
EP**UNITED NATIONS****ENVIRONMENT****PROGRAMME**

UNEP(DEPI)/MED WG 359/Inf.13
October 2010

FRANCAIS
ORIGINAL: FRANCAIS

**MEDITERRANEAN ACTION PLAN**

Tenth Meeting of Focal Points for SPAs
Marseille, France 17-20 May 2011

Synthèse sub-régionale « Méditerranée Occidentale » des documents nationaux d'identification des propriétés majeures des écosystèmes et d'évaluation de l'état écologique et des pressions sur la biodiversité marine et côtière

Note : The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of UNEP concerning the legal status of any State, Territory, city or area, or of its authorities, or concerning the delimitation of their frontiers or boundaries.

© 2011 United Nations Environment Programme 2011
Mediterranean Action Plan
Regional Activity Centre for Specially Protected Areas (RAC/SPA)
Boulevard du leader Yasser Arafat
B.P.337 – 1080 Tunis Cedex
E-mail : car-asp@rac-spa.org

This document was prepared for the Regional Activity Centre for Specially Protected Areas (RAC/SPA) by:

Thierry Pérez, consultant international CAR/ASP

Avec la participation de:

Arthur Antonioli. Co-rédaction

Daniel Cebrian. Chargé du programme PAS/BIO (coordination générale et révision)

Sami Ben Haj. consultant international CAR/ASP (coordination générale et révision)

Atef Limam. consultant international CAR/ASP (coordination générale et révision)

Samir Grimes (Expert national, Algérie)

Raphael Simonet (Point focal Monaco)

Hocein Bazairi (Expert national, Maroc)

Mohamed Salah Romdhane (Expert national, Tunisie)

Núria Marbà Bordalba et Carlos M. Duarte Quesada (Experts nationaux, Espagne)

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	1
2. MÉTHODOLOGIE	3
3. ETAT DES ECOSYSTEMES MARINS CÔTIERS.....	6
3.1 Caractéristiques biologiques	6
3.1.1 Description des communautés biologiques dans la colonne d'eau.....	6
3.1.2 Informations sur les invertébrés benthiques (faune), les macroalgues et les angiospermes, notamment la composition spécifique, la biomasse et les variabilités saisonnières/annuelles.....	9
3.1.3. Informations sur les vertébrés	12
3.1.4. Inventaire des apparitions temporelles, l'abondance et la distribution spatiale des espèces exotiques, non indigènes et invasives	16
3.1.5. Information sur les espèces d'intérêt commercial pour la pêche (poissons, mollusques et crustacés)	19
3.2. Habitat types	22
3.3. Conclusions et identification des besoins	27
4. PRESSIONS ET IMPACTS.....	28
4.1. Perturbations biologiques.....	28
4.2. Changements climatiques.....	30
4.3. Commentaires	33
5. EVALUATION ET ANALYSE DES MANQUES D'INFORMATION SUR L'ÉTAT DE SANTÉ DES ÉCOSYSTÈMES MARINS ET CÔTIERS, LES PRESSIONS ET LES IMPACTS SUR LA BIODIVERSITÉ	35
5.1. Statut des écosystèmes marins et côtiers et pressions s'exerçant sur la biodiversité marine et côtière.....	35
5.2. Impacts critiques et effets sur la biodiversité marine et côtière	38
6. BESOINS PRIORITAIRES AU NIVEAU NATIONAL	39
6.1. Besoins.....	39
6.2. Plans d'urgence proposés.....	41
6.3. Commentaires	42
7. FINANCEMENTS ET OPPORTUNITÉS.....	42
7.1. Sources nationales régulières.....	42
7.2. Fonds internationaux, projets et programmes	44
8. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	45
8.1. Evaluation générale	45
8.2. Conclusions.....	46
8.3. Recommandations	48
9. LISTE BIBLIOGRAPHIQUE	50

1. INTRODUCTION

L'approche Ecosystémique (ECAP) a été mise en place par soucis d'un développement durable des activités humaines et de protection de l'environnement marin. Après le Sommet mondial sur le développement durable, l'ECAP a été adopté par de nombreuses conventions internationales et les organisations maritimes régionales. Les parties contractantes à la Convention de Barcelone l'ont adopté en Janvier 2008 lors de leur réunion à Almeria (Box 1 et 2).

Ainsi, toute politique de l'environnement devrait être élaborée d'une manière à assurer une protection efficace du milieu marin et ainsi que la fourniture durable de biens et services maritimes pour les populations humaines. L'application de l'ECAP a le potentiel d'aider à atteindre un équilibre entre les exigences des activités humaines et la conservation du milieu marin. Son adoption et la mise en œuvre progressive dans le cadre du Plan d'action pour la Méditerranée (PAM, Convention de Barcelone) donnera un nouvel élan à l'élaboration des politiques plus intégrées et plus holistique de la Convention, y compris l'impact des activités humaines sur l'environnement marin.

Pour assurer la viabilité de l'exploitation des biens et des services maritimes, il est important que l'application de l'ECAP dépasse les frontières des Etats membres en couvrant les habitats et les écosystèmes situés au-delà des juridictions nationales.

Le projet du PAM vise à promouvoir et à renforcer la mise en œuvre d'une feuille de route pour l'application de l'approche écosystémique de la gestion des activités humaines. La feuille de route exige que l'évaluation de l'état écologique et des pressions et des impacts soit mis en œuvre dans quatre régions différentes de la Méditerranée, identifiées selon des bases bio-géographiques et océanographiques. Ces quatre régions sont (i) la Méditerranée Occidentale, (ii) la Mer Adriatique, (iii) la Mer Ionienne et la Méditerranée centrale, (iv) la Mer Egée et le Bassin Levantin.

Box 1: The 12 principles of the Ecosystem Approach (CBD Secretariat, 2004)

Principle 1: The objectives of management of land, water and living resources are a matter of societal choice

Principle 2: Management should be decentralized to the lowest appropriate level

Principle 3: Managers should consider the effects of their activities on adjacent and other ecosystems

Principle 4: Recognizing potential gains from management, there is usually a need to understand and manage the ecosystem in an economic context. Any management programme should:

- a) reduce market imbalances which have harmful effects on biological diversity
- b) harmonize incentives to encourage the conservation and the sustainable use of biological diversity
- c) as far as possible, integrate the costs and advantages within the managed ecosystem.

Principle 5: Conservation of ecosystem structure and functioning, in order to maintain ecosystem services, should be a priority target

Principle 6: Ecosystems must be managed within the limits of their functioning

Principle 7: Action should be undertaken at the appropriate spatial and temporal scales

Principle 8: Objectives for ecosystem management should be set for the long term

Principle 9: Management must recognize that change is inevitable

Principle 10: Action should seek the appropriate balance between, and integration of, conservation and use of biological diversity

Principle 11: Action should consider all forms of relevant information, including scientific and indigenous and local knowledge, innovations and practices

Principle 12: The approach should involve all relevant stakeholders of society and scientific disciplines

Ce rapport représente une première étape de l'ECAP en identifiant pour la Méditerranée occidentale les propriétés majeures des écosystèmes et en évaluant leur état de conservation en relation avec les pressions subies par la biodiversité marine et côtière. Cette synthèse des connaissances au niveau sub-régional fait suite à différents rapports nationaux (France, Monaco, Tunisie, Algérie, Maroc) et à une première synthèse réalisée en 2008 sur les effets des changements climatiques sur la biodiversité en mer Méditerranée (PNUE-PAM-CAR/ASP, 2008).

Les objectifs de ce travail étaient:

- D'identifier, synthétiser et de fournir une analyse critique de la situation régionale actuelle en matière de mise en œuvre d'initiatives liées aux propriétés importantes des écosystèmes et à la nécessaire évaluation de leur état écologique et des pressions subies.
- De fournir un avis d'experts sur les impacts attendus sur les écosystèmes et les habitats particulièrement vulnérables face aux activités humaines et aux changements climatiques.
- D'identifier et recommander des priorités régionales en termes de mesures, actions et projets de recherche ou de surveillance de l'état de conservation des écosystèmes. D'évaluer comment renforcer les possibilités de collaboration sous-régionale pour des actions relatives à la conservation de la biodiversité et la gestion durable des ressources.
- D'identifier si possible les sources potentielles de financement national et international pour soutenir ces politiques, mesures et actions.

Box 2: Steps of the ecosystem approach road map (ECAP)

The ECAP road map adopted by Decision IG 17/6 of the 15th Meeting of Contracting Parties (2008) consisted of the following 7 steps:

Step1: Definition of an ecological Vision for the Mediterranean.

Step 2: Setting of common Mediterranean strategic goals.

Step3: Identification of important ecosystem properties and assessment of ecological status and pressures*.

Step 4: Development of a set of ecological objectives corresponding to the Vision and strategic goals.

Step 5: Derivation of operational objectives with indicators and target levels.

Step 6: Revision of existing monitoring programmes for ongoing assessment and regular updating of targets.

Step 7: Development and review of relevant action plans and programs.

2. MÉTHODOLOGIE

Cette synthèse est conduite à partir de différents documents réalisés par des consultants nationaux du CAR/ASP, guidé par les correspondants nationaux du PAS BIO, en s'appuyant sur une documentation fournie en partie par le CAR/ASP (documents pertinents produits par les conventions et accords régionaux englobant la Méditerranée (Berne, Bonn, ACCOBAMS, etc.). Dans certains cas, l'absence de documents de synthèse fournis par le CAR/ASP ou son Point Focal national a conduit le consultant national à effectuer une recherche bibliographique conséquente.

Chaque expert national avait pour objectif de fournir une analyse critique de la situation dans son pays en termes de mise en œuvre d'initiatives pour l'évaluation de la biodiversité côtière, son état écologique et les pressions qu'elle subit. Les avis d'experts devaient permettre d'identifier notamment les écosystèmes menacés et les espèces ou populations vulnérables face aux activités humaines et aux changements climatiques.

Participants à l'approche ECAP en Méditerranée Occidentale

Pays	Consultants nationaux	Organisme d'origine	Adresses e-mail
Algérie	Samir GRIMES	Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL), Alger, Algérie	samirgrimes@yahoo.fr
France	Thierry PÉREZ & Arthur ANTONIOLI	Centre d'Océanologie de Marseille, CNRS UMR 6540 DIMAR, France	thierry.perez@univmed.fr
Italie (Mer Ligure et Tyrrhénienne)	Etude annulée		
Monaco	Thierry PÉREZ	Centre d'Océanologie de Marseille, CNRS UMR 6540 DIMAR, France	thierry.perez@univmed.fr
Maroc	Hocein BAZAIRI	Université Hassan II Aïn Chock, Casablanca, Maroc	hoceinbazairi@yahoo.fr
Espagne	Nuria MARBÀ & Carlos DUARTE	Instituto Mediterraneo de Estudios Avanzados (IMEDEA/CSIC), Esporles, Baléares, Espagne	nuria.marba@uib.es
Tunisie (Zone nord)	Mohamed Salah ROMDHANE	Institut National d'Agronomie de Tunis (INAT), Tunisie	romdhane.medsalah@inat.agrinet.tn

Références des documents et des données consultés

Documents fournis par le CAR/ASP et les consultants internationaux

- BAZAIRI H., 2010. Rapport national pour l'identification des propriétés majeures des écosystèmes et l'évaluation de l'état écologique et des pressions sur la biodiversité marine et côtière en Méditerranée marocaine. Contrat CAR/ASP n°59/RAC/SPA_2009, 59 pp.
- CORRIGAN C. & KERSHAW F., 2008. Working Toward High Seas Marine Protected Areas: An Assessment of Progress Made and Recommendations for Collaboration. UNEPWCMC, Cambridge, 102 pp.
- GRIMES S., 2010. Rapport national pour l'identification des propriétés majeures des écosystèmes et l'évaluation de l'état écologique et des pressions sur la biodiversité marine et côtière en Algérie (rapport provisoire). Contrat CAR/ASP n°68/RAC/SPA_2009,
- MARBÀ BORDALBA N., DUARTE QUESADA C. M., 2010. Spanish document aiming at the identification of important ecosystem properties and assessment of ecological status and pressures to Mediterranean marine and coastal biodiversity. Contrat CAR/ASP n°73/RAC/SPA_2009, 54 pp.
- PÉREZ T., ANTONIOLI A., 2010. Rapport national pour l'identification des propriétés majeures des écosystèmes et l'évaluation de l'état écologique et des pressions sur la biodiversité marine et côtière en Méditerranée française. Contrat CAR/ASP n°58/RAC/SPA_2009, 69 pp.
- PÉREZ T., SIMONET R., ANTONIOLI A., 2010. Rapport national pour l'identification des propriétés majeures des écosystèmes et l'évaluation de l'état écologique et des pressions sur la biodiversité marine et côtière à Monaco (rapport provisoire). Contrat CAR/ASP n°58/RAC/SPA_2009, 45pp.
- PNUE-PAM-CAR/ASP, 2002. Manuel d'interprétation des types d'habitats marins pour la sélection des sites à inclure dans les inventaires nationaux de sites naturels d'intérêt pour la conservation, 225 pp.
- PNUE-PAM-CAR/ASP, 2008. Impact des changements climatiques sur la biodiversité en Mer Méditerranée. Par T. Perez, CAR/ASP Edit., Tunis, 61 pp.
- ROMDHANE M. S., 2010. Rapport national pour l'identification des propriétés majeures des écosystèmes et l'évaluation de l'état écologique et des pressions sur la biodiversité marine et côtière en Tunisie (zone nord). Contrat CAR/ASP n°66/RAC/SPA_2009, (rapport provisoire)

Documents nationaux disponibles et publications identifiées et consultées

Cf. liste bibliographique

Qualité et compréhensibilité des documents et des données disponibles

D'une manière générale, les données compilées sont d'une bonne qualité et montrent qu'il existe une assez bonne connaissance de la composition de la biodiversité de Méditerranée occidentale. Dans les listes d'espèces fournies par plusieurs experts, on retrouve des tas de dénominateurs communs que ce soit dans le compartiment pélagique comme dans le benthique. Ceci étant dit, les principaux manquent résident dans la connaissance de la distribution de cette biodiversité à

l'échelle d'une façade, qu'il s'agisse d'une espèce ou groupe d'espèces, ou encore d'habitats. Les listes d'espèces apportées dans les documents nationaux sont le plus souvent celles de lieu précis (Golfe de Tunis ou Baie d'Alger par ex.) ou au contraire des listes extrapolées à l'échelle de la Méditerranée (voir Boudouresque 2004 pour une revue complète).

Les initiatives telles que celle qui vient d'être démarrée en France par l'Agence des Aires Marines Protégées sont rares. Les objectifs sont de cartographier l'ensemble du littoral et d'évaluer l'état de conservation des écosystèmes patrimoniaux, ou considérés comme tels par la Directive Européenne Habitat. En toute rigueur, ce type d'initiative devrait exister en Espagne (en phase de démarrage) et en Italie, mais aucune information n'a été apportée par ces parties. Malgré tout, ce manque de connaissances dans les pays de la rive sud de Méditerranée devraient être prochainement comblé grâce la mise en place de nombreuses Aires Marines Protégées. Parfois des premiers essais d'évaluation ont été réalisés dans ces aires marines protégées (cas de l'Algérie notamment), et des études destinées à la caractérisation des limites et de l'état de conservation des écosystèmes clés devraient être réalisées.

Un rapport récent sur les effets des changements climatiques en Méditerranée montrait qu'il existait un vrai déficit de connaissances dans les pays du sud (PNUE-PAM-CAR/ASP, 2008). Les rapports nationaux rendus par les experts algérien, tunisien et marocain confirment ce premier inventaire et montrent que les connaissances même de possibles indicateurs de réchauffement climatique sont parfois très floues. On note dans ces rapports plusieurs inexactitudes notamment sur les liens qui peuvent exister entre l'occurrence d'espèces introduites (cas de *Caulerpa racemosa* en Tunisie ou au Maroc, *Oculina patagonica* en Algérie) et la tendance au réchauffement dans cette partie de Méditerranée. L'émergence récente 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 fait défaut dans les autres parties de Méditerranée. Même les événements climatiques extrêmes occasionnant parfois des conséquences écologiques dramatiques sont peu documentés dans les pays du sud.

Les conséquences attendues des changements de biodiversité occasionnés par les déplacements ou les disparitions de certaines espèces sont des modifications du fonctionnement des écosystèmes marins. Dans ce cas, c'est bien à l'échelle du bassin occidental qu'il existe un vrai déficit de connaissances.

3. ETAT DES ECOSYSTEMES MARINS CÔTIERS

3.1 Caractéristiques biologiques

3.1.1 Description des communautés biologiques dans la colonne d'eau

Les études de plancton accomplies ces 25 dernières années en Méditerranée ont été récemment compilées par Siokou-Fragou et al. (2010). La Méditerranée est caractérisée par une dynamique physique riche et complexe qui inclut des caractéristiques de thermohaline uniques et une circulation particulière. Les études les plus récentes ont confirmé son caractère oligotrophique, avec des gradients marqués d'Ouest en Est et du Nord au Sud. La disponibilité nutritive est basse, surtout en terme de Phosphore (N : P jusqu'à 60). La biomasse phytoplanctonique, indiquée par les concentrations en chlorophylle a, affiche généralement des valeurs basses (moins de 0,2 µg/L chl-a) sur de grandes étendues, avec une augmentation légère à la fin de l'hiver. Un grand bloom (jusqu'à 3 µg/L) est généralement enregistré de la fin de l'hiver et jusqu'au début du printemps, mais uniquement en Méditerranée nord occidentale. Des pics de biomasse relativement hauts sont aussi enregistrés dans les fronts et gyres cycloniques. Un maximum de chlorophylle profond est une caractéristique commune en Méditerranée, mais avec une variation importante d'Ouest en Est : environ 30 m en Mer d'Alboran (30 m) à 120 m dans le bassin Levantin. La production primaire révèle également une tendance à la diminution d'Ouest en Est, avec des valeurs allant de 59 à 150 g C. Toute la Méditerranée est grandement dominée par les autotrophes de petite taille, micro-heterotrophes et par les espèces incubantes de copépodes. Le phytoplancton tant autotrophe qu'hétérotrophe et le zooplancton révèlent une diversité considérable et une variabilité à la fois spatiale et temporelle. Il existe aussi une grande diversité de dinobiontes et de coccolithophores, les dinobiontes à PSP faisant l'objet d'une attention particulière dans la quasi-totalité des pays de Méditerranée occidentale.

Exemples sélectionnées de quelques fractions phytoplanctoniques et compositions taxonomiques en Méditerranée occidentale. (Abbreviations: SL for Surface Layer, DCM for Deep Chlorophyll Maximum, DI for Depth Integrated, C for Carbon, HPLC for pigment-based group discrimination, Dino. for dinoflagellates, Prymn. for prymnesiophytes, Pelago. for pelagophytes, Crypto. for cryptophytes, Chromo. for nanoflagellates containing 190-HF and/or 190-BF, Nano. for nanoplankton, Cocco. For coccolithophores, *Synecho. for Synechococcus, Prochloro. for Prochlorococcus* (extrait de Siokou-Fragou et al. 2010)

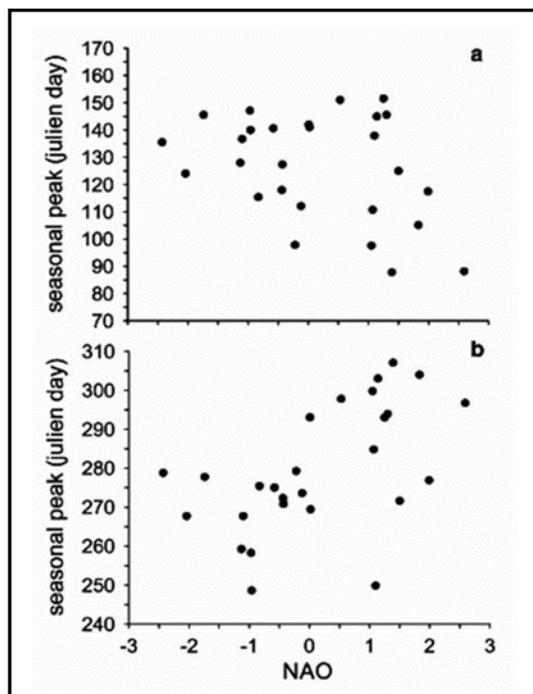
Area	Date and Site	Depth	Method	Picoplankton	Nanoplankton	Microplankton	Cyanobacteria	Picoeukaryotes	Flagellates	Diatoms
Alboran Sea	Apr-May 1991 Site 1 (jet front)	DCM (%size), DI (0-150 m) (%groups)	chl a HPLC	<1 µm: 11% 1-3 µm: 6%	3-10 µm: 8%	>10 µm: 75%	2% 2%		22%	76% (<i>Chaetoceros</i> , <i>Proboscia alata</i> <i>Pseudo-nitzschia</i> , <i>Thalassiosira</i> , <i>Leptocylindrus</i>) 19%
	Apr-May 1991 Site 2 (oligotrophic)			<1 µm: 40% 1-3 µm: 32%	3-10 µm: 8%	>10 µm: 8.5%	16%		65%	
	May 1998 upwelling	DI (photic zone)	chl a	<2 µm: 15.9%	2-20 µm: 26.6%	>20 µm: 57.5%				>20 µm at DCM (<i>Chaetoceros</i> , <i>Pseudo-nitzschia</i>)
	May 1998 non-upwelling			<2 µm: 46.1%	2-20 µm: 35.9%	>20 µm: 18.0%				
Catalan Sea	May 1989 front, St. 4	DI (0-100 m)	C (counts)	1-2 µm: 2.4% 2-5 µm: 44.7%	5-10 µm: 17.5% 10-20 µm: 9.4%	>20 µm: 5.6%	20.3%		Dino. (<i>Gyrodinium</i> , <i>Gymnodinium</i>)	(<i>Pseudo-nitzschia</i>)
	Feb 1990 front, St. 8			1-2 µm: 2.1% 2-5 µm: 20.7%	5-10 µm: 10.1% 10-20 µm: 8.0%	>20 µm: 54.8%	4.2%			(<i>Chaetoceros</i> , <i>Pseudo-nitzschia</i> , <i>Guinardia zvirata</i> , <i>Asterionella</i>)
Gulf of Lion	Jun 2000	SL (4-5 m)	HPLC				6%		Prymn.: 51% Green algae: 21% Pelago.: 4% Dino.: 4%	13% (<i>Thalassionema nitzschioideus</i> , small <i>Chaetoceros</i> , <i>Pseudo-nitzschia</i> , <i>Rhizocolenia</i>)
Ligurian Sea	May-Jun 1985	DI (water column)	chl a	<3 µm: 65.7%	3-10 µm: 22.0%	>10 µm: 12.2%				
Ligurian Sea	May 1995 DYFAMED 1st leg	DI (0-200 m)	HPLC				8.41%		Crypto.: 11.6% Chromo.: 38.3% Green flag.: 5.3% Crypto.: 5.2% Chromo.: 31.8% Green flag.: 5.3%	29.0%
	DYFAMED 4th leg						18.3%			19.9%
S Tyrrhenian Sea	Jul 2005	DI (water column)	chl a C (counts) (% groups)	0.2-2 µm: 64%	2-10 µm: 17%	>10 µm: 19%	48%		Dino.: 28% (<i>Ceratium</i> , <i>Heterocapsa niei</i> , <i>Prorocentrum minimum</i>)	23% (<i>Chaetoceros</i> spp., <i>Guinardia flaccida</i> , <i>Leptocylindrus mediterraneus</i> , <i>Proboscia alata</i>)
	Dec 2005			0.2-2 µm: 76%	2-10 µm: 17%	>10 µm: 7%	52.9%		Dino.: 43.8% (<i>Prorocentrum minimum</i> , ...)	3.4% (<i>Chaetoceros</i> spp., <i>Thalassiosira</i> spp.)

