionalisation avérée de l'écosystème

Certains phénomènes peuvent influencer fortement sur certains modèles biotiques et abiotiques (dispersions planctoniques et larvaires, cycles des nutriments, etc) qui affectent les écosystèmes à plusieurs niveaux écologiques.

Certains effets inattendus de la circulation thermo-haline ont changé radicalement l'hydrologie des eaux profondes en Méditerranée orientale influençant profondément la température, la salinité, la stratification et la circulation des masses d'eau. Ce même phénomène a également affecté le cycle de l'azote et du carbone, impactant négativement la vie dans les eaux profondes. Des preuves récentes démontrent la présence de signaux diffusés à l'ouest du bassin.

L'augmentation de la température de l'eau peut affecter les organismes et être à l'origine de plusieurs contraintes entraînant parfois certaines adaptations physiologiques. Dans certains cas, quand le stress dépasse le seuil de tolérance, le cycle de vie ou la répartition des espèces peuvent être modifiés. Actuellement, en Méditerranée, parmi les conséquences directes du réchauffement climatique, on peut observer une augmentation simultanée de l'abondance des espèces thermophiles méditerranéennes et allochtones et la disparition ou la raréfaction des espèces sténothermes « froides ».

La Méditerranée a toujours été divisée en trois grandes provinces biogéographiques : le bassin occidental, les bassins de l'Est et la mer Adriatique. La répartition des espèces est généralement déterminée par la latitude. Les espèces thermophiles et d'origine tropicale dominent la partie sud de la Méditerranée alors que les espèces tempérées sont plus abondantes dans la partie nord.

Récemment, de nombreuses espèces thermophiles ont largement étendu leur aire de répartition et sont de plus en plus abondantes notamment dans la partie nord-ouest du bassin. Un des premiers signes de cette tendance repose sur le crénilabre paon (*Thalassoma pavo*). Jusqu'aux années 1980, cette espèce était très fréquente dans le sud et l'est de la Méditerranée et rare dans la partie nord-ouest du bassin. Des adultes de *T. pavo* ont été enregistrés pour la première fois à Scandola (Corse, France) en 1988, alors que des juvéniles ont été observés en 1991. Actuellement, il existe des preuves que l'aire de répartition de *T. pavo* a augmenté d'environ 1 000 km (PNUE-PAM-CAR/ASP, 2009b).

La présence d'*Astroides calycularis*, une espèce très thermophile assez commune en Méditerranée orientale, au nord ouest de la Méditerranée semble être liée à l'élévation de la température de la mer (PNUE-PAM-CAR/ASP, 2008).

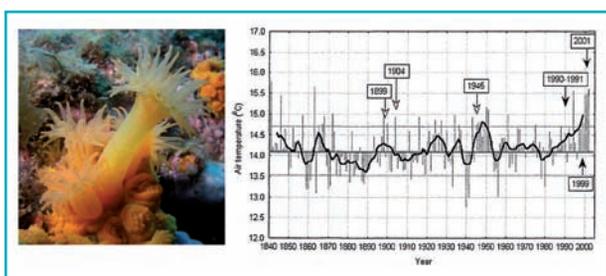
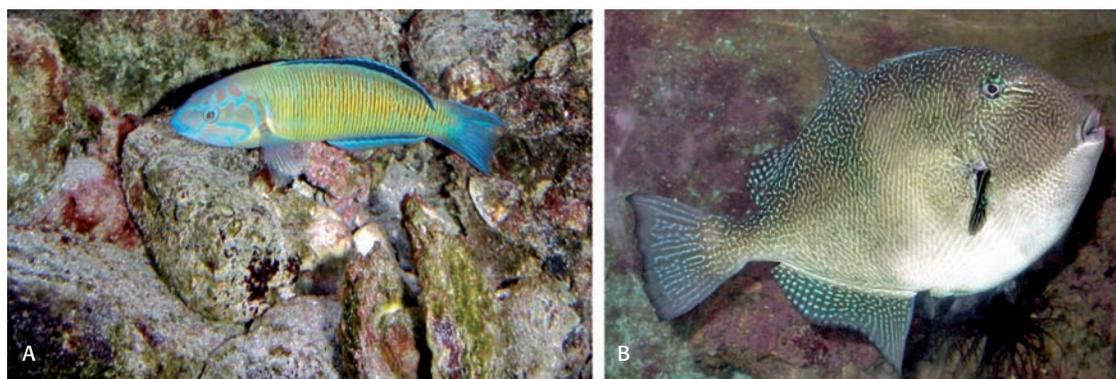


Figure 11 : Le corail orange *Astroides calycularis* essentiellement distribué dans le Sud du bassin occidental de Méditerranée et connu pour être une espèce thermophile. Sur une courbe représentant les moyennes annuelles de la température aérienne de la région Adriatique (Trieste) sont pointées les différentes signalisations du corail (Grubelic et al. 2004). Photo : T. Pérez. (Source : PNUE-PAM-CAR/ASP, 2008)

D'autres observations démontrant une tendance à la méridionalisation ont également été signalées en Mer Adriatique (Lipej et Dobrajc, 2008)

Figure 12: Une tendance à la méridionalisation a également été signalée en mer Adriatique. A) le crénilabre paon *Thalassoma pavo* ; B) le baliste *Balistes carolinensis*. Photos : B. Mavric.



La tendance au réchauffement actuel peut aussi favoriser la propagation de plusieurs prédateurs tels que les barracudas *Sphyraena spp.* et la dorade coryphène *Coryphaena hippurus*.

La hausse de température peut influencer le comportement des grands poissons pélagiques, comme le thon rouge *Thunnus thynnus* et la sériole *Seriola dumerilii*. Ces grands migrateurs semblent actuellement rester plus longtemps dans le bassin ouest, avec des conséquences non négligeables sur leurs stocks et sur le réseau trophique.