Les inventaires de biodiversité donnent des résultats variables selon les pays. Chaque pays a apporté une liste d'espèces à l'exception de l'Espagne. Ces inventaires sont assez complets en Afrique du nord à l'exception du Maroc où la connaissance du compartiment pélagique est essentiellement basée sur l'étude de la lagune de Nador. La diversité rapportée du zooplancton va de 269 à 400 espèces, avec une dominance (environ 60%) de crustacés.

Les communautés planctoniques, et particulièrement les assemblages de copépodes, jouent un rôle majeur dans les flux de matière et d'énergie au sein des écosystèmes pélagiques, offrant une pompe biologique de carbone vers le profond, et exerçant une forte influence sur les recrutements de poissons. Ces mêmes communautés planctoniques peuvent subir le contrôle puissant des « gélatineux » (méduses au sens large, Siphonophores et Cténophores), parmi lesquels on trouve d'importants prédateurs de copépodes, d'œufs et de larves de poissons. Il est ainsi capital d'évaluer l'influence du climat sur le cycle de vie de ce type d'organismes à très courte durée de vie, dont les stocks sont renouvelés chaque année, et dont les modifications peuvent engendrer des conséquences importantes pour le fonctionnement des écosystèmes.

La connaissance changements de biodiversité au sein de ce compartiment est beaucoup plus limitée par manque d'observations à long terme. Quand elle existe ces observations ont permis de mettre en évidence des changements importants de communautés en relation avec les changements environnementaux. C'est le cas dans le bassin nord occidental grâce au suivi à long terme des stations marines françaises. Les communautés planctoniques, et particulièrement les assemblages de copépodes, jouent un rôle majeur dans les flux de matière et d'énergie au sein des écosystèmes pélagiques, offrant une pompe biologique de carbone vers le profond, et exerçant une forte influence sur les recrutements de poissons. Ces mêmes communautés planctoniques peuvent subir le contrôle puissant des « gélatineux » (méduses au sens large, Siphonophores et Cténophores), parmi lesquels on trouve d'importants prédateurs de copépodes, d'œufs et de larves de poissons. Il est ainsi capital d'évaluer l'influence du climat sur le cycle de vie de ce type d'organismes à très courte durée de vie, dont les stocks sont renouvelés chaque année, et dont les modifications peuvent engendrer des conséquences importantes pour le fonctionnement des écosystèmes. L'équipe de Molinero (2005a et b) a ainsi identifié une série de réactions en chaîne liées aux oscillations Nord Atlantique (NAO). Dans un premier temps, une étude de phénologie conduite sur 27 années a montré que la période d'apparition des pics d'abondance de deux espèces de copépodes, *Centropages typicus* et *Temora stylifera*, était bien corrélée avec l'indice NAO (Molinero *et al.* 2005a). Les réponses des deux espèces étudiées sont opposées. Les NAO positifs sont favorables à *C. typicus*, et défavorables à *T. stylifera* dont le pic d'abondance est retardé et diminué d'un facteur 2. Les effets exactement inverses sont observés les années à NAO plus faibles. Selon les auteurs, ces différences de réactivité face aux fluctuations climatiques sont expliquées par plusieurs facteurs. Dans le contexte actuel de changement global en Méditerranée (réchauffement, modification des teneurs en nutriments), on assiste depuis deux décennies à des changements importants au sein des communautés phytoplanctoniques, avec une diminution de la représentation des espèces « siliceuses » (diatomées) au bénéfice d'espèces « non siliceuses » dont des dinophytes (Béthoux *et al.* 2002 ; Goffart *et al.* 2002).

Ainsi, les deux espèces de copépodes étudiées ont un régime alimentaire qui change au cours du cycle de vie, mais des préférences globalement différentes. En l'occurrence, l'augmentation de la représentation des dinophytes dans le phytoplancton en période de NAO positif profiterait à *C. typicus*. Pour cette espèce, les anomalies thermiques positives pourraient aussi agir au niveau de la reproduction, notamment en raccourcissant la période de développement embryonnaire, permettant ainsi un développement dans la colonne d'eau plus précoce que celui de sa congénère *T. stylifera* (Molinero *et al.* 2005a). Les mêmes auteurs ont également montré un changement important dans la dynamique des relations entre copépodes et plancton gélatineux durant les années 80 en Mer Ligure (Molinero *et al.* 2005b). Les successions d'anomalies thermiques, de conditions de sécheresse et ainsi de relative stabilité des masses d'eau, survenues au milieu des années 80 auraient grandement favorisé les blooms de méduses, augmentant ainsi la prédation sur les copépodes. Cet ensemble de résultats montre la complexité des effets du forçage climatique sur les interactions entre deux groupes trophiques différents. Même si ces études devraient être étendues à d'autres groupes fonctionnels pour obtenir une meilleure connaissance des mécanismes qui conduisent à la modification du fonctionnement des écosystèmes pélagiques, elles ont permis pour la première fois d'attirer l'attention sur des compartiments biologiques qui sont les principales sources de petits poissons pélagiques (anchois, sardines, etc.) dont les stocks ont été également modifiés au cours des dernières décennies (cf. sections précédentes). Une bonne évaluation des conséquences à moyen et long terme du réchauffement global sur les ressources naturelles méditerranéennes passe donc par un plus grand nombre d'études des effets du climat sur les interactions interspécifiques et des études comparées des réseaux trophiques de différentes aires géographiques.



Relation entre la variabilité interannuelle des pics saisonniers d'abondance de deux espèces de copépodes en relation avec le NAO. Les tendances pour les deux espèces sont inverses : a) *Centropages typicus* ($r = -0,58$; $p < 0,01$) ; b) *Temora stylifera* ($r = 0,53$; $p < 0,01$). Extrait de Molinero *et al.* 2005a.

3.1.2 Informations sur les invertébrés benthiques (faune), les macroalgues et les angiospermes, notamment la composition spécifique, la biomasse et les variabilités saisonnières/annuelles

Les inventaires en général

Dans la majorité des cas, les inventaires sont partiels et souvent anciens. Il existe des pays pour lesquels, il est difficile de faire un bilan précis à l'échelle de la façade méditerranéenne car les études sont nombreuses (France, Espagne) et d'autres où au contraire les inventaires sont basés sur l'étude de quelques systèmes de référence. La flore et la faune méditerranéenne du Maroc est de loin celle qui souffre le plus de l'absence d'études exhaustives. Bien sur ce type d'inventaire est très couteux en temps et requiert une expertise naturaliste qui se fait de plus en plus rare en Méditerranée.

En France et en Espagne, il est très difficile de dresser un inventaire complet. De nombreuses études existent localement, mais elles n'ont que très rarement fait l'objet de synthèse par groupe taxonomique. Monaco est un cas particulier en Méditerranée occidentale, car son espace maritime très réduit permet une bonne synthèse des connaissances de la composition de la biodiversité marine. En Afrique du nord, on a une bonne connaissance de la biodiversité des peuplements benthiques en Tunisie, particulièrement pour certains groupes pour lesquels les spécialistes sont présents dans le pays : Spongiaires et cnidaires (respectivement 143 et 45 espèces recensées), annélides et mollusques (respectivement 459 et 234 espèces), crustacés (345), échinodermes (73) et ascidies (100). Autour de 420 espèces de macrophytes sont recensées, avec une dominance particulière des Rhodobiontes, et les magnoliophytes sont également bien représentées tout au long du littoral et dans les lagunes tunisiennes. Contrairement à la faune, ce compartiment du macrobenthos bénéficie également d'une bonne connaissance au Maroc et en Algérie, avec autour de 400-500 espèces recensées.

Malheureusement, il existe assez peu de données concernant la variabilité naturelle de ces peuplements à l'exception de quelques travaux localisés dans l'espace ayant mis en évidence certains gradients spatiaux (e.g. effet de la profondeur) ou des variations saisonnières (voir par ex. les travaux de Garrabou 1997).

Les inventaires de taxons ciblés

Une alternative à ces approches consiste à étudier la répartition de taxons ciblés en fonction de leur statut, comme cela est fait dans le cadre des inventaires ZNIEFFs en France, du suivi d'invertébrés caractéristiques des substrats rocheux en Espagne ou plus généralement dans le cadre de NATURA 2000 en Europe. Les critères nécessaires à la définition des espèces marines déterminantes ou remarquables des « Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) » ont été sélectionnés et confrontés à ceux retenus lors de l'établissement des Aires Spécialement Protégées d'Importance Méditerranéenne (ASPIM) dans le cadre de la Convention de Barcelone.

Les espèces retenues sont celles en danger, vulnérables, rares ou présentant un intérêt particulier, répondant aux cotations mises en place par l'UICN (*The World Conservation Union*) ou extraites des livres rouges publiés nationalement, régionalement ou à l'échelle du département (de Beaufort, 1987 ; Boudouresque et al., 1991 ; Boudouresque et al., 1996). Les critères de sélection sont listés ci-dessous :

- Cotation relative aux notions de rareté et de menace (espèces présumées disparues, rares à non menacées) ;
- Cotation relative à la notion d'endémisme
- Cotation relative au niveau et à l'évolution des effectifs de l'espèce (niveau critique à stable) ;
- Cotation relative à la classe d'abondance des effectifs (de rares individus à population dense) ;
- Cotation relative aux intérêts patrimoniaux (symbolique, économique, esthétique, pédagogique) ;
- Cotation relative aux intérêts fonctionnels (espèces structurantes, clés de voûte d'écosystème, indicatrices de facteur du milieu).

Les listes d'espèces ZNIEFFs actuelles (utilisées en France) ne sont pas des « listes rouges » régionales et n'ont pas vocation à être diffusées largement. Il s'agit d'un outil interne lié à la méthodologie de l'inventaire des ZNIEFF. Toute utilisation en dehors de ce contexte peut générer des oublis ou des contre-sens dommageables. Par contre, il serait intéressant d'adopter la même démarche à l'échelle de la Méditerranée occidentale.

Evaluation partielle du nombre d'espèces (ou taxons) de la faune et de la flore méditerranéenne (d'après Boudouresque 2004, modifié)

Porifera	622
Cnidaria	420
Ctenophora	23
Echinodermata	144
Chaetognatha	20
Annelida	791
Brachiopoda	15
Entoprocta	19
Ectoprocta	494
Mollusca	2026
Arthropoda	1908
Chordata	244
Vertebrata	694
Rhodophyta	616
Fucophyceae	255
Chlorophyta	209
Phanerogama	9



Quelques espèces patrimoniales qu'il pourrait être intéressant de suivre à l'échelle de la Méditerranée occidentale et qui pourrait renseigner sur l'état de conservation d'un écosystème ou sur l'effet des changements environnementaux. De gauche à droite : la grande nacre (*Pinna nobilis*), la grande cigale (*Scyllarides latus*), le mérrou brun (*Epinephelus marginatus*) et l'oursin diadème (*Centrostephanus longispinus*).

Parmi ces espèces patrimoniales, il peut y avoir des espèces indicatrices de l'état de conservation d'un écosystème (grand prédateur par ex.) ou encore indicatrices des effets des changements climatiques. Dans ce cas aussi, il serait intéressant de travailler à une liste commune à un bassin méditerranéen, voire même à toute la Méditerranée de manière à : (i) établir les limites de distributions de ces espèces patrimoniales ; (ii) suivre à long terme l'évolution de leurs effectifs ou de leur aire de répartition en fonction des mesures de conservation et/ou des changements environnementaux.

Dans le cadre d'un groupe de travail de la CIESM sur les changements climatiques en Méditerranée (Programme Tropical Signals), des listes d'espèces (macro-descripteurs) ont été proposées par une série d'experts nationaux. Un suivi à l'échelle de la Méditerranée est supposé démarrer dans les mois à venir avec une fréquence d'échantillonnage de 1 à 2 fois par an.

Liste des espèces d'invertébrés d'intérêt pour la conservation en Méditerranée

Porifera	Annexe Protocole ASP-DB	Signalisation en Méditerranée occidentale
<i>Axinella polypoides</i> Schmidt, 1862	II	France, Monaco, Espagne, Tunisie, Maroc. Pas d'information en Algérie
<i>Spongia lamella</i> (Schulze, 1879)	III	France, Monaco, Espagne, Tunisie, Maroc. Pas d'information en Algérie
<i>Spongia officinalis officinalis</i> Linnaeus, 1759	III	France, Monaco, Espagne, Tunisie, Maroc. Pas d'information en Algérie
<i>Spongia zimocca</i> Schmidt, 1862	III	-
Cnidaria		
<i>Astroides calycularis</i> (Pallas, 1766)	II	Maroc, Algérie, Tunisie.
<i>Savalia savaglia</i> Nardo, 1844	II	France, Monaco, Espagne, Maroc, pas d'informations en Tunisie et Algérie
<i>Corallium rubrum</i> (Linnaeus, 1758)	III	France, Monaco, Espagne, Maroc, Tunisie et Algérie
Mollusca		
<i>Charonia lampas lampas</i> (Linnaeus, 1758)	II	Rares observations
<i>Dendropoma petraeum</i> (Monterosato, 1884)	II	Algérie, rares observations ailleurs
<i>Erosaria spurca</i> (Linnaeus, 1758)	II	Rare
<i>Lithophaga lithophaga</i> (Linnaeus, 1758)	II	France, Monaco, Espagne, Maroc, Tunisie et Algérie
<i>Luria lurida</i> (Linnaeus, 1758)	II	France, Monaco, Espagne, Maroc, Tunisie et Algérie
<i>Mitra zonata</i> Marrayat, 1818	II	Rare
<i>Patella ferruginea</i> Gmelin, 1791	II	Maroc, peu abondant. France, rare. Pas de données ailleurs
<i>Patella nigra</i> (da Costa, 1771)	II	Rare au Maroc. Pas de données ailleurs.
<i>Pholas dactylus</i> Linnaeus, 1758	II	Maroc. Très rare ailleurs.
<i>Pinna nobilis</i> Linnaeus, 1758	II	France, Monaco, Espagne, Maroc, Tunisie et Algérie
<i>Pinna rudis</i> (Linnaeus, 1758)	II	Présente – peu de données
<i>Schilderia achatidea</i> (Gray in G.B. Sowerby II, 1837)	II	Rare au Maroc
<i>Tonna galea</i> (Linnaeus, 1758)	II	Maroc. Pas de données ailleurs.
Crustacea		
<i>Homarus gammarus</i> (Linnaeus, 1758)	III	Peu fréquent. Essentiellement au nord
<i>Maja squinado</i> (Herbst, 1788)	III	France, Monaco, Espagne, Maroc, Tunisie et Algérie
<i>Palinurus elephas</i> (Fabricius, 1787)	III	France, Monaco, Espagne, Maroc, Tunisie et Algérie
<i>Scyllarides latus</i> (Latreille, 1803)	III	France, Monaco, Espagne, Maroc, Tunisie et Algérie.
<i>Scyllarus arctus</i> (Linnaeus, 1758)	III	France, Monaco, Espagne, Maroc, Tunisie et Algérie
Echinodermata		
<i>Centrostephanus longispinus</i> (Philippi, 1845)	II	France, Monaco, Espagne, Maroc, Tunisie et Algérie.
<i>Ophidiaster ophidianus</i> (Lamarck, 1816)	II	Rare en France, Monaco, Espagne. Plus fréquente dans les pays du sud Maroc, Tunisie et Algérie.
<i>Paracentrotus lividus</i>	III	France, Monaco, Espagne, Maroc, Tunisie et Algérie.

Peuplements superficiels de macroalgues. Des ceintures étroites d'algues spécifiques du medio-littoral et de l'infra-littoral supérieur se situent dans la zone de battement des vagues. La composition du peuplement et sa vitalité sont conditionnées par une grande résistance à l'hydrodynamisme, par la qualité de l'eau, ainsi que par une bonne adaptation aux très fortes variations de température et de salinité. Ces peuplements sont particulièrement exposés aux pollutions de surface, comme les rejets d'émissaires urbains ou les pollutions d'origine pétrolière. L'étude de leur répartition géographique, ainsi que leur suivi dans le temps, peut permettre de caractériser la qualité du milieu littoral. Ce sont aussi des indicateurs biologiques pouvant être utilisés comme outils de diagnostic de la qualité des eaux marines littorales.

La méthode CARLIT (Ballesteros et al. 2007 ; *Cartography of littoral and upper-sublittoral rocky-shore communities*) est une méthode de mesure de la qualité environnementale des eaux littorales. Cet outil écologique a été expérimentée pour la première fois sur la côte catalane en Espagne (Torras et al., 2003 ; Ballesteros et al., 2007) puis en Italie (Buia et al., 2007), sur l'île de Malte (Thibaut & Mannoni, 2008) en France (données non publiées) et localement en Tunisie (Omrane, 2009). Ce type d'outil pourrait donc être transposé à l'échelle de la Méditerranée occidentale.

Communautés considérées et niveaux de sensibilité utilisés dans la méthode CARLIT

Category	Description	Sensitivity
<i>Cystoseira mediterranea</i> 5	Continuous belt of <i>C. mediterranea stricta</i>	20
<i>Cystoseira crinita</i>	Populations of <i>C. crinita</i>	20
<i>Cystoseira balearica</i>	Populations of <i>C. balearica</i>	20
<i>Cystoseira sheltered</i>	Populations of <i>Cystoseira foeniculacealbarbatalspinosa</i> v. <i>tenuior/compressav.pustulata</i>	20
<i>Posidonia</i> reef	Barrier and fringing reefs of <i>Posidonia oceanica</i>	20
<i>Cymodocea nodosa</i>	<i>Cymodocea nodosa</i> meadows	20
<i>Zostera noltii</i>	<i>Zostera noltii</i> meadows	20
Trottoir	Build-ups of <i>Lithophyllum byssoides</i>	20
<i>Cystoseira mediterranea</i> 4	Almost continuous belt of <i>C. mediterranea stricta</i>	19
<i>Cystoseira mediterranea</i> 3	Abundant patches of dense stands of <i>C. mediterranea stricta</i>	15
<i>Cystoseira mediterranea</i> 2	Abundant scattered plants of <i>C. mediterranea stricta</i>	12
<i>Cystoseira compressa</i>	Populations of <i>C. compressa</i> v. <i>compressa</i>	12
<i>Cystoseira mediterranea</i> 1	Rare scattered plants of <i>C. mediterranea stricta</i>	10
<i>Corallina</i>	Belt of <i>Corallina elongata</i> without <i>Cystoseira</i>	8
<i>Haliptilon</i>	Belt of <i>Haliptilon virgatum</i> , without <i>Cystoseira</i>	8
<i>Mytilus</i>	Mussel (<i>Mytilus galloprovincialis</i>) beds, without <i>Cystoseira</i>	6
<i>Encrusting corallines</i>	Belt of <i>Lithophyllum incrustans</i> , <i>Neogoniolithon brassica-florida</i> and other encrusting corallines	6
Green algae	Upper sublittoral belts of <i>Ulva</i> and <i>Cladophora</i>	3
Blue greens	Communities dominated by Cyanobacteria and <i>Derbesia tenuissima</i>	1

3.1.3. Informations sur les vertébrés

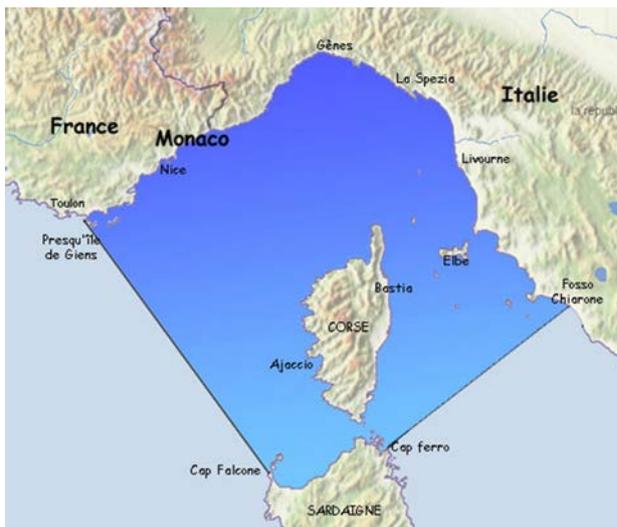
Les cétacés

Parmi les espèces en danger ou menacées en Méditerranée inscrite à l'Annexe II du protocole ASP/DB, on compte 8 espèces principalement présentes sur les côtes de Méditerranée occidentale :

- Le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*)
- Le cachalot (*Physeter macrocephalus*)

- La baleine à bec de Cuvier (*Ziphius cavirostris*)
- Le globicephale noir (*Globicephala melas*)
- Le dauphin de Risso (*Grampus griseus*)
- Le grand dauphin (*Tursiops truncatus*)
- Le dauphin commun à bec court (*Delphinus delphis*)
- Le dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*)

Ces espèces font l'objet d'une attention particulière au sein du sanctuaire PELAGOS, en Méditerranée nord occidentale, le long des côtes espagnoles, mais également dans le détroit de Gibraltar (Museo del Mar, Ceuta).



Le sanctuaire de PELAGOS

Espace maritime de 87500 km² situé entre l'Italie, Monaco et la France, le sanctuaire a été créé après constatation dans les années 80 d'une fréquentation importante et diversifiée de mammifères marins. Les cétacés semblent, en effet, être attirés par une production primaire élevée.

L'objectif de cet accord tripartite est de garantir un état de conservation favorable des mammifères marins. Les pays signataires se sont engagés à identifier les menaces et à prendre les mesures appropriées pour les réguler

Synthèse des activités humaines affectant les cétacés de Méditerranée occidentale

Activités	Effet	Impact sur les cétacés
Activités militaires Travaux sous-marins Sonars	Pollution sonore	Problème d'écholocalisation, surdité, mort
Navigation sportive Plaisance	Pollution sonore, Collision, dérangement	Problème d'écholocalisation, surdité, mort
<i>Whale watching</i>	Dérangement stress Harcèlement	Perturbations des activités et liens sociaux
Transport de marchandises et de passagers	Collision, dérangement	Blessures, mortalités, échouages
Pêche professionnelle	Captures accidentelles	Blessures, mortalités, échouages
Pollution tellurique	Bioaccumulation de métaux lourds et pesticides	Troubles hormonaux, reproduction affecté, transmission des contaminants à la descendance

Outre les Cétacés, une seule espèce de Pinnipèdes était présente en méditerranéenne occidentale. Il s'agit du Phoque moine *Monachus monachus*, dont les habitats potentiels sont bien identifiés sur le pourtour méditerranéen. Cette espèce a totalement disparu de Méditerranée occidentale. On enregistrait encore de nombreuses signalisations en Afrique du nord, et particulièrement en Algérie, dans les années 80, et le dernier représentant de l'espèce aurait disparu du Maroc en 2004.



Mammifères marins dans les parages de Marseille

Les Tortues marines

Il existe 5 espèces de tortues marines en Méditerranée : La tortue Luth (*Dermochelys coriacea*), la tortue Caouanne (*Caretta caretta*), la tortue de Ridley (*Lepidochelys kempii*), la tortue verte (*Chelonia mydas*) et la tortue à écailles (*Eretmochelys imbricata*). Les principales menaces sont celles liées à la détérioration des habitats dont les aires de nidification, d'alimentation et d'hivernage et les passages migratoires clés; les impacts directs sur les populations de tortues causés par les prises accidentelles dans les pêcheries au chalut et au palangre, la consommation, l'exploitation des œufs et les collisions avec les bateaux enfin la pollution qui peut avoir un impact à la fois sur les habitats et les espèces. Les tortues marines sont rarement signalées.

La tortue caouanne *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) est la tortue marine la plus commune de Méditerranée occidentale. C'est une grande tortue pouvant mesurer jusqu'à 1,50 m que l'on trouve en eau profonde. En déclin sur une grande partie de son aire de répartition, elle a disparu en tant qu'espèce reproductrice depuis le début du siècle au nord de la Méditerranée.

Les oiseaux marins

La méditerranée représente une aire importante d'hivernage, de reproduction et de migration pour les oiseaux marins (Zotier et al.1999). En France, il existe de nombreux programmes d'étude, menés notamment par le CEEP, le CENLR, les amis du Vigueirat et la Ligue de Protection des Oiseaux, permettent d'avoir une bonne précision de l'état des populations d'oiseaux marins inscrits à l'annexe II du protocole ASP/DB. Ils sont particulièrement suivis autour des îles et de la Camargue. De la même manière, l'Espagne abrite probablement une des plus diverses communautés d'oiseaux migrateurs d'Europe (Arcos et al. 2009). Dix espèces de mouettes et sternes ont leurs principales colonies le long des côtes espagnoles et 4 espèces de procellariiformes (pétrels et puffins) nichent régulièrement sur les Iles Baléares. Le puffin des Baléares est une des espèces les plus menacées de Méditerranée, ne nichant qu'aux Baléares et étant représentée que par environ 2000 couples. Au Maroc, la lagune de Nador et l'embouchure de la Moulouya sont des sites d'hivernage reconnus d'intérêt mondial pour l'avifaune, mais les oiseaux marins y sont d'une manière générale peu étudiés. La Tunisie est également un site d'hivernage majeur pour les oiseaux d'eau du paléarctique et un important lieu d'escale pour la migration trans saharo-paléarctique. Les études faites sur la biodiversité avicole aquatique sont limitées, on recense néanmoins 105 espèces réparties dans 7 familles. Parmi les espèces les plus vulnérables en Tunisie, on compte le cormoran huppé (*Phalacrocorax aristolelís.*), le faucon d'Eléonore (*Falco eleonora*), le faucon pèlerin (*Falco peregrinus*), le goéland d'Audouin (*Larus audouanii*), la sterne hansel (*Gelochelidas nilotrioc*), la sterne pierregarun (*Sterna hirundo*) et la sterne naine (*Sterna albifrons*).

Liste des espèces d'oiseaux d'intérêt pour la conservation pour la Méditerranée

Espèces	Annexe Protocole ASP-DB
<i>Ceryle r. rudis</i> (Linnaeus, 1758)	II
<i>Charadrius alexandrinus</i> (Linnaeus, 1758)	II
<i>Charadrius leschenaultii columbinus</i> (Lesson, 1826)	II
<i>Larus genei</i> (Breme, 1839)	II
<i>Larus melanocephalus</i> (Temminck, 1820)	II
<i>Puffinus mauretanicus</i> (Lowe, PR, 1921)	II
<i>Sterna caspia</i> (Pallas, 1770)	II
<i>Sterna nilotica</i> (Gmelin, JF, 1789)	II
<i>Calonectris diomedea</i> (Scopoli, 1769)	II
<i>Falco eleonora</i> (Géné, 1834)	II
<i>Hydrobates pelagicus</i> (Linnaeus, 1758)	II
<i>Larus audouinii</i> (Payraudeau, 1826)	II
<i>Numenius tenuirostris</i> (Viellot, 1817)	II
<i>Pandion haliaetus</i> (Linnaeus, 1758)	II
<i>Pelecanus onocrotalus</i> Linnaeus, 1758	II
<i>Phalacrocorax aristotelis</i> (Linnaeus, 1761)	II
<i>Phoenicopterus ruber (roseus)</i> Linnaeus, 1758	II
<i>Puffinus puffinus yelkouan</i> (Brünnich, 1764)	II
<i>Sterna albifrons</i> Pallas, 1764	II
<i>Sterna bengalensis</i> Lesson, 1831	II
<i>Sterna sandvicensis</i> Latham, 1878	II

3.1.4. Inventaire des apparitions temporelles, l'abondance et la distribution spatiale des espèces exotiques, non indigènes et invasives

En Méditerranée le protocole ASP/DB adopté en juin 1995 précise : « 1. Les Parties prennent toutes les mesures appropriées pour réglementer l'introduction volontaire ou accidentelle dans la nature d'espèces non indigènes ou modifiées génétiquement et interdire celles qui pourraient entraîner des effets nuisibles sur les écosystèmes, habitats ou espèces dans la zone d'application du présent Protocole. 2. Les Parties s'efforcent de mettre en œuvre toutes les mesures possibles pour éradiquer les espèces qui ont déjà été introduites lorsque, après évaluation scientifique, il apparaît que celles-ci causent ou sont susceptibles de causer des dommages aux écosystèmes, habitats ou espèces dans la zone d'application du présent Protocole ».

On compte en Méditerranée 581 espèces introduites en tenant compte notamment des Ciliés, des invertébrés et des Téléostéens (voir revue de Boudouresque, 2008). Elles représentent 5% des effectifs en espèces. La plupart des espèces introduites sont des immigrants lessepsiens, c'est-à-dire arrivées après l'ouverture du canal de Suez, beaucoup d'autres espèces sont arrivées sur les coques de bateaux. Depuis les années 70, l'aquaculture est devenue une voie majeure d'introduction (Boudouresque, 2004). D'une manière générale, les signalisations d'espèces introduites ont nettement augmenté au cours des dernières décennies, probablement à cause du trafic maritime, des introductions accidentelles, ou des eaux de ballast. Avec le soutien de la CIESM (www.ciesm.org), un grand effort a été consenti pour inventorier l'ensemble des espèces exotiques en Méditerranée, et publier leur description et carte de répartition dans des Atlas. A ce jour, il existe les atlas sur les poissons, les mollusques, les crustacés et celui sur les macrophytes est en préparation (<http://www.ciesm.org/atlas/appendix4.html>).

Peu de données sont disponibles sur les espèces invasives au Maroc, et le peu d'informations transmises est erronée (origine de *Caulerpa racemosa* par ex.). Dans le mesure où il existe plusieurs « hot-spot » d'introduction dans le bassin occidental (Gabès en Tunisie ou encore Thau en France), il serait étonnant qu'une lagune comme celle de Nador ne soit pas grandement concernée par les introductions. Le nord de la Tunisie est une région stratégique pour suivre l'arrivée d'espèces lessepsiennes dans le bassin occidental de Méditerranée. En Tunisie, sur les 110 espèces de Macrophytes introduits en Méditerranée, 21 espèces sont signalées. La zone la plus impactée semble être le Golfe de Gabès. Certaines espèces tel que (*Lophocladia lallemandii*, *Caulerpa racemosa* et *Halophila stipulacea*) sont considérées comme ayant le plus grand pouvoir invasif. On trouve 22 espèces de mollusques exotiques dont 19 font partis des 100 espèces les plus invasives de la Méditerranée des (Streftaris & Zenetos, 2006) Les crustacées exotiques signalées en Tunisie sont au nombre de 20 dont 3 amphipodes, 4 isopodes et 13 décapodes. Le nombre de poissons allochtones qui atteint les côtes de Tunisie ne cesse d'augmenter au cours des dix dernières années, on dénombre actuellement vingt-quatre espèces de poissons exotiques dans les eaux tunisiennes. La plupart des espèces mentionnées n'ont été récoltées qu'en faible nombre voire en un seul spécimen (*Carcharhinus falciformis*, *Glaucostegus halavi*, *Pisodonophis semicinctus*, *Upeneus pori*), d'autres sont devenues communes dans les eaux tunisiennes. Huit espèces font partie des 100 espèces les plus invasives de la Méditerranée: *Saurida*

undosquamis, Fistularia commersonii, Pempheris vanicolensis, Seriola fasciata, Siganus luridus, Siganus rivulatus, Sphyaena chrysotaenia et Upeneus pori.

Le top 100 des espèces invasives les plus dangereuses en Méditerranée et leurs effets sur la Biodiversité et les activités socio-économiques (Extrait de Streftaris & Zenethos, 2006). F : pêche et aquaculture – H : Sanitaire et santé – I : Infrastructures. Le groupe d'expert n°5 du SEBI2010 (Streamlining European 2010 Biodiversity Indicators) a également identifié une liste des espèces les plus dangereuses pour la biodiversité européenne.

Table 1
The '100 Worst Invasive Species' in the Mediterranean
F: Fisheries/Aquaculture - H: Health & Sanitation - I: Infrastructure & Building.

Species Latin name	Common name	Biodiversity	Socio-economy			SEBI 2010
			F	H	I	
PLANTS						
PHYTOBENTHOS						
<i>Acrothamnion preissii</i>	A red alga	+	+			+
<i>Antithamnion nipponicum</i>	A red alga		+	+		+
<i>Asparagopsis armata</i>	Harpoon weed	+	+			+
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	Limu kohu	+				+
<i>Bonnemaisonia hamifera</i>	A red alga	+				
<i>Caulerpa racemosa</i>	Grape caulerpa	+	+			+
<i>Caulerpa taxifolia</i>	Killer alga	+	+			+
<i>Codium fragile</i>	Dead man's finger	+	+	+		+
<i>Colpomenia peregrina</i>	A brown alga	+	+			
<i>Desmarestia viridis</i>	A brown alga	+	+			+
<i>Grateloupia viridula</i>	A red alga	+	+			
<i>Halophila stipulacea</i>	A sea grass					+
<i>Heterostrophia japonica</i>	A red alga	+	+			
<i>Lophocladia lallemandii</i>	A red alga	+				
<i>Polysiphonia morrowii</i>	A red alga	+	+			+
<i>Sargassum muticum</i>	Jap weed	+	+	+		+
<i>Synopodium schimperi</i>	A brown alga	+				+
<i>Ulvaria proratifolia</i>	Waikane, Asian kelp	+	+			+
<i>Womersleyella setacea</i>	A red alga	+				+
PHYTOPLANKTON						
<i>Alexandrium catenella</i>	A dinoflagellate	+	+	+		+
<i>Alexandrium taylori</i>	A dinoflagellate	+				+
<i>Coccoloba monostriata</i>	A dinoflagellate	+	+	+		+
<i>Ornateopsis ovata</i>	A dinoflagellate	+	+	+		+
VERTEBRATES						
FISH						
<i>Alepes djedaba</i>	Shrimp scad	+				
<i>Callionymus filamentosus</i>	Dragonet	+				
<i>Duzsumeria elopoides</i>	Slender rainbow sardine	+				
<i>Lagocephalus sceleratus</i>	Elongated pufferfish	+	+			
<i>Fistularia commersonii</i>	Bluespotted cornetfish	+				+
<i>Herklotsichthys punctatus</i>	Spotted herring	+				
<i>Pempheris vanicolensis</i>	Vaukoro sweeper	+				
<i>Plotosus lineatus</i>	Eel catfish	+	+			
<i>Sargocentron rubrum</i>	Redcoat	+				
<i>Saurida undosquamis</i>	Brushtooth lizard fish	+				+
<i>Scomberomorus commerson</i>	Narrowbarred Spanish mackerel	+				
<i>Seriola fasciata</i>	Lesser amberjack	+	+			+
<i>Siganus luridus</i>	Dusky spine foot	+	+			+
<i>Siganus rivulatus</i>	Marbel spine foot	+	+			+
<i>Sillago sihama</i>	Silver sillago	+				
<i>Sphaeroides pachygaster</i>	Bumhead puffer	+	+	+		+
<i>Sphyaena chrysotaenia</i>	Yellow stripe barracuda	+				
<i>Upeneus moluccensis</i>	Goldband goatfish	+				
<i>Upeneus pori</i>	Pot's goatfish	+				
INVERTEBRATES						
MOLLUSCA						
<i>Anadara demiri</i>	Arc shell	+				+
<i>Anadara inaequalis</i>	Arc shell	+				+
<i>Brachidontes pharaonis</i>	Variable mussel	+				+
<i>Bursatella leachi</i>	Ragged sea hare	+				
<i>Chama pacifica</i>	Large Pacific Chama	+				+
<i>Cerithium scabridum</i>	A gastropod	+				
<i>Crassostrea gigas</i>	Pacific giant oyster	+				+
<i>Crepidula aculeata</i>	Spray Slipper snail	+				
<i>Crepidula fornicata</i>	Slipper limpet	+	+			+

Species Latin name	Common name	Biodiversity	Socio-economy			SEBI 2010
			F	H	I	
<i>Macculista senhousia</i>	Green bag mussel	+				+
<i>Mya arenaria</i>	Soft shell clam	+				+
<i>Pinctada radiata</i>	Pearl oyster	+				+
<i>Rapana venosa</i>	Veined rapa whelk	+	+			+
<i>Rhinoclanis hochi</i>	A gastropod	+				
<i>Ruditapes philippinarum</i>	Mussels clam	+	+			+
<i>Spondylus spinosus</i>	Shiro-toge-umi-puku	+				+
<i>Strombus persicus</i>	Persian Couch	+				
<i>Teredo navalis</i>	Shipworm	+				+
<i>Xenostrobus securis</i>	Little Brown Mussel	+				+
POLYCHAETA						
<i>Branchiomma lucuosum</i>	Tube worm	+				
<i>Ficopomatus enigmaticus</i>	Australian tube worm	+				+
<i>Hydroses dianthus</i>	Tube worm	+				+
<i>Hydroses diaphana</i>	Tube worm	+				+
<i>Hydroses elegans</i>	Tube worm	+				+
<i>Hydroses heterocerus</i>	Tube worm	+				
<i>Hydroses homocerus</i>	Tube worm	+				
<i>Hydroses minax</i>	Tube worm	+				
<i>Hydroses opercularis</i>	Tube worm	+				+
<i>Hydroses brachycaucus</i>	Tube worm	+				
<i>Leonates persicus</i>	Mud worm	+				
<i>Polydora cornuta</i>	Mud worm	+	+			+
<i>Pomatoloeus kraussii</i>	Tube worm	+				+
<i>Pseudometis anomala</i>	Mud worm	+				
<i>Spirobranchus tetraceros</i>	Tube worm	+				
<i>Spirorbis marioni</i>	Tube worm	+				+
<i>Spreobolopsis gynobranchiata</i>	Mud worm	+				
CRUSTACEA						
<i>Callinectes sapidus</i>	Blue crab	+	+			
<i>Charybdis longicollis</i>	Swimming crab	+	+			
<i>Charybdis heileri</i>	Spiny heads	+				
<i>Dyspanopeus sayi</i>		+				
<i>Eragosquilla massanensis</i>	Mantis shrimp	+				
<i>Elaeopus pectiniscrus</i>	An amphipod	+				
<i>Eriocheris sinensis</i>	Chinese mitten crab	+	+			+
<i>Marzupaneus japonicus</i>	Tiger prawn Karuwa	+				+
<i>Melicerus hastor</i>	A shrimp	+				
<i>Metapaneus monoceros</i>	Speckled shrimp	+				
<i>Metapaneus zschabingeri</i>	Pearl shrimp	+				
<i>Nymitcola orientalis</i>	Red worm	+	+			
<i>Penaeus semisulcatus</i>	Green tiger prawn	+				
<i>Percnon gibbesi</i>	Nimble spray crab	+				+
<i>Portunus pelagicus</i>	Blue swimming crab	+				
OTHER INVERTEBRATES						
<i>Amphitetrasia lobifera</i>	A foraminiferan	+				
<i>Amphitetrasia hemprichii</i>	A foraminiferan	+				
<i>Asterina burtoni</i>	A starfish	+				
<i>Microcosmus easperatus</i>	An ascidian	+				+
<i>Oculina patagonica</i>	A stony coral	+				
<i>Rhopilema nomadica</i>	A jelly fish	+	+	+	+	+
<i>Tricellaria inopinata</i>	A bryozoan	+				+

Très peu de travaux ont été consacrés aux espèces exotiques en Algérie, et de ce fait il existe une mauvaise connaissance des mécanismes d'introduction et des effets potentiels des invasions sur les écosystèmes marins. De la même manière, Monaco n'a jamais réalisé d'inventaire de ses espèces exotiques.