En raison de la tendance au réchauffement, une homogénéisation du biote méditerranéen est prévisible, perturbant les entités biogéographiques présentes : schématiquement, la partie sud de la Méditerranée sera de plus en plus occupée par des espèces exotiques tropicales, le Nord sera envahi par des espèces indigènes d'eau chaude. Les espèces sténothermes d'eau froide se cantonneront au nord du bassin. Elles auront tendance à se raréfier, avec de probables possibilités d'extinction si la tendance au réchauffement se poursuit. Par exemple, le sprat *Sprattus sprattus*, qui abondait dans le golfe du Lion, est devenu très rare, quoiqu'il ne fût pas particulièrement recherché par les pêcheurs professionnels.

Certains biotopes confinés sont également le théâtre de substitution d'espèces. Les communautés de grottes sous-marines, avec leurs espèces endémiques et spécialisées, sont particulièrement menacées, car elles sont naturellement fragmentées et plus sensibles aux perturbations. Dans la région de Marseille, le crustacé mysidacé *Hemimysis speluncola* a longtemps été l'espèce dominante, voire unique, dans les grottes obscures où elle formait de gigantesques essaims jusqu'à la fin des années 1990. Le suivi précis des populations de mysidacés a permis d'observer la rapide disparition de cette espèce d'affinité froide à l'occasion de grandes anomalies estivales et l'installation dans la niche écologique rendue vacante d'*Hemimysis margalefi* décrite aux Baléares et à Malte.

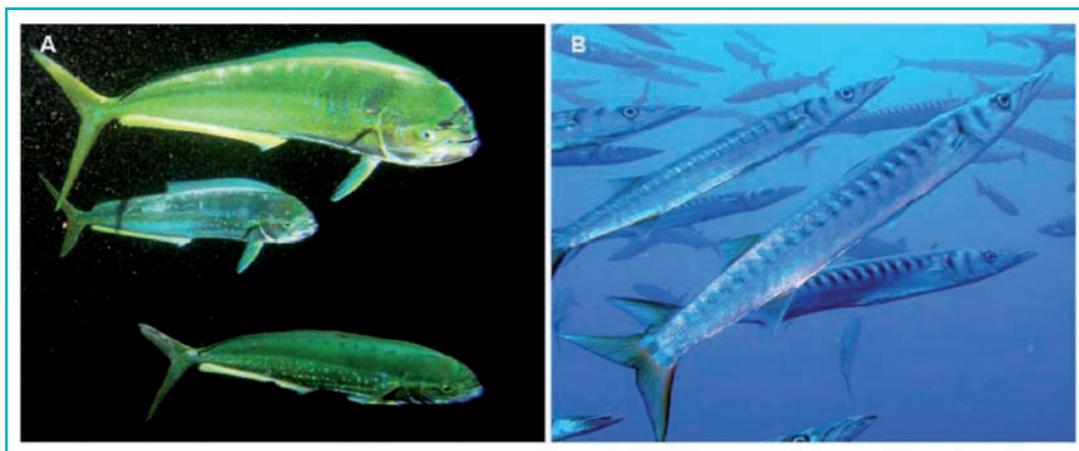
Figure 13 : Des espèces indicatrices de la méridionalisation de la Méditerranée Nord Occidentale ! A) le crénilabre paon *Thalassoma pavo* ; B) le baliste *Balistes carolinensis*; C) l'oursin diadème *Centrostephanus longispinus*; D) le mérrou brun *Epinephelus marginatus*. Photos (A) R. Graille, (B) J.G. Harmelin, et (C, D) T. Pérez (Source : PNUE-PAM-CAR/ASP, 2008)



Sur la base d'un scénario de changement climatique modéré, l'hypothèse d'une extinction de 15 à 37% des espèces occupant le nord-ouest de la Méditerranée d'ici à 2050 est prévisible.

Pour le moment il ne semble pas possible de prévoir l'ampleur de la prolifération des espèces thermophiles. La Méditerranée traverserait actuellement un processus de méridionalisation.

Figure 14 : Poissons d'origine méridionale (voire même tropicale) ayant fait leur apparition sur les étals des poissonniers de Méditerranée Nord-Occidentale ; A) *Coryphaena hippurus* ; B) *Sphyraena viridensis*. Photos T. Pérez. (Source : PNUE-PAM-CAR/ASP, 2008)



#### 4.3. Les changements climatiques amplifient les invasions biologiques

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. La plus grande proportion d'invasions résulte de l'ouverture du Canal de Suez en 1869, qui a permis l'entrée en Méditerranée d'espèces de Mer Rouge et de l'Indo-Pacifique. C'est ainsi que les macrophytes, les invertébrés et les poissons exotiques sont aujourd'hui communs dans les habitats de Méditerranée Orientale. Même si le réchauffement climatique ne semble pas être le facteur le plus déterminant concernant l'augmentation des cas d'introduction en Méditerranée, il est fort probable que la progression et l'extension des espèces lessepsiennes comme celles provenant de l'Atlantique sub-tropical soient favorisées par l'élévation de température des eaux marines.

De nombreux exemples témoignent de ce phénomène (PNUE-PAM-CAR/ASP, 2008):

Le crabe lessepsien *Eucrete crenata* qui poursuit son extension vers le Nord et vers l'Ouest, et *Percnon gibbesi* un autre crabe provenant de l'océan Atlantique, dont les larves probablement entrées dans la Méditerranée transportées par les courants de l'Atlantique, a été enregistré dans les eaux méditerranéennes dès 1999. Actuellement, la distribution de *P. gibbesi* se limite au nord au niveau de la mer Tyrrhénienne. En Méditerranée Centrale, on le rencontre sur l'île de Ponza en Italie, au sud sur les côtes libyennes et à l'Est en mer Égée et en mer Ionienne.

Comme en témoigne la soudaine croissance des populations de poissons lézards *Saurida undosquamis*, et du rouget indo-pacifique *Upeneus moluccensis* suite à une élévation de température de 1 à 1,5°C durant les mois d'hiver de 1955, la hausse de la température de l'eau a un effet positif sur les espèces exotiques thermophiles.

Un autre exemple clair de dissémination vers l'Ouest d'espèces lessepsiennes est celui du poisson lapin *Siganus luridus* qui a récemment atteint le golfe du Lion.