La présence de plusieurs spécialistes dans ces pays fait qu'il existe une assez bonne connaissance de la diversité des espèces exotiques en France et Espagne, avec de nombreuses études concernant leur impact sur les écosystèmes. Parmi les macrophytes introduites en Méditerranée, on compte 6 espèces considérées comme invasive sur le littoral Français. Deux autres espèces introduites se sont ajoutées récemment à cette liste : *Asparagopsis taxiformis* et *Ostreopsis ovata* (Boudouresque et Verlaque. 2002, Verlaque com. pers). Avec le hot-spot d'introduction que constitue l'Etang de Thau, la France est souvent considérée comme le premier pays d'introduction d'espèces (Ribera et Boudouresque 1995). En matière d'espèce invasives, la législation Française était jusqu'à relativement récemment pratiquement inexistantes. La « loi Barnier » publiée en 1995 est la première loi qui évoque l'introduction d'espèces. La législation française reste néanmoins particulièrement laxiste en ce qui concerne les introductions d'espèces (Boudouresque, 2008). Parmi les taxons exotiques présents en Espagne, 53% sont des macrophytes et les moins représentés sont les mollusques. Toutes les espèces d'algues à caractères invasifs de Méditerranée occidentale sont présentes en Espagne et posent des problèmes aux écosystèmes benthiques : *Caulerpa taxifolia*, *Acrothamnion preissii*, *Asparagopsis taxiformis*, *Asparagopsis armata*, *Womersleyella setacea*, *Lophocladia lallemandii*, *Caulerpa racemosa* var *cylindracea*, *Codium fragile* ssp *tomentosoides* et *Colpomenia peregrina* (Pou et al. 1993 ; Ballesteros 2008).

Un des cas récurrents dans tout le bassin occidental est celui des caulerpales, *C. taxifolia* et *C. racemosa*. Dès 1990, des efforts importants ont été déployés pour suivre et mesurer la progression de *C. taxifolia*, puis *C. racemosa* en Méditerranée occidentale. Trois campagnes de sensibilisation internationale ont été réalisées en 1993 et 1997 et 1999 dans le cadre du programme *Life DG XI* "Contrôle de l'expansion de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée", puis dans le cadre du programme européen ALIEN. La colonisation par *C. racemosa* est actuellement extrêmement rapide, cette algue affectant même des sanctuaires sous-marins. Des procédures rapides existent pour suivre l'expansion de ces algues (appliquées en France et à Monaco) et il conviendrait de les transposer aux autres pays du bassin occidental.



3.1.5. Information sur les espèces d'intérêt commercial pour la pêche (poissons, mollusques et crustacés)

Des Etats de Méditerranée occidentale, Monaco est le seul qui ne présente pas d'activités de pêche significative, et l'Algérie est le seul à ne pas avoir présenté de cartes des zones de pêches indiquant efforts et nature des prises. Pour les autres, il conviendrait d'harmoniser le mode de présentation des statistiques de pêche.

Le capital ichtyologique de l'Algérie est constitué de 352 taxons (base de données partielle) dont 25 seraient menacés (<http://www.fishbase.org>). Les menaces sont particulièrement importantes pour les thonidés, les sardines (de plus en plus supplantées par la sardinelle), la langoustine et le merlu. Selon les dernières prospections effectuées par le Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques (2003-2004), la superficie maritime exploitable est évaluée à 9,5 millions Ha mais seuls 2,2 millions sont effectivement exploitées. Il en découle une forte pression sur les zones côtières à des profondeurs inférieures à 200 mètres. Le nombre d'espèces chalutables serait de 26. D'une façon générale, il est aujourd'hui admis que d'ici 20 ans, les ressources auront diminué de 30% même si l'Algérie ne pêche que le tiers autorisé du stock disponible, évalué à 210 000 T. L'accroissement du nombre de bateaux (2 400 bateaux en 1999 à presque 4000 en 2005) et l'étroitesse de la bande marine exploitée affectera sans nul doute la structure de la biodiversité des espèces commerciales.

La pêche en Tunisie a atteint 100578 tonnes en 2008 contre 90039 en 1998 soit une augmentation de 11% en dix années due essentiellement aux plus grandes prises d'espèces pélagiques. La flottille active en 2008 était de 11348 unités. La zone nord assure 12875 tonnes des captures soit 13% de la production nationale. Les ressources halieutiques en Tunisie ont fait objet d'évaluations exhaustives durant la période 1999-2002, et la période de 2004-2006 par l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM). Plus que 18 espèces démersales (3 crustacés, 2 mollusques et 13 poissons) ont fait l'objet d'une réactualisation de l'état d'exploitation de leurs stocks. La zone nord est relativement épargnée vis-à-vis de l'intensification de l'effort et de la surexploitation.

La côte méditerranéenne du Maroc abrite des richesses halieutiques importantes et assez diversifiées. Une soixantaine d'espèces sont réputées d'intérêt commercial et se répartissent entre poissons, crustacés et mollusques. La sardine, *Sardina pilchardus*, représente le support des débarquements des petits pélagiques en Méditerranée marocaine. Le rouget de vase (*Mullus barbatus*) et la crevette rose (*Parapenaeus longirostris*) sont des espèces démersales particulièrement importantes en Méditerranée marocaine (Slimani & Hamdi 2004). Les débarquements annuels de ces espèces représentent environ 12 % des débarquements totaux des espèces démersales. Elles ont été recommandées parmi les espèces prioritaires pour des études d'évaluation en Méditerranée.

En Espagne, les débarquements de pélagiques sont en constante diminution depuis 1994 (Coll et al. 2006). La crevette *Aristeus antennatus* est une ressource importante du chalutage dans les eaux espagnoles sur des fonds situés entre 400 et 800 mètres de profondeur. Cette pêche contribue très significativement aux statistiques globales et peut représenter jusqu'à 30% des bénéfices réalisés par les pêcheries espagnoles.

La pêche en France, longtemps artisanale, se développe industriellement principalement en Languedoc Roussillon.

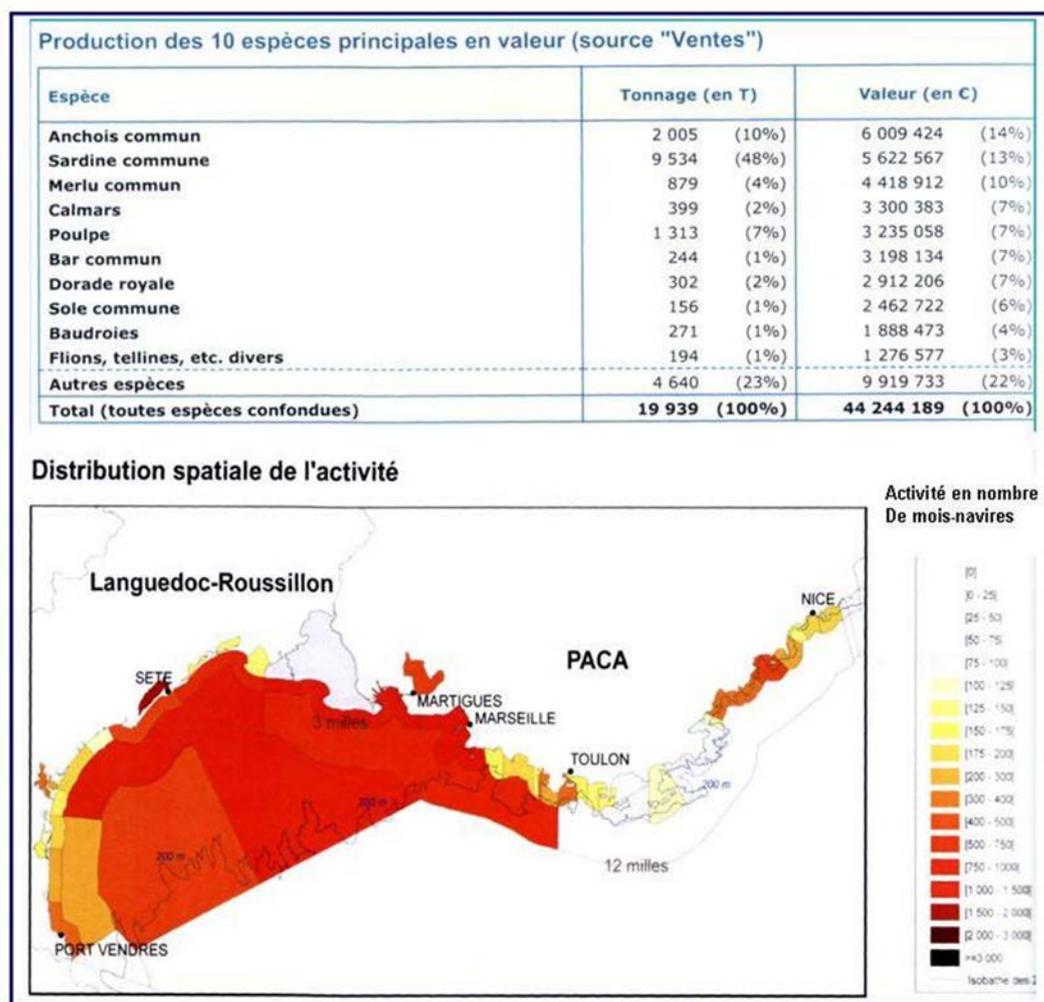
Sète, 10^{ème} port de pêche français avec environ 26000 tonnes pêchées en 1998, est le premier port de pêche méditerranéen. Sur le littoral méditerranéen français, la pêche est donc principalement concentrée dans le Golfe du Lion et dans la zone située entre Marseille et Toulon. Dans cette zone, en 2006, l'activité dépassait au large les 1000 à 1500 mois-navire. Les fileyeurs constituaient la majorité de la flotte de pêche avec 667 navires et 886 marins en 2006. Les chalutiers avaient une flotte plus réduite (111 navires). Dans les zones de pêche du littoral français méditerranéen, l'anchois et la sardine représentaient en 2006 plus de la moitié (58%) du tonnage de poissons pêchés et 27% de la valeur des pêcheries. Les merlus représentent 7% du tonnage et 10% de la valeur des pêcheries. Les céphalopodes (Calmars et poulpes) sont une ressource importante pour la pêche avec 9% des tonnages et 14% de la valeur des pêcheries de 2006.

L'aquaculture méditerranéenne est caractérisée par la maturité de la conchyliculture en étang. Par ailleurs, les productions intensives de loup et de daurades ne cessent de progresser depuis les années 80 et peuvent représenter jusqu'à 75 % des productions nationales de ces espèces.

Certaines pêcheries subissent parfois les effets combinés de la surpêche et du changement global, montrant ainsi des fluctuations inter-annuelles importantes. Très récemment, Sabates *et al.* (2006) ont démontré comment le réchauffement du bassin occidental pouvait favoriser une pêcherie. Ce travail a porté sur l'analyse de données spatio-temporelles (4 zones le long de la côte espagnole ; 50 années) sur l'abondance et la distribution de la sardinelle, *Sardinella aurita*, en relation avec les variations de température. Dans un premier temps, ils ont établi une relation positive entre les prises de sardinelles et les anomalies thermiques aériennes. Les auteurs ont également montré une relation entre le lent réchauffement des eaux le long de la côte espagnole, la progression vers le Nord de cette espèce, et un très bon succès de reproduction. Le résultat le plus spectaculaire est dans l'explication de la variabilité des prises annuelles de sardinelles par la température moyenne de l'eau de surface du mois d'avril de l'année précédente, offrant ainsi la perspective d'une prédiction de la qualité de la pêche une année à l'avance.

Malheureusement, de telles conséquences « positives » du réchauffement pour les pêcheries, peuvent être d'une certaine manière compensées par des disparitions de formes septentrionales. 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 (Francour *et al.* 1994). Dans les années 80, en période de NAO positifs, ce sont les stocks d'anchois qui ont considérablement déclinés, passant d'un pic de biomasse de 640000 tonnes en 1978 à environ 16000 tonnes en 1987. D'après Bombace, l'effondrement de cette pêche ne peut pas être

lié à la surpêche, mais plutôt à des modifications du réseau trophique, et surtout à des conditions hydroclimatiques (Salat 1996) qui ont pu affecter les taux de survie des œufs et larves d'anchois. Dans certains cas, les effets sur les pêcheries peuvent en partie résulter de modifications dans le cycle de vie. Ce phénomène concerne en particulier des espèces qui migraient en automne vers leurs habitats hivernaux et qui restent aujourd'hui plus longtemps dans le Nord et dans le centre du bassin méditerranéen (Bombace 2001). C'est le cas par exemple de la Sériole, *Seriola dumerlii*, dont les quartiers d'hiver sont normalement dans le Sud de la Méditerranée, avec une migration vers le Nord durant l'été. Aujourd'hui, il arrive de plus en plus fréquemment que ce grand pélagique reste jusqu'à l'hiver dans le bassin Nord. De la même manière le thon *Thunnus thynnus*, un migrant venant d'Atlantique, reste aujourd'hui de plus en plus longtemps dans le Nord et le centre de la Mer Méditerranée, s'offrant ainsi aux pêcheries locales sur de plus longues périodes (Bombace 2001). Des mesures réglementaires concernant la pêche du thon ont été prises dans plusieurs pays, allant jusqu'à la proposition d'une interdiction de sa pêche par l'Europe.

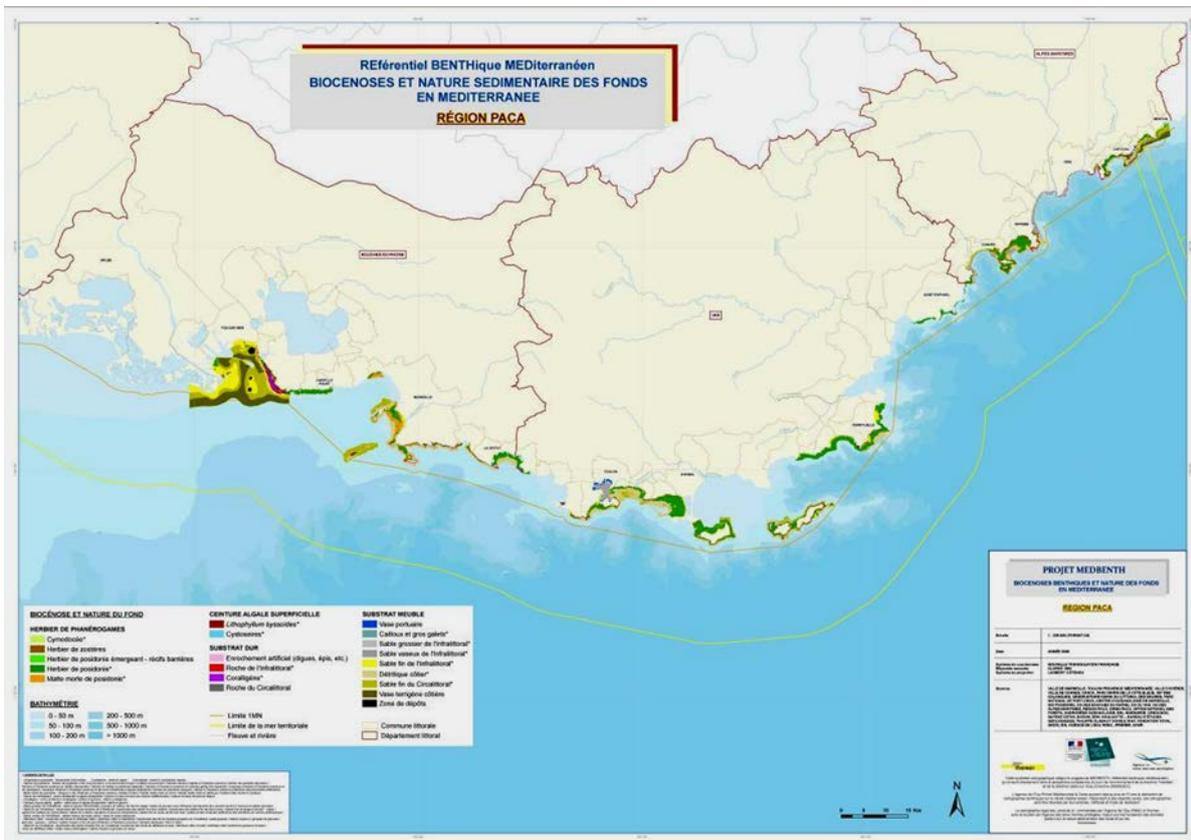


Mode de représentation des statistiques de pêche en Méditerranée française.
Synthèse des flottilles françaises 2006. IFREMER.

3.2. Habitat types

Chaque Etats participants a avancé une liste, parfois conséquente, d'aires marines protégées. La question de la réglementation en matière de conservation se pose souvent, surtout lorsqu'il ne s'agit pas de Parcs Nationaux. Par exemple, il faut noter que la caractérisation des habitats n'est pratiquée au Maroc que lors d'expertises commandées par le CAR-ASP (MedMPA, 2002 ou PAC-Maroc, 2009). La situation est à peu près la même en Tunisie. A l'opposé, il existe actuellement en France et en Espagne une forte volonté de cartographier et mettre en place des suivis écologiques des principaux habitats se trouvant au sein des aires marines protégées, et ce depuis le littoral jusqu'aux grands fonds. Mais pour le moment, aucune synthèse cartographique n'existe véritablement, et ce, quelque soit le pays de Méditerranée occidentale. Seule la France a entamé une démarche pour regrouper et harmoniser les données cartographiques du littoral méditerranéen dans une base de données appelée MEDBENTH (voir cartes exemple de carte ci-après). Dans ce pays, l'Agence des Aires Marines Protégées démarre un **inventaire national des habitats marins patrimoniaux** sur commande du Ministère en charge de l'écologie. Ces inventaires combleront très prochainement les manques de connaissances résiduels. Les informations disponibles en Algérie sont particulièrement floues.

Les habitats d'intérêt sont à peu près toujours les mêmes mentionnés dans les différents rapports nationaux.



Exemple de synthèse cartographique disponible dans la base de données MEDBENTH.
Source : <http://www.ifremer.fr/sextant/srv/fr/main.home>.

Herbier de posidonie

Posidonia oceanica est une magnoliophyte marine endémique de Méditerranée. Elle constitue des herbiers pouvant être présent jusqu'à 40 mètres de profondeur. Les herbiers de posidonies sont bien représentés tout au tour de la Méditerranée occidentale. Les feuilles mesurent de 40 à 80 cm et environ 1 cm de large et sont regroupés en faisceaux qui poussent sur une tige appelée rhizome. Cet ensemble édifie peu à peu une « matte » composée de rhizome, racine et sédiment. Les mattes jouent notamment un rôle de stabilisation des fonds meubles. La posidonie craint particulièrement la dessalure et on ne la trouve pas à l'embouchure des grands fleuves, dans les lagunes et à l'entrée des estuaires. Les herbiers souffrent des activités humaines et notamment : les aménagements littoraux et la modification des flux sédimentaires, la modification des apports par les fleuves, la diminution de la transparence de l'eau, la pollution chimique, les ancrages, les arts traînants, les explosifs, l'aquaculture et la compétition avec les espèces introduites. De ce fait, les mesures de l'état de vitalité de l'herbier de posidonies est un des indicateurs de santé des écosystèmes couramment utilisés.

L'herbier de posidonie constitue un enjeu majeur de protection et de gestion du milieu marin Méditerranéen depuis quelques décennies. Cet habitat représente un écosystème de haute valeur écologique qui est l'un des plus productifs de la planète (Boudouresque et *al.* 2006). Etant un élément fondamental pour la qualité des milieux littoraux, l'herbier de posidonie est important pour le développement du tourisme et la pêche artisanale. Inscrite sur de multiples conventions internationales, la posidonie est légalement protégée en France depuis la loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature et par l'arrêté interministériel du 19 juillet 1988, en Espagne (Région Catalane en 1991 ; Région de Valencia en 1992) et plus généralement dans toute l'Europe (Habitat prioritaire de la Directive « Habitats-faune-flore » en 1992). Le Plan d'Action pour la Conservation de la Végétation Marine en Méditerranée (1999), adopté par les pays contractants à la Convention de Barcelone, prévoit la mise en place de législations nationales destinées à protéger la posidonie et les herbiers qu'elles constituent. La gestion de l'herbier à posidonies demande la mise en place de plans de gestion ciblés de toutes les zones sensibles, avec notamment :

- Maîtrise de la qualité des eaux ;
- Interdiction des mouillages forains ;
- Interdiction du chalutage sur l'ensemble de l'herbier et gestion de l'effort de pêche ;
- Mise en place de réseaux de surveillance des herbiers. Des méthodes robustes de suivi écologique existent (Boudouresque et *al.* 2006).

Coralligène

Le coralligène est également un type d'habitat emblématique de Méditerranée occidentale et largement répandu, mais dont les faciès sont très variables d'une région à une autre. La biocénose du coralligène est parfois dominée par des grands invertébrés fixés tels que les gorgones (*Paramuricea clavata* et *Eunicella* spp.), des éponges et des bryozoaires ou encore certaines grandes algues pérennes, organismes emblématiques de Méditerranée, souvent clés de voûte de l'écosystème, et qui sont les principaux attraits pour des activités de loisirs liées à la pratique de la

plongée (photo, vidéo, biologie). A l'instar des récifs coralliens, ces paysages sous-marins exceptionnels sont le résultat de constructions biogènes pouvant atteindre plusieurs mètres d'épaisseur et pouvant couvrir de très grandes surfaces ou former des corniches sur les falaises sous-marines (Laborel, 1987). Les principaux agents constructeurs du coralligène sont des corallinaceae des genres *Mesophyllum*, *Lithophyllum* et *Pseudo-lithophyllum* (Laborel, 1961 ; Hong, 1980). La communauté abrite une très forte diversité d'invertébrés sessiles et suspensivores de plus petite taille (e.g. Pérès & Picard, 1964 ; Ros et al. 1985) qui contribue également à la construction et qui du fait de leur mode vie subissent et intègrent l'ensemble des perturbations de l'environnement côtier. D'ailleurs, la bioconstruction est généralement contre-balançée par l'action des foreurs ou rongeurs de substrats calcaires dont l'abondance est parfois favorisée par des modifications des conditions physico-chimiques du milieu (ex. éponges clones et oursins) (e.g. Rose & Risk, 1985 ; Carballo et al., 1996 ; Harmelin et al., 1981 ; Hong, 1983).