Ces hypothèses liant étroitement le réchauffement climatique à l'amplification des invasions est confirmée par des proliférations d'espèces exotiques de phytoplancton : il s'agit de deux espèces thermophiles originaires de l'Océan Indien, *Asterodinium gracile* et *A. libanum* signalées pour la première fois en Mer Ligure et en Mer Tyrrhénienne au moment de l'anomalie thermique de 1999, et que les auteurs proposent même comme bioindicateurs du réchauffement de la Méditerranée Nord Occidentale.

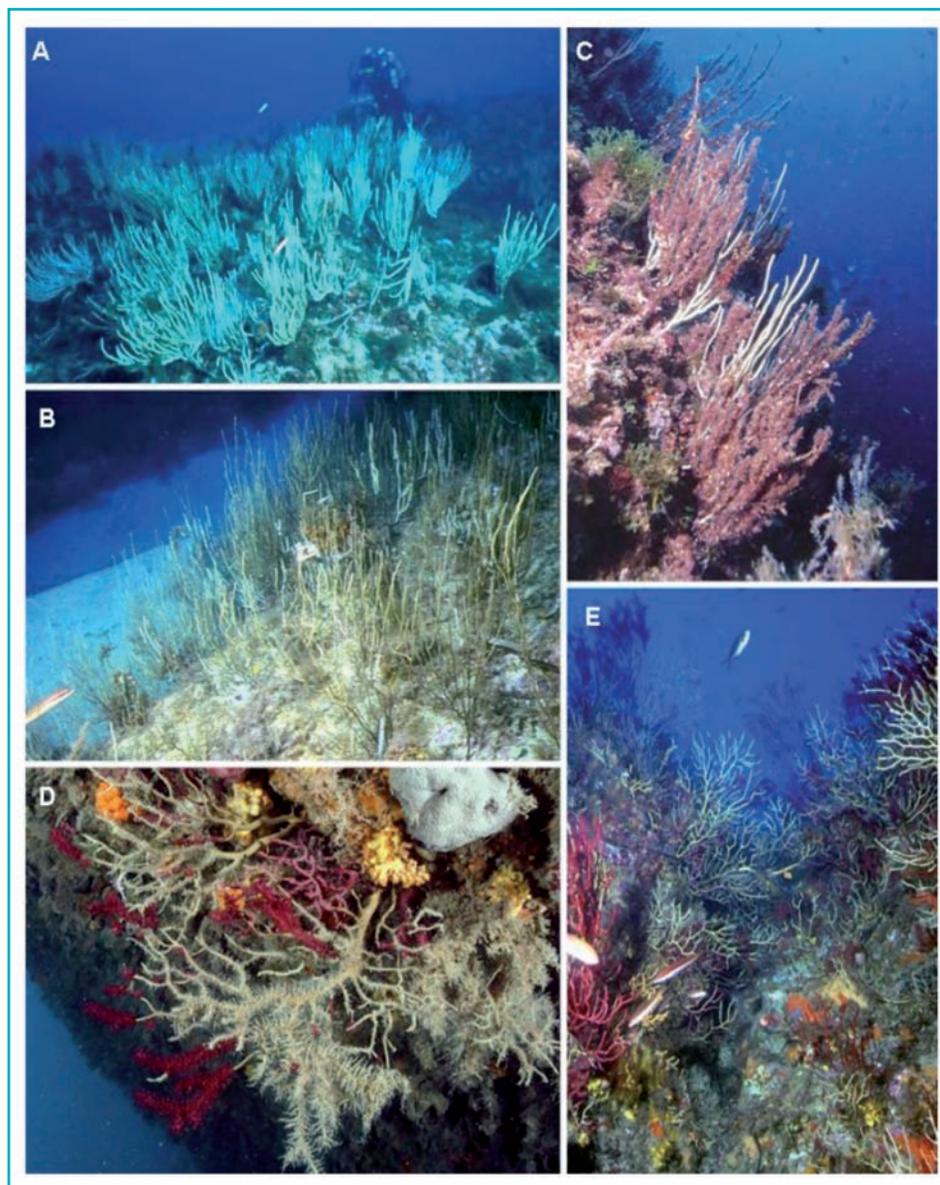
#### 4.4. Proliférations de pathogènes et maladies mettent en danger l'homme et la biodiversité

L'expansion des espèces marines tropicales et subtropicales concerne également des dinofytes toxiques. Certaines espèces comme la *Gambierdiscus toxicus* (le principal agent de la ciguatera) peuvent avoir des conséquences graves sur la santé humaine. *Ostreopsis ovata* cause irritations, toux, fièvre et des problèmes respiratoires.

*Gymnodinium catenatum*, jusqu'alors confinée en Mer d'Alboran, a été observée pour la première fois en Algérie. Elle a fini par atteindre les côtes italiennes. Cette espèce habituée aux eaux eutrophes, mais bénéficiant de grandes capacités d'adaptation trophique, est apparue dominante en sub-surface dans certains secteurs à faible salinité. Son extension géographique est problématique à cause de sa toxicité, mais également du fait des perturbations qu'elle occasionne à la structure des chaînes trophiques pélagiques méditerranéennes. Il existe probablement un lien entre les changements climatiques et la prolifération de cette espèce. En règle générale, les espèces réagissent au stress environnemental à travers des adaptations physiologiques, biochimiques et moléculaires. Quand le seuil de tolérance des organismes est dépassé, il peut entraîner des maladies et même des événements de mortalité massive favorisant leur substitution par d'autres espèces plus résistantes. La fréquence des épidémies et des cas de mortalité de masse a nettement augmenté au cours des deux dernières décennies.

Parmi les organismes marins, les éponges et les coraux (dont beaucoup sont des espèces méditerranéennes endémiques sténothermes) semblent être les taxons les plus sensibles.

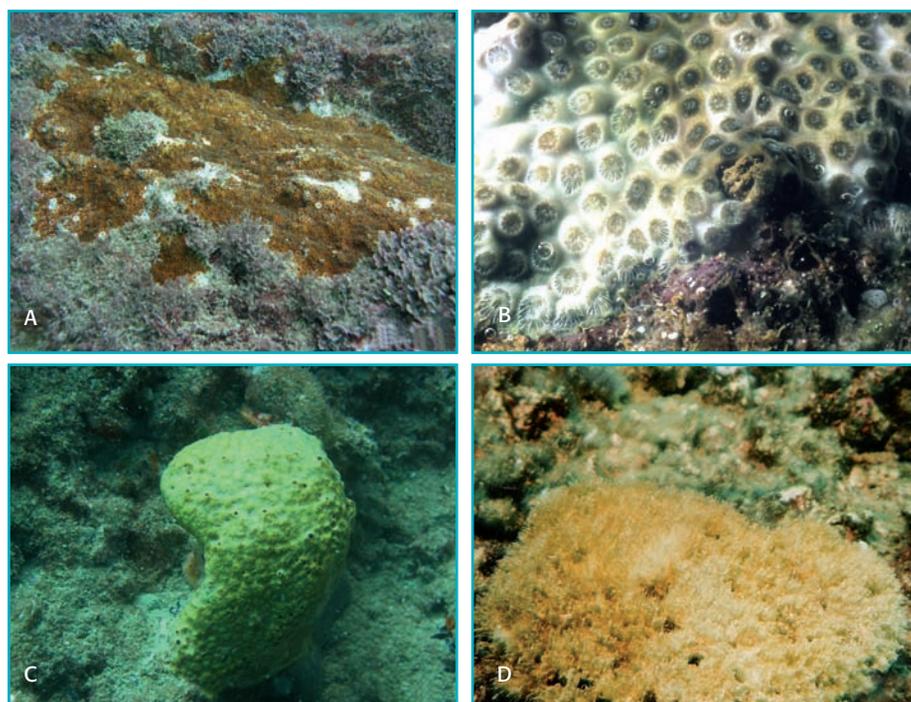
Figure 15 : Impact des mortalités massives de gorgonaires sur les paysages. A) Peuplement d'*Eunicella singularis* avant (A) et tout de suite après (B) la mortalité massive de 1999. Plusieurs mois après, les squelettes dénudés des gorgones sont colonisés par des espèces opportunistes d'algues, hydrozoaires et bryozoaires (C). La communauté du coralligène peut être dominée par la grande gorgone *Paramuricea clavata*. Impact des mortalités sur la physionomie de cette communauté en paroi (D) ou en plateau (E). Photos A, B, C, E : J.G. Harmelin; D: R. Graille. (Source : PNUE-PAM-CAR/ASP, 2008)



Près de 40 phénomènes de mortalités massives sur un vaste territoire situé entre la mer Tyrrhénienne et le golfe du Lion ont été rapportées, probablement liées à des températures exceptionnelles, au cours des étés 1999 et 2003. Une souche pathogène de *Vibrio* originaire des mers chaudes a été identifiée. Elle a affecté la gorgone *Paramuricea clavata* en mer Tyrrhénienne et les étoiles de mer *Astropecten jonstoni* le long de la côte sarde.

Les invasions biologiques peuvent amplifier les effets du réchauffement et constituer un facteur de stress supplémentaire pour les espèces déjà affaiblies par les fluctuations climatiques (Bitar, 2008).

Figure 16: Etat de stress : blanchissement d'*Oculina patagonica* au Liban. A) colonie normale d'*Oculina patagonica*; B) Colonie blanchie d'*Oculina patagonica*; C) *Ircinia* en bon état; D) *Ircinia* altérée. (Source : PNUE-PAM-CAR/ASP, 2008)



#### 4.5. L'acidification de l'eau, autre facteur de maladies et de mortalités

Les teneurs en gaz carbonique augmentent dans l'atmosphère qui est absorbé par les océans entraînant une diminution du pH. Bien que le processus soit bien connu, les effets potentiels de l'acidification des océans sur les écosystèmes marins méditerranéens sont insuffisamment évalués. On soulignera toutefois les effets de l'acidification sur certains organismes comme les coccolithophoridés ainsi que sur plusieurs espèces calcaires.

L'acidification de l'eau peut influencer sur de nombreux écosystèmes benthiques importants tels que les assemblages coralligènes, les récifs de vermetes et les prairies à *Posidonia oceanica*. Pour cette dernière espèce, l'augmentation du CO<sub>2</sub> induit des densités plus élevées mais réduit la couverture épiphytique. Les plantes vivant à faible pH voient leur « bouclier » d'épiphytes calcaires amoindri et deviennent plus vulnérables aux brouteurs.

#### 4.6. Les clés de l'adaptation des espèces : résilience et résistance

Si les connaissances concernant les mortalités et les introductions des espèces sont couramment étudiées, les connaissances sur leur capacité de récupération sont très récentes. Chez les espèces sessiles, les espèces longévives, à dynamique relativement lente (taux de croissance faible, effort de reproduction limité) seraient les plus affectées. Ces données sont essentielles pour évaluer la résilience des peuplements face aux fortes perturbations, et donc indispensables pour la mise en place de mesures de gestion et de conservation de la biodiversité, en vue de préserver les écosystèmes sensibles au réchauffement climatique.

A titre d'exemple, chez les spongiaires, *Spongia officinalis* a démontré sa capacité de récupération après des crises, notamment climatiques, alors que des espèces comme *Spongia agaricina* et *Hippospongia communis*

semblent plus vulnérables. Ceci n'est pas surprenant dans la mesure où cette espèce semble se reproduire tout au long de l'année, avec deux pics de reproduction par an, et un effort de reproduction pouvant atteindre 20 % de la biomasse des éponges mères.

La gorgone *Paramuricea clavata* est un autre exemple d'espèce très sensible au réchauffement. Si la vulnérabilité de cette espèce est avérée, il n'en demeure pas moins que quelques exemples viennent parfois mitiger ce constat.

La perception des effets à moyen terme de ces mortalités est très variable, du constat très pessimiste qui envisage une extinction de cette espèce au cours des trente prochaines années à une apparente récupération des conditions initiales à la faveur d'un recrutement important dans d'autres populations.