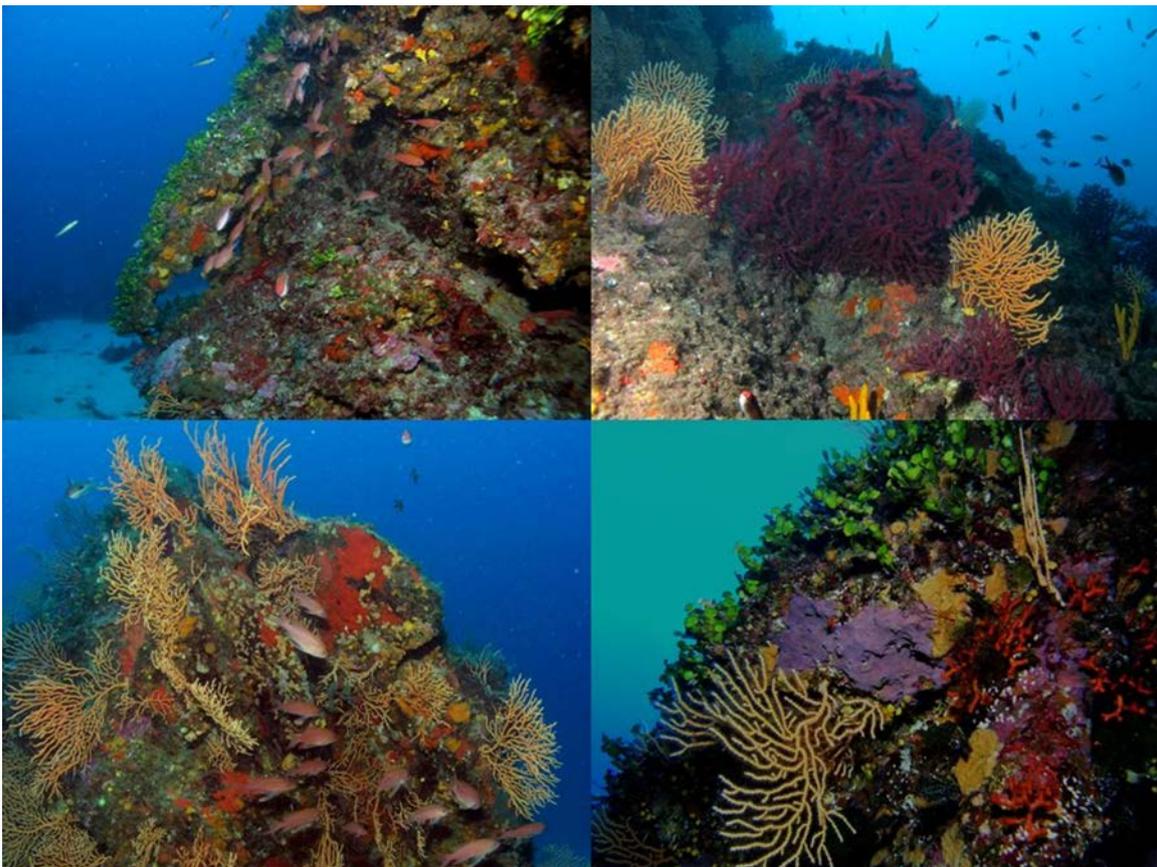
Les sources de dégradation de cette communauté sont multiples. Elles peuvent être d'origine anthropique (envasement, apports de contaminants, macro-déchets, action mécanique...), d'origine biologique (compétitions par des espèces introduites et invasives, prolifération de pathogènes) ou encore climatiques comme par exemple les anomalies thermiques estivales de 1999 et 2003 (Pérez et al., 2000a ; Cerrano et al., 2000 ; Bonhomme et al., 2003).

Certains taxons présents dans cette communauté se sont déjà révélés comme de bons indicateurs, mais le plus souvent à des échelles très locales. Par exemple, les spongiaires ont de nombreuses caractéristiques de bons bioindicateurs et sont apparus être des outils très pratiques pour l'évaluation de l'état de santé des écosystèmes (Pérez, 2000). Les assemblages d'éponges et le suivis d'espèces indicatrices, dont les éponges perforantes de la famille des Cliones, ont été employés pour mettre en évidence des déséquilibres au sein des communautés de substrats durs (e.g. Muricy, 1991 ; Carballo et al., 1996). Autre exemple, les gorgonaires sont extrêmement sensibles aux perturbations de toute sorte. Chez ces organismes coloniaux, les effets des perturbations se manifestent généralement dans un premier temps par des nécroses (mort partielle de la colonie), puis une diminution de leur abondance et de leur diversité (e.g. Arnoux et al., 1992 ; Harmelin & Marinopoulos, 1994 ; Pérez et al., 2000 ; Pérez et al., 2002; Bonhomme et al., 2003). Depuis l'observation de mortalité massive en Méditerranée (Cerrano et al., 2000 ; Pérez et al., 2000), l'espèce *Paramuricea clavata* a été au cœur d'un réseau de surveillance en région PACA (Sartoretto, 2002), malheureusement abandonné depuis.

Plusieurs autres espèces ont fait l'objet d'une veille écologique dans le cadre de programmes soutenus notamment par l'Institut Français de la Biodiversité (Boury-Esnault et al., 2003).

A l'heure où diverses directives européennes (relatives à la qualité de l'eau, des habitats) et conventions internationales demandent de prendre des mesures de contrôle de l'état de santé du milieu, de conservation des écosystèmes ou même de restauration, de nombreux groupes d'experts se réunissent pour décider des méthodes scientifiques et techniques à mettre en œuvre. Les communautés marines de substrats durs de Méditerranée, et le coralligène notamment, sont certainement parmi les plus diversifiées du littoral européen, sources de biens et services pour les activités humaines. Pourtant, il n'existe aujourd'hui aucune stratégie de surveillance de cette communauté à grande échelle. Les méthodes et savoir-faire existent. Des indicateurs biologiques ont localement fait leur preuve. Il s'agit aujourd'hui d'avoir une approche standardisée permettant la création d'un référentiel applicable en Méditerranée occidentale.

Le principal obstacle à la détermination d'un bon référentiel pour évaluer l'état de conservation de cette biocénose est la grande variété de faciès qu'elle peut présenter en Méditerranée occidentale. Pour cela, il est nécessaire de compléter les connaissances sur la composition de cette communauté dans les différents pays.



Différents états de référence du coralligène dans le bassin nord de Méditerranée occidentale

Quelques autres habitats

- Les Trottoirs à *Lithophyllum*

Le trottoir à *Lithophyllum lichenoides* est une formation très répandue en Méditerranée occidentale. On la retrouve en zone médiolittorale principalement abritée de la lumière et exposée à de fortes vagues. Cette construction biologique peut mettre plusieurs centaines d'années à s'établir. Elle est particulièrement menacée par les pollutions et aménagements littoraux.

- La biocénose des algues infralittorales et en particulier les associations à *Cystoseira*

En Méditerranée on compte 28 espèces de *Cystoseires* dont 20 sont endémiques. Ces espèces de Sargassaces (Macrophytes Fucophyceae) sont des ingénieurs d'écosystème qui peuvent constituer des « forêts » et abritent une large diversité faunistique et floristique (Ballesteros, 1990a, 1990b ; Ballesteros *et al.*, 1998). Certaines espèces sont caractéristiques des peuplements d'algues photophiles de l'infralittoral (ex : *Cystoseira crinita*, *C. amentacea* var. *stricta*) et d'autres sont inféodées à la biocénose du Coralligène et au Détritique côtier (ex : *C. zosteroides*).

D'une manière générale, ces espèces sont très sensibles à la pollution ainsi qu'à la sédimentation. Elles régressent donc généralement dans les zones fortement anthropisées (Thibaut *et al.*, 2004).

Pour la biocénose des algues infra-littorales, il existe une méthode d'évaluation aujourd'hui appliquée dans le nord du bassin : CARLIT (*Cartography of littoral and upper-sublittoral rocky-shore communities*) est une méthode de mesure de la qualité environnementale des eaux littorales. Le principe consiste à suivre l'intégralité de la côte à caractériser avec une petite embarcation. Les communautés littorales et la géomorphologie de la côte sont identifiées et référencés dans un SIG. A chaque communauté littorale est attribué un niveau de sensibilité qui prend en compte la vulnérabilité et la résistance aux stress environnementaux. Cet outil écologique a été expérimentée pour la première fois sur la côte catalane (Torras *et al.*, 2003 ; Ballesteros *et al.*, 2007) puis en Italie (Buia *et al.*, 2007), en France (Thibaut *et al.*, 2007) dans le cadre de la directive cadre sur l'eau, et enfin sur l'île de Malte (Thibaut & Mannoni, 2008).

- Les biocénoses des grottes semi-obscurées, des grottes et boyaux à obscurité totale

Les grottes sous marines ont été bien étudiées dans le nord du bassin, certaines aires géographiques étant des zones de concentration de ce type d'habitat (réseaux karstiques du littoral marseillais). Les peuplements des grottes sous-marines présentent un grand intérêt écologique, en particulier à cause de l'intensité des gradients physiques (lumière, circulation hydrologique, sédimentation) qui s'y déploient et du fait de la fragmentation importante de leur habitat (Harmelin *et al.* 1985). La distribution des organismes, régie par ces gradients, se traduit par une succession d'assemblages qui diffèrent de manière très marquée en fonction de la distance à l'entrée (Laborel & Vacelet, 1959). Les parties semi-obscurées abritent l'association remarquable du corail rouge. Les parties obscures et confinées des grottes sous marines sont souvent considérées comme représentant des mésocosmes des grands fonds.

Les grottes sous marines constituent aussi des paysages de hautes valeurs esthétiques, fréquemment visités par les plongeurs. La modification de l'hydrodynamisme, l'entrée de particule, la multiplication des contacts et l'accumulation de bulle sont autant de facteur mettant en péril les peuplements de grottes. Ce type d'habitat constitue un réservoir d'un grand nombre d'espèces inconnues. Il convient donc d'augmenter l'effort de recherche sur cet habitat dans les autres pays de Méditerranée occidentale, et notamment en Afrique du nord.

- **La Biocénose des Coraux profonds**

Très imparfaitement connue en Méditerranée occidentale, cette biocénose comprend fondamentalement deux grandes formes ramifiées de coraux: *Lophelia prolifera* et *Madrepora oculata*, qui sont des relictés des faunes froides récifales du Quaternaire. Ces massifs de Coraux blancs n'existent qu'à une profondeur appréciable, à partir de 200 m, sur des bords de canyons où la pente et les turbulences sont suffisantes pour que le substrat dur (roche en place ou thanatocénose consolidée) soit peu sédimenté. Au-delà de ces coraux, on trouve à cet étage une grande diversité d'invertébrés (éponges, gorgones, bryozoaires, etc.) et de nombreuses espèces commerciales y ont des phases de leur cycle de vie (merlu, sébastes, langoustines, etc.). A ce jour, ce type d'habitat a bénéficié d'une attention particulière dans le nord du bassin, notamment dans les canyons du Cap Creus (Espagne), Lacaze-Dutiers et Cassidaigne (France). En France, l'Agence des Aires Marines Protégées a démarré en 2008 une campagne d'exploration de l'ensemble des têtes de canyons (de 70 à 600m de fond) de la frontière espagnole jusqu'à l'Italie (campagne réalisée en 2009) et de la Corse (campagne réalisée en été 2010). L'interprétation des données acquises pendant ces campagnes sont en cours et devraient conduire prochainement à une caractérisation globale de ce type d'habitat, avec notamment une description des différentes associations rencontrées, une évaluation de l'état de conservation et des menaces encourues.

3.3. Conclusions et identification des besoins

D'une manière générale, l'étude des documents nationaux a montré une très grande hétérogénéité d'information. Dans certains cas, pour des taxons ou des habitats, on obtient des informations très détaillées, alors que d'autres entités sont passées sous silence dans certains documents.

Globalement, il existe un vrai manque de données synthétique sur la biodiversité marine nationale. Quand cette donnée est avancée (Algérie, Tunisie pour certains taxons), elle est très certainement largement sous-estimée car résultant de quelques études locales. En Afrique du nord, des portions entières de littoral et des habitats connus pour abriter une forte biodiversité (grottes, coralligène, roches profondes) n'ont pas du tout été explorés. A ce niveau, le manque de connaissance est particulièrement criant au Maroc. Dans ce pays, tous les documents nationaux consultés révèlent l'absence de programmes de suivi de la Biodiversité marine et côtière. Les connaissances acquises pour ces aspects sont très lacunaires et pour la plupart ponctuelles dans le temps ou dans l'espace.

Seules les ressources halieutiques semblent assez bien connues. Les conclusions issues des différents rapports marocains soulignent le manque de compétences nationales dans ce domaine.

En Tunisie, les cartographies ou délimitation précises des zones vulnérables, et les limites et des différents types d'habitats (trottoirs à vermet, coralligène,...) sont manquantes. L'analyse relativement complète réalisée par l'expert tunisien montre que l'état des connaissances et le degré de précision des informations sont très variables. A l'exception de quelques petits sites classés, on a globalement peu d'indications sur l'état écologique et les pressions subies par la biodiversité marine et côtière de la zone Nord de la Tunisie.

Dans le nord du bassin, c'est exactement l'inverse qu'on observe. Avec la mise en place des premières aires marines protégées il y a parfois plus de 30 ans et l'application des dernières directives européennes, les inventaires de biodiversité et cartographies se sont multipliés le long du littoral européen. La présence de grands centres de recherche en sciences marines, avec un héritage naturaliste, a fait aussi que les études faunistiques et floristiques ont été nombreuses depuis le milieu des années 50. Ceci étant, on est confronté dans ces pays à l'absence de documents de synthèse, de listes taxonomiques compilant l'ensemble de la littérature ou de cartographies réalisées selon un protocole standardisé. Cette démarche est en cours dans certains pays du nord. En France par exemple, l'Agence des aires marines protégées a démarré en 2010 un ***inventaire national des habitats marins patrimoniaux*** sur commande du Ministère en charge de l'écologie.

Il serait donc important d'obtenir à l'échelle de ce bassin des informations sur l'extension d'habitats clés ou encore de certaines espèces indicatrices de l'état de conservation des écosystèmes marins. Des méthodes d'évaluation existent, ont été appliquées localement, et il est maintenant nécessaire de les transposer à l'ensemble des pays du bassin de manière à obtenir un bon référentiel.

4. PRESSIONS ET IMPACTS

4.1. Perturbations biologiques

Les vecteurs majeurs d'introduction en Méditerranée sont le Canal de Suez et les maricultures particulièrement dans les lagunes littorales (Thau, Tunis, Nador). Un bilan des introductions dans le bassin occidental a déjà été présenté dans ce document (pp. 19-21). Cependant, Il existe des cas d'introduction, plus discrets, mais non moins préoccupants pour la biodiversité méditerranéenne et activités humaines dépendantes. Dans ce cas, les eaux de ballastes et le trafic maritime peuvent être aussi des vecteurs d'introduction très important.

Très peu de choses sont connues sur les changements affectant le phytoplancton en Méditerranée alors que la modification des communautés phytoplanctoniques en Atlantique est assez bien documentée, avec par exemple, au moins 16 espèces exotiques devenues communes au cours du dernier siècle, parmi lesquelles des espèces particulièrement thermophiles installées jusqu'en Mer du Nord (Elbrächter 1999 ; Nehring 1998). Les dinophytes planctoniques ont fait l'objet d'une attention particulière dans la mesure où de nombreuses espèces produisent des biotoxines

susceptibles de causes des syndromes paralytiques ou PSP^{*}. Gómez a apporté deux exemples concrets de progression de Dinophytes exotiques en Méditerranée septentrionale. En 1999, Gómez enregistrait la progression en Méditerranée du dinophyte exotique *Gymnodinium catenatum*. Cette espèce toxique, jusqu'à lors confinée en Mer d'Alboran et sur les côtes du Maroc, était observée pour la première fois en Algérie en septembre, puis portée par les courants le long de la rive Sud de la Méditerranée, elle finissait par atteindre le bassin Nord par les côtes italiennes (Gómez 2003). Cette espèce exotique habituée aux eaux eutrophes, mais bénéficiant de grandes capacités d'adaptation trophique, est même apparue dominante en sub-surface dans certains secteurs à faible salinité. Son extension géographique n'est pas seulement problématique à cause de sa toxicité, mais sa présence a été associée à de récents changements de la structure des chaînes trophiques pélagiques méditerranéennes. S'il existe un lien avec le changement climatique, il est sûrement indirect, et d'après l'auteur, sa progression est plus certainement due aux modifications des teneurs en nutriments qu'au réchauffement des eaux de surface. Avec un autre cas d'introduction de Dinophytes, le même auteur est beaucoup moins hésitant à propos du lien avec le réchauffement en Méditerranée (Gómez & Claustre 2003). Dans ce cas encore, il s'agit de deux espèces thermophiles d'un genre originaire de l'Océan Indien, *Asterodinium* (*A. 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 (Gómez & Claustre 2003). Il faut également noter que *Gambierdiscus toxicus*, l'agent principal de la ciguatera, normalement concentré en régions tropicales et sub-tropicales, a lui aussi été rapporté à plusieurs reprises en Méditerranée. Enfin, la progression de l'aire de répartition du dinophyte *Ostreopsis ovata*, producteur de palytoxines nocives pour la santé humaine, commence à être bien documentée en Méditerranée. Les blooms de cette espèce nuisible se faisant de plus en plus fréquent en Méditerranée nord occidentale (Italie, Monaco, France).

Très peu de travaux ont été consacrés aux espèces invasives et envahissantes en Afrique du nord du fait de l'absence de stratégies intégratives et relatives au risque associé à ces perturbations biologiques dans les pays de ce secteur. Malgré tout, les nuisances causées par le phytoplancton marin, qu'elles s'accompagnent ou non des pullulations désignées sous les noms d'efflorescences, «eaux colorées», «eaux rouges» ne peuvent plus être considérées comme bénignes. Ces phénomènes préoccupent, à juste titre, tout autant le public, les aquaculteurs que la communauté scientifique. En Algérie, plusieurs épisodes d'eaux dites colorées ont été signalées le long des côtes et plus particulièrement dans le secteur centre cette côte. Ces manifestations se sont intensifiées depuis l'été 2003, et durant l'été 2009 au moins trois secteurs ont été touchés par ce phénomène. Les échantillons de phytoplancton récoltés sur les côtes algériennes indiquent la présence d'espèces toxiques telles que *Prorocentrum lima*, *Noctiluca scintillans*, *Pseudo-Nitzschia mulieries* une Diatomée observée dans le golfe d'Annaba lors de la période d'eutrophisation, sans oublier le genre *Dinophysis* qui compte des espèces très toxiques. Les phénomènes «d'eaux colorées» sont également fréquents en Tunisie dans la zone littorale septentrionale.

* *Paralytic Shellfish Poisoning*

Ces phénomènes illustrent des crises dystrophiques souvent liées aux effluents d'eaux usées issues des stations d'épuration. Par exemple, on observe dans le golfe de Tunis un rejet en mer de 250000 m³/jour d'eaux usées d'origine urbaine, ce qui entraîne dans certaines zones une forte turbidité et une charge en matière organique occasionnant des blooms phytoplanctoniques, et des formations d'eaux colorées. Au Maroc, les efflorescences phytoplanctoniques mortelles pour les coquillages sont particulièrement surveillées. Ces dernières années, les blooms toxiques de *Gymnodinium catenatum* ont semblé plus fréquents.

4.2. Changements climatiques

Le changement global, singulièrement le réchauffement climatique et l'augmentation de la fréquence des événements extrêmes, affecte les écosystèmes terrestres comme marins. Les changements climatiques actuels sont très nettement conditionnés par le développement exponentiel des activités humaines et surpassent largement les frontières de la variabilité naturelle. Les effets potentiels du changement global agissent à différents niveaux d'organisation biologique, depuis des perturbations physiologiques d'individus jusqu'à des modifications d'une communauté et de son fonctionnement, et ce, par des extinctions locales ou/et des extensions de certaines espèces. Toutes les prévisions concernant les conséquences du réchauffement sur la biodiversité dans son ensemble sont très préoccupantes. Sur la base d'un scénario modéré de changement climatique, on prévoit actuellement une extinction de 15 à 37% des espèces occupant cette surface d'ici 2050. La Mer Méditerranée est une des régions sensibles aux changements climatiques et abritent de 4 à 18% de la biodiversité marine mondiale selon les groupes taxonomiques considérés. Pourtant, à ce jour, aucune modélisation n'a tenté d'évaluer le devenir de la biodiversité méditerranéenne. A partir des publications scientifiques et des données validées disponibles, on a dressé un inventaire aussi complet que possible de l'impact des changements climatiques sur la biodiversité marine en Mer Méditerranée (PNUE-PAM-CAR/ASP 2008 ; Lejeusne *et al.*, 2010).