D'une manière générale, des informations majeures manquent encore avant que l'on puisse évaluer précisément la résilience des populations d'invertébrés affectées par les événements climatiques extrêmes : (i) une bonne connaissance des cycles de vie, des efforts reproducteurs, des succès de reproduction et de recrutement des larves, la contribution de la reproduction asexuée et de la régénération dans le maintien des populations ; (ii) une bonne caractérisation de la structuration génétique des populations permettant d'évaluer les flux de gènes entre elles et les capacités de dispersion des propagules ; (iii) des outils permettant d'apprécier les possibilités d'adaptation au stress généré par le changement global en Méditerranée, qu'il s'agisse d'ajustements physiologiques (plasticité phénotypique) ou de processus micro évolutifs. Ces différentes questions sont actuellement au coeur de différents programmes de recherche.

D'une manière générale, des informations majeures manquent encore avant que l'on puisse évaluer précisément la résilience des populations d'invertébrés affectées par les événements climatiques extrêmes : (i) une bonne connaissance des cycles de vie, des efforts reproducteurs, des succès de reproduction et de recrutement des larves, la contribution de la reproduction asexuée et de la régénération dans le maintien des populations ; (ii) une bonne caractérisation de la structuration génétique des populations permettant d'évaluer les flux de gènes entre elles et les capacités de dispersion des propagules ; (iii) des outils permettant d'apprécier les possibilités d'adaptation au stress généré par le changement global en Méditerranée, qu'il s'agisse d'ajustements physiologiques (plasticité phénotypique) ou de processus micro évolutifs. Ces différentes questions sont actuellement au coeur de différents programmes de recherche.

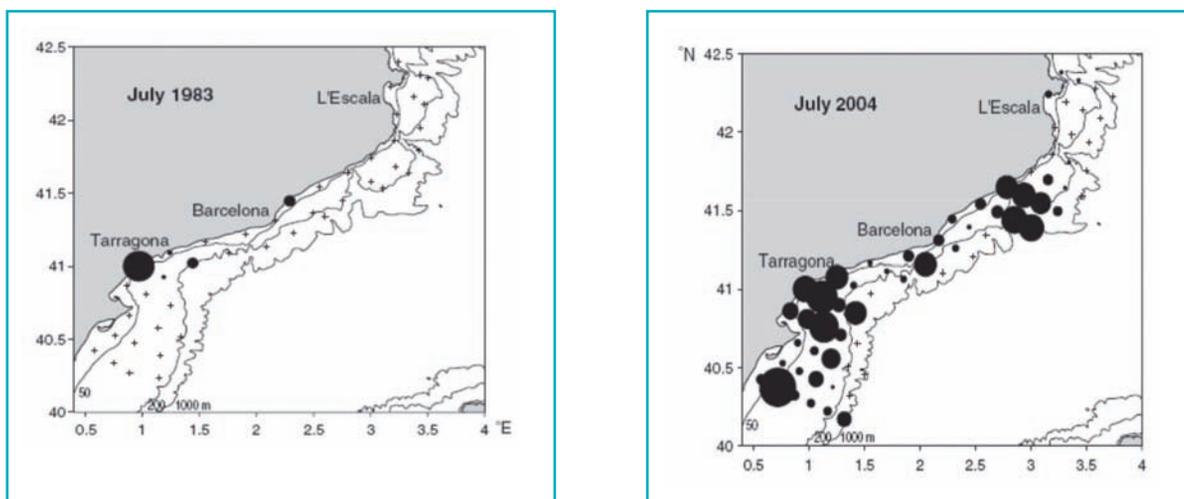
## 5. LE CHANGEMENT CLIMATIQUE AFFECTERA-T-IL LES RENDEMENTS HALIEUTIQUES ?

Il est très probable que les effets régionaux des changements climatiques contribueront à la perturbation des activités halieutiques en Méditerranée où les espèces pélagiques, démersales et benthiques sont lourdement affectées par les flottilles artisanales, semi-industrielles et industrielles.

Le rôle des variations hydro-climatiques dans la régulation de l'abondance des populations de poissons est aujourd'hui admis. Ainsi, la structure et la dynamique du peuplement de poissons du plateau continental en Méditerranée devra répondre à la fois aux effets de la pêche et du réchauffement, avec des conséquences significatives pour les pêcheries. 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. Une illustration de ces conséquences est donnée par les modifications des zones de reproduction entre 1983 et 2004, au large de la Catalogne d'une espèce de sardine (*Sardinella aurita*) habituée des mers chaudes (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009).

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 espèces très prisées telles que le thon rouge et la sériole.

Figure 17: Zones de reproduction de *Sardinella aurita* en Catalogne en 1983 et en 2004



(Source : Sabatés, Martín, Lloret, Raya 2006 Sea warming and fish distribution: the case of the small pelagic fish, *Sardinella aurita*, in the western Mediterranean. *Global Change Biology* 12, 2209–2219)

Enfin, la salubrité d'un certain nombre de fermes aquacoles pourrait se trouver affectée par le développement excessif du phytoplancton. La pêche basée sur les routes de migrations comme les madragues deviendront moins rentables. Le loup qui a besoin pour ses pontes de conditions de température et de photopériode très précises ne pourra peut-être plus produire des pontes performantes et la gestion des élevages sera modifiée (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009).

## 6. ELEMENTS INSTITUTIONNELS ET JURIDIQUES

En Méditerranée, tous les pays ont ratifié la Convention sur la diversité biologique (CDB), la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et le Protocole de Kyoto.

Bien que la Méditerranée représente une faible part des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES) et que seul un faible nombre de pays méditerranéens ont des obligations en termes de réduction ou de stabilisation des GES, l'essentiel des efforts a été dédié à l'évaluation et à l'atténuation des émissions de GES. Des efforts ont été dédiés dans une moindre mesure aux effets des changements climatiques sur les enjeux socio-économiques principalement liés à l'agriculture et à l'eau, un peu moins aux conséquences de l'élévation accélérée du niveau de la mer et enfin presque rien aux effets des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière, le peu qui existe en est encore au stade de l'intention ou des déclarations.

Le cadre institutionnel au sens large qui se rapporte à l'enjeu des effets des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière est le Plan d'Action pour la Méditerranée (PAM), avec principalement le Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR-ASP) comme agence d'exécution. Le cadre légal est porté par la Convention pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution (Convention de Barcelone) et ses protocoles appropriés à ce cadre : le Protocole relatif aux Aires Spécialement Protégées et à la Diversité Biologique (ASP/DB) entré en vigueur depuis 1999, et le Protocole relatif à la Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) nouvellement adopté. On citera, toujours dans le contexte du PAM, la déclaration d'Almería, adoptée en 2008 lors de la 15ème Réunion ordinaire des Parties contractantes à la Convention de Barcelone, qui inclut d'importantes décisions au sujet des impacts de changement climatique sur la biodiversité méditerranéenne.

A titre d'exemple, le Protocole GIZC nouvellement adopté témoigne dès son préambule, de l'inquiétude des États méditerranéens quant aux risques inhérents qui pèsent sur les zones côtières et recommande l'adoption des mesures de prévention, d'atténuation et d'adaptation pour faire face aux effets des changements climatiques. Ces mesures doivent notamment permettre le maintien et la restauration de la capacité naturelle de la côte à s'adapter aux changements, y compris ceux provoqués par l'élévation du niveau de la mer.

Le Programme d'Action Stratégique pour la Conservation de la Diversité Biologique dans la région Méditerranéenne (PAS BIO) est un plan d'action stratégique pour la protection de la biodiversité dans les régions côtières et marines méditerranéennes. Ce plan d'action, adopté par les Parties Contractantes à la Convention de Barcelone en 2003, avait considéré les impacts des changements climatiques sur la diversité biologique comme activités prioritaires.

### Encadré 2: Déclaration d'Almería, 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...

## 6.1. Une diversité d'acteurs

En Méditerranée, trois grands groupes d'acteurs sont impliqués dans l'action face au changement climatique et son interaction avec la biodiversité marine et côtière :

- 1) les scientifiques impliquant (i) les spécialistes des impacts du changement climatique qui cherchent à définir des indicateurs permettant de caractériser la vulnérabilité et les impacts des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière, (ii) les économistes qui visent à approcher les conséquences de cette vulnérabilité accrue sur l'activité économique et (iii) les météorologues qui ont pour objectif de construire des modèles de prévision,
- 2) les décideurs politiques qui ont des objectifs à atteindre en termes de stratégies d'adaptation et d'atténuation possibles,
- 3) le secteur privé, soucieux de préserver sa compétitivité dans un environnement physique changeant.

Les décideurs politiques au sens le plus large du terme comprennent à la fois les Points Focaux de la Convention Climat dans chaque pays (tous les pays méditerranéens sont signataires), ceux du PAM, et du CAR/ASP, notamment pour les aspects liés à la biodiversité marine et côtière.

Dans chaque pays, autour de ce « noyau dur » de décideurs, ce dossier est généralement porté par le Ministère en charge de l'Environnement. En Turquie, Bosnie-Herzégovine et en France, des autorités interministérielles spécifiques ont vu le jour qui coordonnent les efforts réalisés dans chaque secteur, suivent l'évolution des négociations internationales et définissent des stratégies d'atténuation et d'adaptation. La plupart des pays n'ont pas d'outils spécifiques pour suivre les progrès en matière de prévention ou d'adaptation au changement climatique, en particulier en ce qui concerne la biodiversité marine et côtière. Une forte demande en termes d'indicateurs d'impact et d'élaboration de stratégies d'adaptation est exprimée par les décideurs méditerranéens. De même, le souhait d'une meilleure coopération régionale fait l'objet d'un large consensus.

Toutefois, certains pays comme la Grèce ont pris les devants et commencent à mettre en place un système de suivi et d'évaluation de l'impact du changement climatique sur la biodiversité (encadré 3).

### Encadré 3 : Exemple de bonnes pratiques en matière de suivi du changement climatique - le cas de la Grèce

La Grèce a mis au point des moyens efficaces pour observer le changement climatique et ses répercussions sur la biodiversité marine, ainsi que pour formuler des recommandations ou même proposer des solutions. On constate une hausse constante du nombre des publications scientifiques issues de la recherche nationale en matière de changement climatique. La recherche scientifique actuelle, nationale ou internationale, est de haut niveau, précisément lorsqu'elle traite du changement climatique (notamment dans le domaine de l'observation maritime ou des prévisions) et des transformations de la biodiversité marine susceptibles d'être directement ou indirectement dues à cette évolution du climat. En outre, la diffusion des espèces exotiques et la tolérance aux variations de température d'importantes espèces marines sont des thèmes abordés dans le cadre de projets communs de recherche.

Les activités de suivi concernent : le niveau de la mer et la température de l'eau de mer en surface, la qualité de l'eau, la réaction des organismes marins à la hausse de la température de la mer, l'évolution des espèces et des populations de poissons pêchés (grâce aux données du secteur de la pêche), l'évolution du plancton vivant sur le littoral, les changements de répartition spatiale des habitats marins.

Des actions de coopération internationale en cours visent à la création de réseaux européens d'infrastructures destinées à l'observation et à la recherche marine (notamment des observatoires du littoral et des bateaux) et à la mise au point de modèles de prévision pour le changement climatique.