L'émergence récente 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 fait souvent défaut sur les rives sud du bassin occidental, et il convient donc de mettre en place des stratégies adéquates à l'échelle de la Méditerranée de manière à développer des modèles de prédiction des changements des conditions environnementales (réchauffement, circulation, teneurs en nutriments).

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. 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).

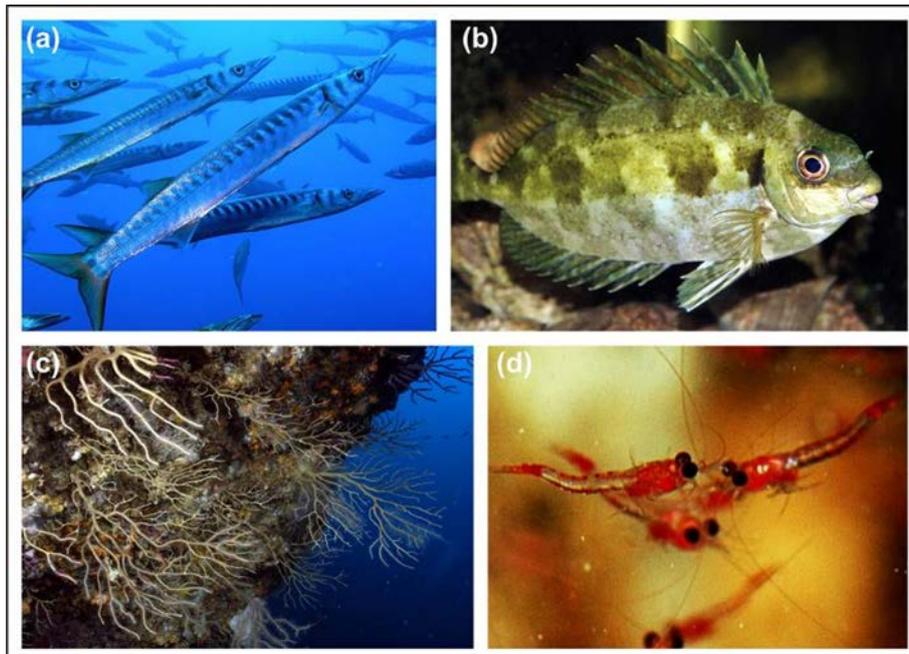
Les événements climatiques extrêmes sont vécus comme des stress aigus perturbant le fonctionnement normal d'un système biologique. Le stress thermique est aujourd'hui largement reconnu comme le principal facteur de déclenchement des maladies en mer, avec une tendance apparente à l'augmentation de la fréquence de ces événements en Méditerranée. Les espèces affectées par ces événements sont des éléments essentiels des paysages sous-marins, et majoritairement des spongiaires et des gorgonaires. Si les mortalités de gorgones étaient connues depuis les années 70, et celles d'éponges commerciales depuis le milieu des années 80, les deux événements qui ont marqué les esprits sont ceux de 1999 et 2003, tout deux survenus à la suite d'anomalies thermiques d'ampleur exceptionnelle. Le rôle primordial du réchauffement a été bien établi, mais différents modes d'action ont été évoqués. Il a été montré à plusieurs reprises que les anomalies thermiques pouvaient déclencher la virulence et/ou conditionner la propagation d'agents pathogènes (des *Vibrio* notamment) pour des spongiaires, des cnidaires ou encore des échinodermes (Lejeune et al. 2010). Par ailleurs, l'action d'agents pathogènes pourrait être facilitée par une inhibition des capacités de défenses des organismes subissant le stress thermique. Il apparaît ainsi nécessaire de développer des études épidémiologiques pour déterminer les facteurs de déclenchement et de propagation des agents pathogènes.

Les conséquences attendues des changements de biodiversité occasionnés par les déplacements ou les disparitions de certaines espèces sont des modifications du fonctionnement des écosystèmes marins. Seules des observations à long terme permettent d'apprécier les variations naturelles de la composition des communautés et les liens avec les fluctuations climatiques à différentes échelles. Elles sont essentielles pour prédire les effets des changements climatiques sur les ressources naturelles. Par exemples, les anomalies thermiques du milieu des années 80 ont été à l'origine de modifications très importantes des communautés planctoniques à la base du réseau trophique de nombreuses espèces pélagiques. La productivité des écosystèmes marins peut être également conditionnée par les variations du débit des grands fleuves, lui-même sous l'influence de la variabilité climatique. C'est ainsi qu'il a été montré une série de réponses en chaîne après les crues du Rhône, causant des apports importants de matière organique terrigène en milieu côtier, favorisant les peuplements de polychètes, puis ceux de poissons plats. La démonstration a été faite aussi que les écosystèmes profonds pouvaient également répondre très rapidement à la variabilité climatique (Glover *et al.* in press).

L'essentiel des connaissances provient donc du nord du bassin occidental. Au Maroc, aucune activité ou action en rapport avec les impacts des Changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière n'a été entreprise. C'est à peu près le même constat en Tunisie et en Algérie, même si un certain nombre d'effets ont été enregistrés dans ce dernier pays (Grimes 2008) : par exemple, (i) augmentation des populations de barracudas (*Sphyrena viridensis*), et (ii) changement de distribution du corail *Astroides calycularis* aux substrats durs de la côte algérienne. Par contre,

certaines informations sont erronées, des observations apportées par l'expert ne devant pas être reliées aux changements climatiques (cas du corail *Oculina patagonica* ou de l'algue *Caulerpa racemosa*).

Les pays d'Afrique du nord accusent ainsi un retard énorme par rapport à ce qui se sait des effets des changements climatiques dans les autres pays riverains de la Méditerranée occidentale.



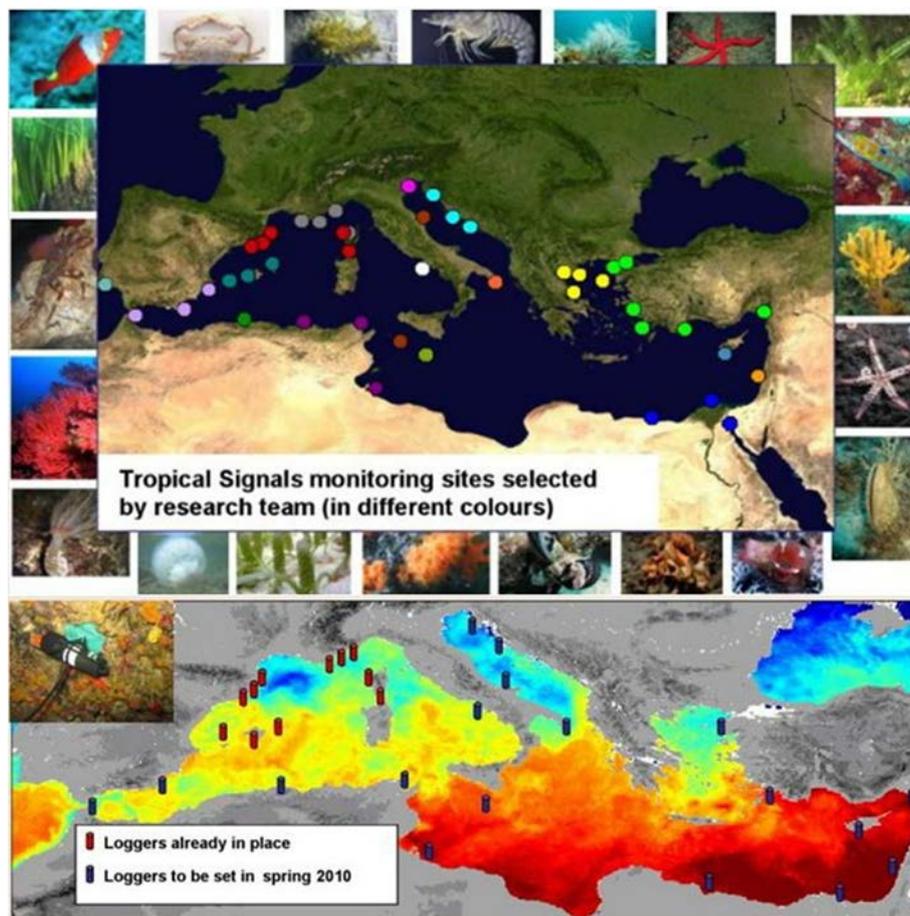
Des exemples représentatifs d'espèces qui répondent aux changements climatiques en Méditerranée occidentale. (a) le barracuda *Sphyraena viridensis* a grandement augmenté son aire de répartition ces 30 dernières années, (b) l'espèce lessepsienne *Siganus rivulatus* est un herbivore qui affecte la Méditerranée orientale mais qui vient d'arriver dans le golfe du Lion (c) un paysage de gorgones affecté par la mortalité massive survenue après la canicule sous marine de 2003, d) les crustacés mysidacés *Hemimysis* spp. sont des exemples maintenant classiques d'un remplacement d'espèces en relation avec le changement climatique. Extrait de Lejeusne et al 2010

4.3. Commentaires

D'une manière très générale, il serait intéressant de créer une base de données géo-référencées sur la distribution **(i) des espèces invasives**, macro-organismes nuisibles pour les écosystèmes benthiques, micro-organismes dangereux pour les ressources biologiques et la santé humaine, et **(ii) des espèces sensibles aux changements climatiques** en Méditerranée. Ces bases de données permettraient de mettre au point des méthodes de suivi à long terme des limites de répartition, et des modèles de **prédiction des risques de prolifération / d'extinction en Méditerranée**. Des informations majeures manquent encore avant que l'on puisse évaluer précisément la résilience des populations d'invertébrés affectées par les événements climatiques extrêmes : (iii) 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 ; (iv) 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 ; (v) 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.

Un plan d'action sur les changements climatiques et la biodiversité marine est donc fortement recommandé à l'échelle de la Méditerranée. Une meilleure coordination entre les différentes initiatives existantes en Méditerranée est également souhaitable. En particulier, il est indispensable que les initiatives du PAM et de la CIESM (programme Tropical Signals) soient coordonnées. En effet, la CIESM a réuni récemment une somme d'experts pour établir des protocoles de suivis à long terme de macrodescripteurs / bioindicateurs des effets des changements climatiques. Une priorité a été donnée à des méthodes très simples, peu coûteuses en temps et en argent, ce qui devrait permettre leur application à grande échelle, et notamment dans les pays du sud.

D'autres actions existent et doivent être raccrochées au PAM sur les changements climatiques, notamment à l'initiative des Petites Iles de Méditerranée (PIM, Programme Iles Sentinelles).



Le programme "Tropical Signals" a sélectionné un total de 86 macro-descripteurs (macrophytes, invertébrés et poissons) en fonction de leur sensibilité aux variations de température, des connaissances disponibles sur leur distribution passée et actuelle, et la facilité à les surveiller.

Parmi les descripteurs, 45 espèces sont natives de Méditerranée, 23 avec plutôt des affinités « tempérées froides » et 22 avec des affinités « tempérées chaudes ». Les 41 autres espèces sont des aliens qui ont pénétré la Méditerranée depuis l'Atlantique ou la Mer Rouge. Certaines espèces sont déjà reconnus comme étant de bons indicateurs de la tendance au réchauffement de la Méditerranée, telles que le corail *Astroides calycularis* et la girelle *Thalassoma pavo* pour leur expansion vers le nord, ou les gorgones *Paramuricea clavata* et *Eunicella singularis* pour leurs fréquentes nécroses.

A partir de 2010, l'ensemble des macrodescripteurs sera suivi par le réseau « Tropical Signals » dans 45 localités de Méditerranée, dont 18 dans le bassin occidental, à l'aide de protocoles de suivi standardisés.

Parallèlement à ces suivis, un réseau d'enregistreurs de température autonomes est en cours d'installation. Il permettra d'enregistrer les variations de température et détecter les anomalies thermiques.

Pour plus d'informations : <http://www.ciesm.org/marine/programs/tropicalization.htm>

5. EVALUATION ET ANALYSE DES MANQUES D'INFORMATION SUR L'ÉTAT DE SANTÉ DES ÉCOSYSTÈMES MARINS ET CÔTIERS, LES PRESSIONS ET LES IMPACTS SUR LA BIODIVERSITÉ MARINE ET CÔTIÈRE

5.1. Statut des écosystèmes marins et côtiers et pressions s'exerçant sur la biodiversité marine et côtière

L'analyse des rapports nationaux montre une variation très importante selon les pays de la connaissance des écosystèmes marins et côtiers et de l'impact des principales pressions environnementales sur la biodiversité marine. Il existe clairement un gradient sud-nord, avec une absence criante d'informations fondamentales dans le sud, et à l'opposé une abondance d'informations dans le nord, mais qui demandent à être synthétisées et regroupées selon des approches standardisées.

En Tunisie, l'état de santé des écosystèmes est diagnostiqué à deux échelles, dans le champ proche des perturbations d'origine anthropique, au niveau du littoral donc où sont concentrées les activités humaines, et dans le champ lointain où l'impact de ces activités est supposé négligeable.

Les grandes zones industrielles au fond du golfe de Tunis et de la région de Bizerte sont les secteurs les plus sévèrement impactés. En termes de perturbations, ces sites font certainement partis des points chauds de Méditerranée occidentale. A proximité des ports et abris de pêche, on assiste souvent à des modifications de la circulation littorale, ce qui favorise les phénomènes locaux d'érosion ou d'engraissement (cas de la Haouaria par ex.). Ces secteurs constituent aussi des zones d'accumulations de déchets et de polluants divers.

Dans le champ lointain, les menaces les plus importantes sont celles de l'exploitation des ressources halieutiques : sur-exploitation et impact sur les habitats selon les engins de pêche utilisés.

L'impact des changements climatiques et des invasions biologiques est assez mal évalué en Tunisie. On note seulement l'apparition et l'installation de certaines espèces exotiques, telles que *Caulerpa taxifolia* qui crée des déséquilibres dans les biocénoses de la région de Sidi Daouad.

Depuis ces constats, plusieurs actions ont été entreprises pour aller vers une meilleure stratégie de conservation des écosystèmes et une limitation des impacts. Il existe (i) des projets de contrôle de la pollution au niveau des zones industrielles, (ii) une désignation de 21 sites sensibles et une élaboration des plans de gestion adéquates, (iii) une désignation des 20 sites RAMSAR, ainsi que la promotion et la création d'aires marines protégées avec l'appui de la nouvelle loi sur les aires marines protégées de 2009.

En Algérie, le premier constat réalisé est celui d'un déficit de connaissances d'une certaine composante de la biodiversité marine. De nombreux groupes taxonomiques ou certaines communautés benthiques n'ont pas été étudiés. C'est notamment le cas de la macrofaune benthique des substrats durs (faune du coralligène, éponges, cnidaires, etc.) et certains groupes des substrats meubles (sipunculien, nématodes, némertes, oligochètes, isopodes, etc.). Des secteurs entiers du littoral algérien restent aujourd'hui totalement vierges d'investigations scientifiques.

Sans une connaissance minimale de la distribution des habitats caractéristiques de Méditerranée, et au moins des espèces à statut particulier (espèces d'intérêt pour la conversation), il paraît pour le moins compliqué d'apporter des outils pour l'évaluation de l'impact du changement global ou des activités humaines par une approche écosystémique. Il n'existe aucun véritable dispositif d'observation continue et les inventaires de biodiversité sont le plus souvent très ponctuels dans l'espace et dans le temps.

Le constat est à peu près le même au Maroc, qui par ailleurs connaît actuellement une croissance démographique et économique considérable. Ceci se traduit par les divers grands aménagements sur le littoral (cas du port de Tanger par ex.). La connaissance de la distribution des principaux habitats méditerranéens et des espèces les plus caractéristiques est assez limitée, à l'exception peut-être du compartiment pélagique. Les principales menaces identifiées au Maroc méditerranéen sont (i) la pêche par la surexploitation des ressources halieutiques, par les impacts des engins des pêches sur les espèces et habitats marins et côtiers ou par l'emploi de techniques illicites (dynamite et substances chimiques); (ii) la pollution par les hydrocarbures causée par un trafic maritime particulièrement intense dans ce secteur et par les installations industrielles sur le bord de mer; (iii) les apports de matières en suspension et polluants par les bassins versant et rejets urbains; (iv) un développement non maîtrisé du tourisme. Les effets potentiels des changements climatiques et des invasions biologiques dans ce secteur de Méditerranée sont pour le moment très mal appréciés.

De nombreux sites littoraux ont été identifiés dans le Plan Directeur des Aires Protégées du Maroc (AEFCS, 1996) comme "sites d'intérêts biologique et écologique" (SIBE), et un Parc National a été créé en 2004, suivi d'une ASPIM en 2009 (Parc National d'Al Hoceima).

Monaco est en Méditerranée un exemple unique, avec des écosystèmes remarquables à proximité immédiate d'une zone urbaine importante. Malgré l'étroitesse de son territoire maritime, le niveau de connaissance de la biodiversité marine de ce tout petit Etat est assez exceptionnel. Certains inventaires de biodiversité ont été régulièrement mis à jour, ce qui offre la possibilité d'évaluer les changements de biodiversité parfois à long terme. Sur le territoire de la Principauté, il n'existe pas d'activité de pêche pouvant exercer une pression significative sur la biodiversité marine. Les principales pressions sont d'origine urbaine, liées à l'aménagement du territoire, et d'origine biologique, liées aux invasions biologiques. Sur ces facteurs de perturbation, s'ajoutent aujourd'hui les effets des changements climatiques, et notamment ceux de la répétition d'anomalies climatiques. Sur ces différents thèmes de nombreux efforts ont été consentis ces dernières années. Ainsi, par exemple des études d'impact sont préalablement menées de façon systématique lorsque des aménagements sont envisagés à proximité d'espaces naturels. Malheureusement,

malgré les rapports parfois alarmant sur les effets engendrés, la politique d'aménagement le long du littoral monégasque ne mollit pas et reste une menace majeure pour la biodiversité marine. Au regard des deux réserves sous-marines de Monaco, le résultat de l'évaluation de l'état de santé des écosystèmes s'avère parfois contradictoire. La Réserve du Larvotto abrite un herbier de posidonies dans un état de vitalité satisfaisant, relativement stable dans le temps et peu envahi par les Caulerpales introduites à l'inverse de nombreuses autres biocénoses du littoral monégasque. Au contraire, le coralligène de la réserve des Spélugues apparaît aujourd'hui extrêmement dégradé, cumulant les effets de l'invasion par *C. taxifolia*, de l'envasement engendré par les travaux portuaires et des anomalies climatiques.

La Principauté de Monaco abrite une diversité d'habitats à haute valeur patrimoniale, très bien connus et évalués régulièrement, mais dont certains sont dans un état de conservation plutôt médiocre.

Les situations de l'Espagne et de la France sont assez comparables dans la mesure où ces deux pays ont leur politique de gestion de l'environnement marin conditionnée par la réglementation européenne et l'application de différentes directives : Directives Cadre sur « Eau », « Habitat » et « Stratégie pour le milieu marin ». Cette réglementation a imposé au fil des ans des objectifs de résultat en termes de gestion des sources de perturbation en milieu marin et de conservation des écosystèmes. Sur cette façade de Méditerranée occidentale, il existe un réseau important d'aires marines protégées avec de vrais plans de gestion et de conservation des écosystèmes.

La présence de nombreux laboratoires marins avec une expertise naturaliste ancienne fait qu'il existe une très bonne connaissance de la biodiversité marine, de la structure et du fonctionnement des principales communautés marines. Ceci dit, il existe un manque de synthèse des connaissances, ce qui est en train d'être comblé avec la mise en place de programmes de cartographie des écosystèmes côtiers selon un cahier des charges identique pour l'ensemble du littoral. Il existe déjà plusieurs méthodes d'évaluation de l'état de conservation de certains habitats prêtes à être transposées à l'ensemble de la Méditerranée (cas des Herbiers à phanérogames et des biocénoses des algues infralittorales). Par contre, il n'existe pas encore de méthode d'évaluation validée pour le coralligène qui est pourtant, à l'instar des récifs coralliens en milieu tropical, l'une des communautés les plus riches et les plus menacées de Méditerranée.

Les pressions sur la biodiversité les plus importantes pour ce secteur de Méditerranée sont : (i) la surpêche (cas du thon rouge par ex.) et l'impact de certains engins de pêche ; (ii) l'aquaculture qui est source d'apports excessifs de matière organique et d'introduction d'espèces exotiques ; (iii) les invasions biologiques en général résultant de l'intensification du trafic maritime, de la percée du Canal de Suez et de l'importation de naissains pour la conchyliculture depuis l'Asie, et favorisées par les changements climatiques ; (iii) les changements climatiques, singulièrement la tendance au réchauffement et l'augmentation de la fréquence des anomalies climatiques à l'origine de mortalités massives au sein des biocénoses emblématiques de Méditerranée. Enfin, même si le rythme s'est ralenti ces dernières années (au moins en France), l'urbanisation du littoral reste une cause importante de dégradation ou de destruction de certains habitats. A l'avenir, il convient également

de développer des outils pour évaluer les effets des activités de loisirs (plaisance, activités sportives, pêche, apports de macro déchets, etc.) particulièrement sur les écosystèmes benthiques.

5.2. Impacts critiques et effets sur la biodiversité marine et côtière

D'une manière générale, les impacts critiques sur la biodiversité sont enregistrés à proximité des grandes agglomérations, telles que Marseille, Barcelone, Alger, Tunis, Tanger ou encore Monaco, encore que dans certains cas, il existe des aires marines protégées au cœur de ces grandes villes (cas de Marseille et Monaco par ex.). Par ailleurs, les lagunes littorales constituent des hot-spots d'introduction d'espèces potentiellement invasives mais dont on n'évalue pas toujours bien les impacts. S'il existe une assez bonne connaissance de la faune et de la flore exotique de l'Etang de Thau par exemple, il en est loin d'être de même dans les lagunes d'Afrique du Nord (Tunis, Bizerte, Nador par ex.). Enfin, on ne peut que constater qu'il n'a pas été possible de sanctuariser et de protéger des invasions biologiques ou des effets des changements climatiques des aires marines protégées. C'est par exemple le cas en France du Parc National de Port-Cros par exemple où l'on enregistre très fréquemment les effets d'anomalies climatiques, et où l'algue invasive *Caulerpa racemosa* est aujourd'hui omniprésente. Vis-à-vis de ce type de perturbations environnementales, il est très probable que l'on soit dans la même situation tout autour du bassin occidental, même si aujourd'hui l'état des connaissances en Afrique du nord ne permet pas de le certifier.

En Tunisie, les problèmes récurrents de conservation de la biodiversité sont surtout celles du Golfe de Tunis et en particulier la baie de Tunis, où s'exercent les effets des pollutions industrielles et urbaines.

La situation en Algérie semble particulièrement préoccupante car on assiste encore une tendance à l'aggravation des pressions sur la biodiversité marine, alors qu'on est plutôt dans une phase inverse ailleurs en Méditerranée occidentale. Il existe assez peu d'études d'impact et dans tous les cas, il n'existe pas de suivis réguliers de l'état de conservation des écosystèmes marins. Le souci permanent d'améliorer les capacités de réception des ports et d'augmenter les volumes des échanges commerciaux cause de gros dommages à la zone côtière : destruction d'habitats, dragage des ports et clapage de sédiments pollués, pollution chimique, etc.

En Algérie, les différentes sources de perturbation sont aussi à l'origine d'une raréfaction d'espèces et communautés à forte valeur patrimoniale mais aussi de la diminution des fonctions économiques des habitats côtiers (réduction de la production biologique). Cette situation ne manque pas d'avoir des effets sur la baisse de certains stocks halieutiques du fait de la surexploitation de gisements biologiques (cas des crevettes *Aristeus antennatus*, *Parapenaeus longirostris* et *Penaeus kerathurus* qui sont de moins en moins fréquentes dans les débarquements des différentes pêcheries algériennes). Les quelques signaux existant d'une certaine érosion de la biodiversité en Algérie indiquent probablement des problèmes bien plus importants aujourd'hui masqués par l'absence de données de référence.

Au Maroc, les agressions anthropiques auraient engendré des impacts sur les ressources naturelles principalement au niveau de la partie occidentale (région de Tanger – Tétouan). Dans le cadre du rapport actualisé sur les points chauds et les zones sensibles de pollution de la Méditerranée marocaine (MATUHE, Unité de Coordination MED Pol, 2001), une compilation des résultats obtenus dans le cadre du Programme MEDPOL relatif à la pollution a permis d'identifier les régions aux alentours des villes de Nador, Al Hoceima, Tétouan et Tanger comme zones critiques et 'hot spot' de pollution. Par contre, l'absence d'études sur les changements climatiques et la biodiversité marine ne permet d'apprécier le degré d'impacts des écosystèmes côtiers.

A Monaco, les différentes expertises de l'état des peuplements coralligènes du tombant des Spélugues ont montré une situation particulièrement critique pour cette aire marine protégée. Les principaux facteurs de perturbation sont les dépôts sédimentaires, la prolifération des algues invasives *Caulerpa*, et également les effets des anomalies climatiques extrêmes. Cette combinaison d'effet laisse présager un avenir plutôt obscur pour les peuplements de ce site, ce qui est probablement un cas unique en Méditerranée de dégradation constante dans une aire marine pourtant protégée.

6. BESOINS PRIORITAIRES AU NIVEAU NATIONAL

6.1. Besoins

L'analyse des rapports nationaux montre une variation très importante selon les pays des besoins pour arriver à atteindre les moyens d'une bonne évaluation des écosystèmes marins et côtiers et de l'impact des principales pressions environnementales sur la biodiversité marine. De nouveau, il existe un gradient sud-nord, et ce type d'action internationale doit absolument promouvoir les transferts de connaissances de France et Espagne vers les pays du sud.

Dans les pays du nord tels que la France, l'Espagne ou même Monaco, les besoins essentiels seront couverts par l'obligation de répondre aux exigences des Directives européennes, et notamment du programme NATURA 2000. Il est capital de synthétiser les informations sur la distribution et l'état de conservation des écosystèmes marins vulnérables. Dans ces pays, il est nécessaire de multiplier les aires marines protégées en concertation avec les différents usagers du domaine maritime (pêcheurs, professionnels du tourisme, grand-public, etc.). Ces programmes de développement d'aires marines protégées doivent être coordonnés à l'échelle du bassin occidental. Les mesures de conservation doivent être étendues aux étages plus profonds, canyons sous-marins et roches profondes, qui abritent souvent des pans entiers de diversité peu connus, des écosystèmes emblématiques parfois menacés par les activités humaines (engins de pêche, macro déchets, pollution) et des espèces à haute valeur économique (poissons et crustacés essentiellement). Ces écosystèmes abritent aussi un compartiment pélagique à la base du réseau trophique des mammifères marins.

D'une manière générale, la pêche par chalutage, qui est particulièrement dommageable pour l'environnement, doit être régulée.

Vis-à-vis des changements climatiques et des invasions biologiques, la recherche scientifique doit être soutenue de manière à mieux comprendre les mécanismes à l'origine des modifications de biodiversité, à mesurer les capacités d'adaptation des écosystèmes et évaluer/prédire les conséquences à moyen et long terme pour la biodiversité méditerranéenne, le fonctionnement des écosystèmes et les activités humaines dépendantes. Pour être atteint, ces objectifs nécessiteront le développement de mesures à grande échelle et à long terme, ce qui demande des transferts de savoir-faire des scientifiques aux gestionnaires et écologues amateurs, ainsi que le maintien d'une formation de jeunes naturalistes.

L'ensemble de ces besoins s'appliquent également aux pays d'Afrique du nord, mais ces derniers ont également des besoins spécifiques, bien plus fondamentaux, cités ci-dessous.

Algérie

Dans l'état actuel des connaissances, il est très difficile de faire une évaluation objective de l'érosion de la biodiversité marine et côtière en Algérie. Un système national d'information structuré et organisé permettrait de centraliser l'ensemble des inventaires relatifs à la biodiversité marine et côtière en Algérie. Ce système pourrait être alimenté par les nombreux inventaires complémentaires qui s'avèrent encore nécessaires, et permettre à terme de faire des comparaisons spatio-temporelles. Ce pays manque singulièrement de naturalistes ce qui est un handicap majeur pour mettre en place une politique globale de gestion et conservation des écosystèmes littoraux. Localement, il existe aussi un déficit de collaboration entre les secteurs « *utilisateurs* » de la biodiversité marine et côtière (Ministères, administrations centrales et locales, acteurs économiques et entrepreneurs, organismes de contrôle et de surveillance) et les universités, instituts spécialisés et les laboratoires de recherche traitant de la biodiversité marine et côtière.

Maroc

De la même manière qu'en Algérie, il existe au Maroc un grand besoin en matière de données scientifiques sur les diverses composantes des écosystèmes marins et côtiers de la Méditerranée marocaine. Ces informations sont la base d'une bonne gestion écosystémique. Ce pays nécessite également des outils juridiques et institutionnels pour l'application de l'approche écosystémique. Ces outils doivent s'inscrire dans les politiques stratégiques méditerranéennes visant à l'application de l'approche écosystémique. La coopération internationale, notamment avec les pays voisins et riverains de la Méditerranée, doit permettre d'améliorer les connaissances, d'acquérir de nouvelles compétences et expériences scientifiques nécessaires à l'application de l'approche écosystémique. Il y a aussi un grand besoin de renforcement des capacités et de formation de naturalistes et de spécialistes de la gestion des espaces naturels. Enfin, d'une manière générale il est nécessaire de penser à une reformulation des plans de gestion des Aires Marines Protégées de la Méditerranée marocaine.

Tunisie

A l'échelle nationale, la priorité doit être portée sur le renforcement des outils de gestion et de conception des suivis scientifiques approprié à l'échelle des habitats et ou des espèces. Ceci nécessite là encore une amélioration des connaissances sur la biodiversité, de meilleures actions de conservation et gestion des aires marines protégées, la réduction des pressions humaines et des impacts anthropiques sur le milieu. Plus particulièrement, atteindre les objectifs de l'approche écosystémique demande un renforcement des structures de conservation et de protection, notamment par l'établissement d'un programme de protection des espèces et des habitats en périls, et la création d'aires marines protégées. Pour cela, il est capital de renforcer les institutions intervenant dans la conservation de la nature, d'inventorier de manière précise les espèces et espaces menacés et/ou vulnérables, d'aider à la constitution de collections de références et donc de créer un Musée d'Histoire naturelle.

6.2. Plans d'urgence proposés

L'analyse des rapports nationaux montre un consensus clair sur les actions urgentes qu'il convient de démarrer dans le cadre de l'approche écosystémique. Ces actions peuvent être résumées comme ceci :

- Cartographier les habitats benthiques sur l'ensemble du pourtour méditerranéen, en incluant dans ces cartographies les écosystèmes profonds. Déterminer de manière précise les limites de distribution des habitats remarquables, et évaluer leur état de conservation selon une approche standardisée.
- Systématiser les inventaires des pressions sur la biodiversité, et notamment des espèces exotiques à caractère invasif. Suivre leur extension, si possible, contrôler leur progression.
- Initier des programmes de suivis à long terme des habitats remarquables ou espèces clés. Pour cela, il est capital d'harmoniser les différentes initiatives existantes en Méditerranée (PAM-CAR/ASP, CIESM, PIM). Il est également nécessaire de développer des outils standardisés pour les suivis à long terme.
- Créer un centre de données compilant et rendant publique les informations issues des programmes de suivis écologiques des habitats et espèces clés.
- Augmenter le nombre d'aires marines protégées, et favoriser la collaboration des gestionnaires des différents pays du pourtour méditerranéen. Dans ces aires marines protégées, inclure les zones du large et les écosystèmes profonds.
- Promouvoir la recherche sur les changements globaux de biodiversité, l'impact des changements climatiques en Méditerranée et des invasions biologiques. Aider à la compréhension des relations entre dynamique des climats, interactions climat atmosphérique, océanographie et biodiversité marine dans le contexte de changements climatiques.
- Faciliter la formation, les ateliers mêlant scientifiques et gestionnaires, autour de l'évaluation des écosystèmes.
- Renforcer les réglementations existantes de manière à modérer les impacts des activités humaines sur les écosystèmes marins.

- Développer des méthodes de pêche et aquaculture plus éco-citoyennes, et limiter ou interdire les pratiques dommageables pour l'environnement (chalutage profond, culture intensive par ex.).

6.3. Commentaires

Il est bien évident que l'effort que devront réalisés les différents pays participants sera extrêmement dépendant du niveau de connaissances sur la biodiversité marine et les pressions subies, d'une structuration préexistantes de certaines actions (ex. réseau Natura 2000) et de la disponibilité de ressources financières (voir ci-après) et humaines pour l'application des mesures adoptées.

Conscient du déséquilibre existant de ces points de vue là entre les pays du nord et du sud, il convient de mettre tout en œuvre pour que les pays du sud puissent bénéficier de l'expérience acquise au nord dans le cadre de la politique européenne de gestion de l'environnement. Cela passe bien évidemment par une aide à la formation des jeunes scientifiques et gestionnaires, un partage des savoir-faire et la mise en commun des ressources financières.

7. FINANCEMENTS ET OPPORTUNITÉS

7.1. Sources nationales régulières

Maroc : Les sources nationales régulières sont celles de l'Etat marocain à travers ses institutions publiques, notamment le Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification, le Secrétariat d'Etat à l'Eau et à l'Environnement (Département de l'Environnement) et le Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur, de la Formation des Cadres et de la Recherche Scientifique. D'autres sources peuvent participer au financement d'actions en environnement marin, comme l'Académie Hassan II des Sciences et techniques. De plus, certains ONG comme ENDA Maghreb sont également en mesure de financer des projets, mais essentiellement des actions de sensibilisation.

Algérie : Le financement de l'amélioration des connaissances, des études et de formation dans le domaine de la biodiversité marine est pris en charge par l'Etat (MATET, MADR, MPRH, MESRS). L'Etat algérien a développé des outils financiers lui permettant de soutenir des projets dans des domaines précis. Le Fond pour l'Environnement et la DEPollution (FEDEP) finance le suivi de l'état de l'environnement, la recherche et l'éducation environnementale, la dépollution industrielle et urbaine, l'utilisation des technologies propres. Le Fond National Pour la Protection du Littoral et des Zones Côtières (FNPLIZC) finance la recherche liée à la préservation du littoral et de la zone côtière, les expertises préalables à la réhabilitation de sites naturels, les actions de dépollution, la politique de protection et de mise en valeur du littoral et de la zone côtière. Il y a encore le Fond National de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (FNDPA) et le Fond National de l'Aménagement du Territoire et du Développement Durable (FNAT-DD) qui contribuent à l'amélioration des connaissances pour une meilleure conservation et gestion des ressources naturelles marines.

Localement la stratégie de préservation du littoral et du milieu marin est réalisée à travers différents plans d'aménagements côtiers : PACMA pour l'aire métropolitaine d'Alger, PACMO pour Oran, PACMAN pour Annaba.

Tunisie : Le financement dans le domaine de la biodiversité et de la gestion des ressources naturelles est également pris en charge par l'Etat à travers le financement de différentes grandes institutions, universités et technopôles de recherche et développement (personnels et fonctionnement général) intervenant plus ou moins exclusivement en milieu marin : l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM) avec plusieurs centres le long du littoral tunisien, l'Institut National d'Agronomie de Tunis (INAT), les centres de biotechnologies de Sfax et Borj Cedria, les Universités de Tunis, Bizerte, Monastir, etc.

Monaco : Depuis la création du premier Service de l'Environnement en Principauté de Monaco, une enveloppe budgétaire à toujours été allouée annuellement aux études ou inventaires des biocénoses du littoral monégasque. Le Service de l'Environnement a également en charge la gestion des deux aires marines protégées de Monaco. En complément de ce budget de fonctionnement annuel, la Direction de l'Environnement, lors de la préparation de l'exercice budgétaire de l'année suivante, peut soumettre une demande de budget exceptionnel visant à financer un programme d'étude spécifique. Le Centre Scientifique de Monaco, financé également par l'Etat, intervient aujourd'hui très peu sur le littoral monégasque.

Espagne : Le Ministère des Sciences et de l'Innovation lance tous les 4 ans des Plans de recherche dans lesquels des priorités, des stratégies et type d'appel à candidature (recherche fondamentale et appliquée, transfert de connaissance, etc.) sont définis. Les projets de recherche vont de 3 à 5-6 ans parfois. Dans ce contexte, il existe un programme « Energie et changements climatiques » qui inclut l'observation des climats, l'étude des adaptations au climat et la biodiversité marine. Le Ministère de l'Environnement, de l'Agriculture et des Pêches finance lui des projets scientifiques d'une durée de 3 ans en rapport avec la prévention des contaminations, la gestion des ressources naturelles, les parcs nationaux. Au niveau des gouvernements régionaux de Méditerranée (Generalitat de Catalunya, Govern de les Illes Balears, Generalitat Valenciana, Autonomic Community of Murcia Region, Junta de Andalucía), il existe des plans de financements de projets de recherche ou d'initiatives dévolues à l'application de la directive européenne sur l'eau. Enfin, la fondation pour la biodiversité (<http://www.fundacion-biodiversidad.es>) lance chaque année depuis 2005 des appels à candidature pour des projets de recherche dont certains sont totalement dédiés au milieu marin (collaboration par ex. avec La Fondation pour la Conservation et la Restauration des Animaux Marins – CRAM).

France : Les laboratoires œuvrant dans le domaine de la biodiversité et de la gestion des ressources naturelles marines sont financés par l'Etat français, un budget annuel étant distribué aux grandes institutions de l'enseignement et de la recherche. Outre les nombreuses universités françaises accueillant des laboratoires « marins », ce sont aussi le CNRS, l'IRD, le Muséum d'Histoire Naturelle de Paris (MNHN) et l'IFREMER. A ce budget récurrent de fonctionnement s'ajoutent différentes sources de financement basées sur de l'incitation à la recherche innovante.

Ces financements obtenus après réponse à des appels d'offre le plus souvent thématiques sont de niveaux très variables. Il s'agit par exemple des programmes de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) et ses programmes thématiques « biodiversité » ou « changements globaux ».

Les programmes de la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité (FRB) s'inscrivent dans la ligne des grands enjeux nationaux énoncés par le « Grenelle de l'Environnement » (<http://www.legrenelle-environnement.fr/>) notamment sur des sujets tels que **les services écosystémiques, les scénarios de la biodiversité, les démarches de synthèse, la structuration des observatoires**, etc. Les programmes LITEAU du Ministère en charge du développement durable soutiennent également l'acquisition de connaissances, méthodes et pratiques scientifiques utiles à la définition et à la mise en œuvre d'actions collectives et de politiques publiques sur le littoral dans une optique de développement durable. L'Agence des Aires Marines Protégées est un organisme d'Etat sous tutelle du Ministère en charge du développement durable, créé en 2006 avec la loi sur les parcs nationaux, pour faire appliquer la directive européenne Habitat en mer. Ainsi, une grande partie de son budget est actuellement consacrée à la synthèse de connaissances sur les écosystèmes marins littoraux (cartographies, mises en place de suivis) et à combler les vides de connaissances sur certains écosystèmes, notamment le profond en Méditerranée. Les Agences de l'Eau sont des structures beaucoup plus anciennes, créées avec la loi sur l'eau de 1992, qui apportent régulièrement des financements pour remplir les objectifs de la Directive européenne sur l'Eau (mises en place de suivis écologiques, programmes de restauration, développement d'outils, etc.). Enfin, toutes les collectivités territoriales et locales (Conseils Régionaux, Conseils Généraux, Municipalités), les différentes structures gérant des aires marines protégées (parcs nationaux, régionaux, réserve naturelle, etc.) apportent à leur niveau une contribution à l'amélioration des connaissances sur les écosystèmes marins côtiers.

7.2. Fonds internationaux, projets et programmes

La Commission Européenne finance plusieurs programmes : (i) le 7ème Programme Cadre (FP7), avec des appels à candidature thématiques dont certains sont totalement dédiés à la mer, aux ressources ou aux changements globaux; (ii) LIFE soutient également des projets de conservation de la nature et d'environnement ; (iii) ERA-net repose sur des actions de coopération engagées au niveau européen entre des programmes de financement nationaux. L'objectif d'un ERA-Net est de favoriser l'émergence de projets transnationaux de Recherche et Développement ; (iv) COST (European Cooperation in Science and Technology) est l'un des instruments de financement les plus anciens en Europe supportant la coopération entre les scientifiques ; (iv) INTERREG est l'initiative communautaire du Fonds européen de développement régional (FEDER) en faveur de la coopération entre régions de l'Union européenne. L'objectif est généralement de renforcer la cohésion économique et sociale dans l'Union européenne en promouvant la coopération transfrontalière, transnationale et interrégionale ainsi que le développement équilibré du territoire. Une attention particulière est accordée à l'implication des régions ultrapériphériques et des régions situées aux frontières externes de l'Union avec des pays candidats à l'adhésion.

Il reste néanmoins relativement difficile d'impliquer dans es programmes Monaco ou les pays d'Afrique du Nord. Le Programme Med s'inscrit dans la continuité des programmes de Coopération Territoriale Européenne cofinancés par la Commission Européenne, et concerne là encore toute la rive Nord de la Méditerranée. Ses priorités incluent la promotion de la cohésion territoriale et la protection de l'environnement dans une logique de développement durable. Pour associer pays du nord et du sud restent alors la multitude de possibilités de programmes bilatéraux coordonnés par les services de coopération et d'action culturelle des ambassades de pays comme la France ou l'Espagne, *etc.* Les actions mises en œuvre sont quasi-exclusivement des échanges humains visant un transfert de compétences et de méthodologies ou un appui à la maîtrise d'ouvrage. Il faut noter que les projets ARCUS Méditerranée du Ministère des Affaires Etrangères français vont au-delà de la coopération bilatérale en offrant la possibilité d'associer des partenaires de France à des partenaires de plusieurs pays d'Afrique du Nord.