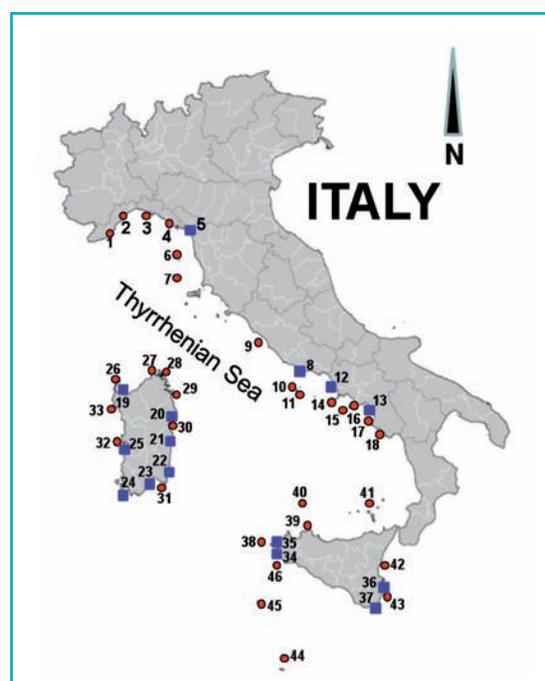
Différentes activités de sensibilisation (conférences et rencontres) ont récemment été organisées pour les décideurs et gestionnaires, les chercheurs, les étudiants, les groupes d'intérêt, les ONG et les citoyens.

Source : CAR/ASP

## 6.2. 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 est 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.

Figure 18 : Nombre de sites marins et côtiers considérés comme en danger à court terme dû aux effets du changement climatique en Italie (Mer Adriatique exclue), suite au processus lancé par le CAR/ASP



**Note :** Les carrés correspondent aux surfaces menacées par la hausse du niveau de la mer et les cercles aux zones avec risques d'impacts sur la biodiversité. (Source : PNUE-PAM-CAR/ASP, 2008)

## 7. QUELLE STRATEGIE POUR REDUIRE L'IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LA BIODIVERSITE MEDITERRANEENNE ?

Dans le monde entier, les sociétés ont toujours cherché à s'adapter et à réduire leur vulnérabilité aux conséquences des phénomènes météorologiques et climatiques tels que les inondations, les sécheresses ou les tempêtes. Des mesures d'adaptation supplémentaires seront toutefois nécessaires à l'échelle régionale et locale pour réduire les effets néfastes de l'évolution et de la variabilité anticipées du climat, quelle que soit l'ampleur des mesures d'atténuation qui seront mises en place au cours des vingt ou trente prochaines années (Rapport GIEC, 2007). Cependant, l'adaptation seule ne suffira sans doute pas à remédier à tous les effets anticipés des changements climatiques, surtout pas à longue échéance alors que la plupart des répercussions ont une nette tendance à s'amplifier. Les possibilités d'adaptation sont multiples, mais il est impératif d'intensifier l'action engagée si l'on veut réduire la vulnérabilité à l'égard des changements climatiques. Il existe des obstacles, des limites et des coûts que l'on ne cerne pas toujours parfaitement.

Au regard des conséquences, la nature et la progression du changement climatique posent aujourd'hui des défis uniques à l'échelon régional.

La réduction des impacts sur la biodiversité peut être abordée de trois manières :

- Des actions visant à une atténuation des causes à l'origine de ces changements climatiques avec la mise en place de mesures de réduction des émissions des GES, seules à même d'en diminuer l'ampleur ;
- Des mesures permettant de s'adapter aux effets de ces changements climatiques tout en diminuant les coûts connexes induits, qui permettent un renforcement des moyens de lutte ;
- Une meilleure sensibilisation du public afin qu'il participe plus efficacement.

Le but des mesures d'adaptation est de limiter les aspects négatifs des impacts en réduisant la vulnérabilité des écosystèmes, et de tirer parti au mieux des aspects positifs ou opportunités. Les stratégies d'adaptations doivent avoir pour objectif d'augmenter la flexibilité par gestion des écosystèmes vulnérables, favoriser les capacités d'adaptation inhérentes aux espèces et écosystèmes, et enfin réduire les pressions environnementales et sociales qui pourraient accroître la vulnérabilité à la variabilité climatique (Hulme, 2005).

Pour élaborer une stratégie d'adaptation efficace, il faut donc comprendre la vulnérabilité de la Méditerranée au changement climatique. Cette vulnérabilité est définie par trois facteurs :

1. la nature du changement climatique,
2. la sensibilité climatique du système ou de la région en cause et
3. la capacité de s'adapter aux changements qui en résultent.

En raison de la grande diversité géographique, écologique et économique de la Méditerranée, ces facteurs varient considérablement, tout comme la vulnérabilité au changement climatique comme cela a été établi lors des études menées dans la région méditerranéenne (Jefic et al., 1992), les interventions contre les incidences devront donc être adaptées à chaque situation locale.

## 8. Conclusions et recommandations

Malgré une contribution très inégale à l'émission des gaz à effet de serre, l'ensemble des pays riverains de la Méditerranée seront confrontés aux effets des changements climatiques et devront faire face à de graves perturbations qui affecteront leur patrimoine naturel.

Il est aujourd'hui incontestable que les effets des changements climatiques sont perceptibles en Méditerranée ; ils se font sentir à tous les niveaux : santé humaine, santé animale, ressources en eau, ressources biologiques, qualité de l'environnement et activités économiques (agriculture, industrie, transport, assurances, etc.), et sont appelés à s'amplifier. Dans toute la Méditerranée, ils auront une incidence particulière sur la demande, l'offre et la qualité futures des ressources en eau et modifieront la fréquence, la répartition spatiale et l'intensité des sécheresses et des inondations.

La Méditerranée et ses pays riverains sont appelés à faire face à des modifications du climat qui auront tendance à s'amplifier à l'avenir.

Dans les espaces marins et côtiers, l'enjeu est également très largement prioritaire, et incite à l'adoption urgente de premières mesures d'adaptation et d'atténuation. Les côtes de toute la planète, déjà soumises à de multiples contraintes, concentrent aujourd'hui 60 % des populations humaines sur une bande de 60 km de large. Les eaux marines littorales sont le siège de 14 à 30 % de la production primaire océanique, et accueille 90 % des captures de pêche. La Méditerranée n'échappe pas à cette règle générale, bien au contraire, et les effets des changements climatiques auxquels cette région est particulièrement sensible, sont des menaces supplémentaires qui pèsent sur la biodiversité littorale.

Certaines conséquences des changements climatiques seront de toute façon irréversibles, sans possibilité d'adaptation. Ceci concerne tout particulièrement les activités qui dépendent de la biodiversité marine (pêche, aquaculture, activités récréatives). A long terme, l'enjeu majeur ne sera probablement que de réussir à prédire le devenir de la biodiversité méditerranéenne, la future composition des pêcheries, des paysages sous-marins, et d'adapter nos usages en conséquence !

Ce problème émergent et nouveau, complexe et très inégalement documenté nécessitera inexorablement l'élargissement du socle de connaissances fondamentales, notamment celles concernant le compartiment physique et biologique, les effets des changements climatiques sur les écosystèmes et la biodiversité et plus encore les effets croisés des changements climatiques et des autres sources de perturbation.

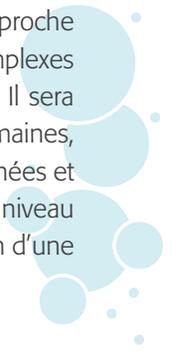
Il s'agira également, en tenant compte de divers scénarios prospectifs, d'établir des modèles se rapportant non seulement aux espèces mais surtout aux mécanismes régissant les écosystèmes méditerranéens. Un intérêt particulier devra être accordé à l'évaluation des capacités de résistance et de résilience. Ces modèles sans doute pourront contribuer à la définition d'une panoplie de stratégies transversales et sectorielles d'adaptation et d'atténuation pour faire face à autant de scénarios de changements climatiques.

Mais il reste certain que la communauté des acteurs impliqués ne devra pas s'attendre à des résultats rigoureux et intangibles émanant des modèles prédictifs, car leur fiabilité est limitée par de nombreuses incertitudes, notamment par celle concernant les quantités de gaz à effet de serre qui seront émis dans le futur.

Ils ne devront donc pas suspendre toute décision à une connaissance parfaite – et illusoire – des mesures d'adaptation idéales pour une zone côtière donnée. Il s'agit au contraire d'apprendre à gouverner dans l'incertitude et à agir en s'appuyant sur des données scientifiques souvent incomplètes.

L'adaptation ou tout du moins l'atténuation seront envisageables dans la mesure où les écosystèmes sont souvent déjà fragilisés par les pollutions, la fragmentation des habitats, les invasions biologiques, et peuvent ainsi présenter une très grande sensibilité à un changement du climat et des capacités d'adaptation amoindries. La réponse aux impacts existants ou potentiels des changements climatiques se feront indirectement en réduisant les nuisances sur lesquelles la société humaine a la faculté d'agir. Parmi les pistes à privilégier, la multiplication des aires protégées marines et côtières et l'augmentation des surfaces dédiées et la prise en considération de corridors écologiques renforceront les capacités de résilience et de résistance des écosystèmes et des espèces.

L'adoption de plans d'action découlant de concepts holistiques comme la gestion intégrée, ou l'approche écosystémique sont incontournables, même si ceux-ci nécessitent des mécanismes de gouvernance complexes car à plusieurs échelles spatiales (régionale, trans-nationale, nationale et locale et pluri-thématiques). Il sera également absolument nécessaire, pour une mise en œuvre efficiente, de mutualiser les ressources humaines, techniques et financières et de disposer d'un système qui puisse permettre la circulation fluide des données et des informations dans des formats appropriés pour chaque groupe cible au niveau national comme au niveau régional. Le CAR/ASP est l'organisme approprié pour prendre en charge la responsabilité et la facilitation d'une telle démarche au niveau régional et pour catalyser sa mise en œuvre.



## Références bibliographiques

- Bitar G., 2008. National overview on vulnerability and impacts of climate change on marine and coastal biodiversity in Lebanon. Contract RAC/SPA, N° 16: 41 pages
- GIEC, 2007. Bilan 2007 des changements climatiques : quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Genève, GIEC.
- Grubelic I., Antolic B., Despalatovic M., Grbec B., Beg Paklar G., 2004 - Effect of climatic fluctuations on the distribution of warm-water coral *Astroides calycularis* in the Adriatic Sea: new records and review. Journal of the marine biological Association of the United Kingdom 84 : 599-602.
- Hughes L., 2000 - Biological consequences of global warming : is the signal already apparent? Trends in Ecology and Evolution 15 : 56-61.
- Lipej, L. & Dobrajc Ž , 2008. National overview on vulnerability and impacts of climate change on marine and coastal biodiversity, Contract RAC/SPA, N° 7: 38 pages.
- PNUE-PAM-CAR/ASP, 2008. Impact des changements climatiques sur la biodiversité en Mer Méditerranée. Tunis, CAR/ASP. pp.: 1-62.
- Sabates A., Martin P., Lloret J., Raya V., 2006 - Sea warming and fish distribution: the case of the small pelagic fish, *Sardinella aurita*, in the western Mediterranean. Global Change Biology 12 : 2209-2219.
- UNEP/MAP-Plan Bleu: State of the Environment and Development in the Mediterranean, UNEP/MAP-Plan Bleu, Athens, 2009.
- UNEP-MAP RAC/SPA 2009<sup>a</sup>. Identification of important ecosystem properties and assessment of ecological status and pressures to Mediterranean marine and coastal biodiversity. By Bazairi, H., Ben Haj, S., Torchia, G., Limam, A., Rais, C., and Cebrian, D., Ed. RAC/SPA, Tunis; 100 pages.
- UNEP-MAP RAC/SPA 2009<sup>b</sup>. Synthesis of National Overviews on Vulnerability and Impacts of Climate Change on Marine and Coastal Biological Diversity in the Mediterranean Region. By Pavasovic, A., Cebrian, D., Limam, A., Ben Haj, S., Garcia Charton, J.A., Ed. RAC/SPA, Tunis; 76 pages.
- World Bank, 2007. The Impact of Sea-level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis. World Bank Policy Research Working Paper 4136.



PNUE



**Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP)**

Boulevard du leader Yasser Arafet, B.P. 337 - 1080 Tunis CEDEX - TUNISIA

Tél. : +216 71 206 649 / 485 / 851 - Fax : +216 71 206 490

E-mail : [car-asp@rac-spa.org](mailto:car-asp@rac-spa.org)

[www.rac-spa.org](http://www.rac-spa.org)