A l'échelle de la Méditerranée, d'autres bailleurs de fonds et partenaires peuvent être la Banque Mondiale, la Banque Africaine de Développement, le Programme des Nations Unis pour l'Environnement (PNUE), le Programme des Nations Unis pour le Développement (PNUD), différentes ONGs internationales (WWF, Birdlife International, Wetlands International, IFAW *etc.*) ou fondations (Fondation Ciconia, AXA Foundation, Fondation TOTAL, La Fondation Prince Albert II de Monaco, The Stavros Niarchos Foundation, *etc.*).

8. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

8.1. Evaluation générale

Les différents rapports nationaux ont montré une grande disparité dans l'état des connaissances des écosystèmes marins et côtiers et de l'impact des principales pressions environnementales sur la biodiversité marine. Le niveau d'information sur la distribution des principaux écosystèmes méditerranéens, d'espèces clés ou d'indicateurs biologiques est très hétérogène. Les inventaires de biodiversité sont soit incomplets (pays du sud), soit éparpillés dans une littérature ancienne qui demanderait à être synthétisée. Les évaluations des effets des changements climatiques ou des invasions biologiques sont généralement très approximatives dans les pays du sud. Il s'agit là du résultat d'une absence totale dans ces pays de politiques d'observation à long terme, que ce soit des paramètres de l'environnement, ou de processus écologiques.

Un pré-requis à toute action coordonnée à l'échelle de la Méditerranée serait de combler les manques évidents de connaissance dans les pays du sud avec une harmonisation du mode de restitution des données environnementales et éco systémiques. Cette démarche d'harmonisation des données cartographiques et d'évaluation de l'état de conservation des principaux écosystèmes littoraux est en cours dans les pays européens du bassin occidental. Il convient d'associer au plus tôt les experts nationaux du Maghreb à ces initiatives, pour qu'une démarche comparable puisse démarrer en Afrique.

La mise en place d'actions concertées en Méditerranée passe par le maintien d'une formation de naturalistes et de gestionnaires de l'environnement capables de développer les stratégies d'observation à long terme.

Les outils financiers nécessaires au développement d'une action concertée à l'échelle de la Méditerranée n'existent pas encore. On peut espérer qu'ils seront très prochainement disponibles dans le cadre de l'Union pour la Méditerranée (UPM), officiellement dénommée « Processus de Barcelone : Union pour la Méditerranée ». Cette organisation internationale intergouvernementale à vocation régional fondée en 2008 est destinée à donner un nouveau souffle au processus de Barcelone, partenariat liant l'Europe aux pays riverains de la Méditerranée (Monaco, Algérie,

Maroc et Tunisie sont bien compris). Les principaux buts de l'organisation sont d'ordre énergétique et environnemental, et notamment le maintien voire même la restauration d'une certaine qualité de l'environnement de la Méditerranée.

8.2. Conclusions

A partir des différentes contributions nationales, il est possible de résumer les conclusions suivantes pour la Méditerranée occidentale, la biodiversité marine et côtière de cette sous-région et les pressions qui s'exercent sur elle.

La connaissance de la biodiversité marine et côtière dans ce secteur de Méditerranée est assez bonne, mais l'existence d'un gradient sud-nord du degré de connaissance, avec une absence criante d'informations fondamentales dans certains pays du sud, et à l'opposé une abondance d'informations dans le nord mais qui demandent à être synthétisées et regroupées selon des approches standardisées. Pour certains pays comme l'Algérie et le Maroc, il y a beaucoup à faire pour arriver au niveau de connaissance de la distribution de certaines espèces clés ou bio indicatrices, ou encore de la composition et de l'état de conservation des principaux habitats. Les pays du nord du bassin occidental bénéficient de la dynamique engendrée par les directives européennes, sur l'Eau et sur les Habitats, et des moyens qui ont été alloués par les états membres pour leur application en mer. Malgré tout, il est aujourd'hui nécessaire de synthétiser les données issues des inventaires de biodiversité, parfois de rendre ces données plus accessibles, et d'harmoniser / standardiser les cartographies et suivis écologiques des habitats d'intérêt particulier pour la Méditerranée. Il est capital de promouvoir la mise en place d'une politique d'observation à long terme dans les pays du sud de la Méditerranée, et de s'accorder sur des protocoles de suivis à l'échelle du bassin. Des méthodes existent pour plusieurs communautés benthiques et ont déjà été appliquées dans plusieurs pays du bassin occidental (cas du suivi des peuplements d'algues photophiles ou de l'herbier de posidonies) mais dans certains cas il existe encore un vrai besoin de méthodes d'évaluation (cas du coralligène par ex.). D'une manière générale, les écosystèmes profonds sont assez mal connus dans l'ensemble bassin occidental. Ce déficit de connaissance d'un étage qui abrite pourtant une biodiversité importante, des récifs de coraux froids, de nombreuses espèces exploitées, est en train d'être comblé dans le nord du bassin avec l'exploration des canyons sous-marins et roches profondes, et parfois leur inclusion dans les plans de gestion d'aires marines protégées (cas des Canyons de Cap Creus et Lacaze-Duthiers à la frontière franco-espagnole, ou du Canyon de la Cassidaigne au large de Marseille).

De nouveau, il convient de profiter de la dynamique instaurée dans le nord du bassin pour étendre ces explorations dans le sud du bassin occidental.

Chaque pays du bassin occidental a fourni des statistiques de pêche (à l'exception de Monaco où cette activité est négligeable), démontrant ainsi l'importance de cette activité économique pour le secteur. Il a été démontré que certaines pêcheries subissaient parfois les effets combinés de la surpêche et du changement global, montrant ainsi des fluctuations inter-annuelles importantes. L'harmonisation du mode de présentation des statistiques de pêche, de cartes des zones de pêches indiquant efforts et nature des prises, permettrait une meilleure gestion des ressources naturelles à l'échelle du bassin occidental.

Il existe quelques points chauds d'eutrophisation dans le bassin occidental, occasionnant parfois des phénomènes d'eaux colorées ou proliférations de dinophytes à biotoxines. Les mécanismes à l'origine de ces blooms sont probablement plus complexes qu'on imagine, effets combinés de l'eutrophisation des eaux littorales et du changement global des conditions hydrologiques. De nouveau, une stratégie globale d'observation à long terme de ces phénomènes, couplée à des enregistrements des paramètres environnementaux, permettrait de mieux les comprendre, et éventuellement de prédire leur occurrence et conséquences sur les écosystèmes marins.

Il existe un manque cruel de connaissance sur l'importance des changements climatiques dans le sud du bassin occidental. Dans ce secteur de Méditerranée, les effets potentiels sur la biodiversité marine sont très mal appréciés, ce qui résulte le plus souvent de l'absence d'une stratégie d'observation à long terme. La mise en place de programmes d'évaluation des effets des changements climatiques le long des côtes d'Afrique du nord est une nécessité si l'on veut pouvoir apprécier l'importance de ce phénomène à l'échelle de la Méditerranée occidentale.

Le constat est à peu près le même si l'on considère l'impact des invasions biologiques. Les lagunes littorales de Méditerranée occidentale constituent des hot-spots d'introduction d'espèces potentiellement invasives mais dont on n'évalue pas toujours bien les impacts. S'il existe une assez bonne connaissance de la faune et de la flore exotique de l'Etang de Thau par exemple, il en est loin d'être de même dans les lagunes d'Afrique du Nord (Tunis, Bizerte, Nador par ex.). Les zones de transitions telles que le détroit de Gibraltar ou le détroit siculo-tunisien sont des sites stratégiques pour détecter précocement les changements de biodiversité qui pourraient survenir en Méditerranée occidentale (arrivée d'espèces d'Atlantique, d'espèce lessepsiennes, migrations d'espèces méridionales, etc.).

D'une manière générale, il existe un vrai besoin de coordination des efforts à l'échelle de la Méditerranée. Les pays du sud ont des besoins fondamentaux que les pays du nord peuvent aider à combler grâce à l'expérience acquise dans le cadre de l'application de la réglementation européenne (*e.g. sur la qualité des eaux littorales, sur les objectifs de conservation ou de restauration des espaces naturels*). Une meilleure coordination passe aussi par la concrétisation de plans de gestion pan-méditerranéens et l'exécution de plans d'actions pour la protection des espèces et des habitats à cette échelle. Ceci ne peut se faire sans mobiliser des moyens humains et financiers importants, et on ne peut que constater que les outils susceptibles d'aider à la mise en place d'une stratégie méditerranéenne n'existent pas encore.

8.3. Recommandations

De l'analyse des pages précédentes de ce document et des différents rapports nationaux, les recommandations suivantes peuvent être faites pour la Méditerranée occidentale.

- La connaissance de la biodiversité marine et côtière doit être améliorée, particulièrement dans les pays du sud où certains groupes taxonomiques et/ou écosystèmes ont été très peu étudiés. Dans les pays du nord, il existe un vrai besoin de synthèse des connaissances.
- Il faut systématiser les inventaires des pressions sur la biodiversité, et notamment des espèces exotiques à caractère invasif. Suivre leur extension, si possible, contrôler leur progression.
- Les habitats benthiques remarquables doivent être cartographiés sur l'ensemble du pourtour méditerranéen, en incluant dans ces cartographies les écosystèmes profonds. Au minimum, il est important de déterminer de manière précise les limites de distribution des habitats remarquables, et évaluer leur état de conservation selon des approches standardisées.
- Des programmes d'observations à long terme et à grande échelle des habitats remarquables ou espèces clés doivent être initiés pour étudier les effets des Changements Climatiques à l'échelle de la Méditerranée. Pour cela, il est capital d'harmoniser les différentes initiatives existantes en Méditerranée (PAM-CAR/ASP, CIESM, PIM).
- La recherche fondamentale et la formation de jeunes chercheurs naturalistes doivent être soutenues. Un effort particulier doit être dédié au développement d'expertises taxonomiques, ainsi qu'au démarrage de programmes de recherche sur les mécanismes de l'adaptation face aux changements environnementaux.
- Des travaux sur les pêcheries, les effets des prises accidentelles, des filets fantômes, de certains engins de pêche, ou encore sur les effets secondaires de la surpêche de certains maillons de la chaîne alimentaire ou de certaines phases du cycle de vie d'une espèce doivent permettre à terme de proposer des mesures de gestion pérennes des pêcheries méditerranéennes.

- Un Centre de données compilant et rendant publique les informations issues des programmes de suivis écologiques des habitats et espèces clés doit être créé pour la Méditerranée.
- Il est important d'augmenter le nombre d'aires marines protégées, et favoriser la collaboration des gestionnaires des différents pays du pourtour méditerranéen. Dans ces aires marines protégées, il faut maintenant inclure les zones du large et les écosystèmes profonds.
- Enfin, il faut faciliter la création de réseaux de formation, d'ateliers mêlant scientifiques et gestionnaires, autour de l'évaluation des écosystèmes, et initier des collaborations avec les réseaux européens.

D'une manière générale, il convient de mieux communiquer à tous les niveaux, depuis le grand-public jusqu'aux décideurs politiques, sur le caractère crucial d'une bonne stratégie de conservation au niveau local, régional et national, et sur les liens entre écosystèmes, fonctions écologiques et services écosystémiques.

9. LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

- Arcos, J.M., J. Bécares, B. Rodríguez y A. Ruiz. (2009). Áreas Importantes para la Conservación de las Aves marinas en España. LIFE04NAT/ES/000049-Sociedad Española de Ornitología (SEO/BirdLife). Madrid. <http://www.seo.org/avesmarinas/flash.html#/>
- Arnoux A., J.G. Harmelin, J.L. Monod, L.A. Romaña and H. Zibrowius, (1992) Altérations des peuplements benthiques de roches profondes en Méditerranée nord-occidentale: quelques aspects biologiques et molysmologiques, Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris 314, pp. 219–225.
- Ballesteros, E. (1990a). Structure and dynamics of the *Cystoseira caespitosa* Sauvageau (Fucales, Phaeophyceae) community in the North-Western Mediterranean. *Scientia Marina*, 54: 155-168.
- Ballesteros, E. (1990b). Structure and dynamics of the community of *Cystoseira zosteroides* (Turner) C. Agardh (Fucales, Phaeophyceae) in the Northwestern Mediterranean. *Scientia Marina*, 54(3): 217-229.
- Ballesteros, E. (2008). Especies invasoras. En: Actividades humanas en los mares de España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, pp. 177-185.
- Ballesteros, E., E. Sala, J. Garrabou & M. Zabala (1998). Community structure and frond size distribution of a deep water stand of *Cystoseira spinosa* (Phaeophyta) in the Northwestern Mediterranean. *European Journal of Phycology*, 33: 121-128.
- Ballesteros, E., X. Torras, S. Pinedo, M. García, L. Mangialajo and M. de Torres. (2007). A new methodology based on littoral community cartography for the implementation of the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55: 172-180.
- Beaufort F. de (dir.), (1987). Livre rouge des espèces menacées en France : tome 2, espèces marines et littorales menacées. Éd. Secrétariat de la faune et de la flore, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, F., 356 pp.
- Béthoux J.P., Morin P., Ruiz-Pino D. (2002). Temporal trends in nutrient ratios: chemical evidence of Mediterranean ecosystem changes driven by human activity. *Deep-Sea Research II* 49 : 2007-2016.
- Bombace G., 2001 - Influence of climatic changes on stocks, fishes and marine ecosystems in the Mediterranean Sea. *Archo. Oceanography Limnology* 22 : 67-72.
- Bonhomme D., Garrabou J., Pérez T., Sartoretto S., Harmelin J.G., (2003) - Impact and recovery from a mass mortality event of the gorgonian *Paramuricea clavata* on the French Mediterranean coasts. *Geophysical Research Abstracts* 5 : 10676.

- Boudouresque C.F., (1996). Impact de l'homme et conservation du milieu marin en Méditerranée. GIS Posidonie publ. Fr. : 1-243.
- Boudouresque C.F., (2004). Marine biodiversity in the Mediterranean: status of species, populations and communities. Scientific Report of the Port-Cros national Park, 20 : 97-146.
- Boudouresque C.F., (2008). Les especes introduites et invasives en milieu marin. Troisieme edition. GIS Posidonie publ., Marseilles : 201 p.
- Boudouresque C.F., Avon M., Gravez V. (édit.), (1991). Les espèces marines à protéger en Méditerranée. Deuxièmes Rencontres Scientifiques de la Côte Bleue, Carry-le-Rouet, 18-19 Nov. 1989. GIS Posidonie publ., Fr. : 1-448.
- Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L. (2006). Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. Ramoge publ., 200 pp.
- Boudouresque C.F., Verlaque M., (2002a.) Biological pollution in the Mediterranean Sea: invasive versus introduced macrophytes. Marine Pollution Bulletin 44: 32-38.
- Boury-Esnault N, Ereskovsky AV, Bézac C, Tokina D (2003) Larval development in Homoscleromorpha (Porifera, Demospongiae) first evidence of basal membrane in sponge larvae. Invertebrate Biology 122:187–202.
- Buia, M. C., Silvestre, F., Flagella, S., (2007). The application of the “CARLIT method” to assess the ecological status of the coastal waters in the gulf of Naples. In: UNEP MAP – RAC/SPA, 2007. Proceedings of the third Mediterranean symposium on marine vegetation (Marseilles, 27-29 March 2007). C. Pergent-Martini, S. El Asmi, C. Le Ravallec edits., RAC/SPA publ., Tunis: 300p.
- Carballo JL, Naranjo SA, Garcia-Gomez JC (1996) Use of marine sponges as indicators in marine ecosystems at Algeciras Bay (southern Iberian Peninsula). Marine Ecology Progress Series 135:109-122
- Cerrano C., Bavestrello G., Bianchi C.N., Cattaneo-Vietti R., Bava S., Morganti C., Morri C., Picco P., Sara G., Schiaparelli S., Siccardi A., Sponga F., (2000) - A catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (NW Mediterranean), summer 1999. Ecology Letters 3 : 284-293.
- Elbrächter M., 1999 - Exotic flagellates of coastal North Sea waters. Helgoländer Meeresuntersuchungen 5 : 235-242.
- Francour P., Boudouresque C.F., Harmelin J.G., Harmelin- Vivien M., Quignard J.P., (1994). Are the Mediterranean waters becoming warmer ? information from biological indicators. Marine Pollution Bulletin 28 (9) : 523-526.

- Garrabou, J. (1997). Structure and dynamics of north-western Mediterranean rocky benthic communities along a depth gradient: a Geographical Information System (GIS) approach. Ph. D. Thesis. University of Barcelona. 214 pp.
- Glover, A.G, Gooday, A.J., Bailey, D.M., Billett, D.S.M., Chevaldonné, P., Colaço, A., Copley, J., Cuvelier, D., Desbruyères, D., Kalogeropoulou, V., Klages, M., Lampadariou, N., Lejeusne, C., Mestre, N.C., Paterson, G.L.J., Pérez, T., Ruhl, H. Sarrazin, J., Soltwedel, T., Soto, E.H., Thatje, S., Tselepides, A., Van Gaever, S., Vanreusel, A. (2010). Climatic and geological drivers of long-term temporal change in deep-sea ecosystems. *Advances in Marine Biology* (sous presse).
- Goffart A., Hecq J.H., Legendren L., (2002) - Changes in the development of the winter-spring phytoplankton bloom in the Bay of Calvi (Northwestern Mediterranean) over the last two decades: a response to the changing climate. *Marine Ecology Progress Series* 235 : 387-399.
- Gomez F., (2003) - The toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum*: an invader in the Mediterranean Sea. *Acta Botanica Croatia* 62 : 65-72.
- Gomez F., Claustre H., (2003) - The genus *Asterodinium* (Dinophyceae) as possible biological indicator of warming in the western Mediterranean Sea. *Journal of Marine Biological Association of United Kingdom* 83 : 173-174.
- Grimes S., (2008). Impact des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière en Algérie. CAR ASP/PNUE.
- Harmelin J.G., Bouchon C., Hong J.S., (1981). Impact de la pollution sur la distribution des échinodermes des substrats durs en Provence (Méditerranée Nord-Occidentale). *Téthys* 10(1) : 13-36.
- Harmelin J.G., J. Vacelet, P. Vasseur, (1985), Les grottes sous-marines obscures: un milieu extrême et un remarquable biotope refuge. *Téthys* 11 (3-4), pp. 214- 229.
- Harmelin J.G., Marinopoulos J., (1994) - Population structure and partial mortality of the gorgonian *Paramuricea clavata* (Risso) in the north-western Mediterranean (France, Port-Cros Island). *Marine Life* 4 (1) : 5-13.
- Hong, J.S. (1980). Étude faunistique d'un fond de concrétionnement de type coralligène soumis à un gradient de pollution en Méditerranée nord-occidentale (Golfe de Fos). Thèse de Doctorat . Université d'Aix -Marseille II. 134 pp.
- Hong, J.S. (1983). Impact of the pollution on the benthic community. Environmental impact of the pollution on the benthic coralligenous community in the Gulf of Fos, northwestern Mediterranean. *Bulletin Korean Fisheries Society*, 16(3): 273-290.
- Laborel J., Vacelet J., (1959). –Les grottes sous-marines obscures en Méditerranée. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* 248 : 2619-2621

- Laborel, J. (1961). Le concrectionnement algal "coralligène" et son importance géomorphologique en Méditerranée. Recueil Travaux Station Marine d'Endoume, 23: 37-60.
- Laborel, J. (1987). Marine biogenic constructions in the Mediterranean. Scientific Reports of Port-Cros National Park, 13: 97-126.
- Lejeusne C., Chevaldonné P., Pergent-Martini, C., Boudouresque C.F., Pérez T., (2010). Climate change effects on a miniature ocean : the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea. Trends in Ecology & Evolution 25 (4) : 250-260.
- Molinero J.C., Ibanez F., Nival P., (2005a) - North Atlantic climate and north western Mediterranean plankton variability. Limnology and Oceanography 50 (4) : 1213-1220.
- Molinero J.C., Ibanez F., Souissi S., Chifflet M., Nival P., (2005b) - Phenological changes in the Northwestern Mediterranean copepods *Centropages typicus* and *Temora stylifera* linked to climate forcing. Oecologia 145 : 640-649.
- Muricy, G., (1991) - Structure des peuplements de spongiaires autour de l'égout de Cortiou (Marseille, France). Vie et Milieu, 41 : 205-221.
- Nehring S., (1998) - Establishment of thermophilic phytoplankton species in the North Sea: biological indicators of climatic changes? ICES Journal of Marine Science 55 : 818-823.
- Omrane, A. (2009) - Mise en place d'un système de suivi macrophytobenthique au niveau de l'île de *Jalta*. Contribution dans le cadre du projet de l'Aire Protégée Marine et Côtière de l'Archipel de Jalta, - 63 p.
- Pérès J. M. & J. Picard, (1964). Nouveau manuel de bionomie benthique. Recueil des Travaux de la Station marine d'Endoume, 31 (47), 5-137.
- Pérez T., Garrabou J., Sartoretto S., Harmelin J.G., Francour P., Vacelet J., (2000) - Mass mortality of marine invertebrates: an unprecedented event in the Northwestern Mediterranean. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Série III 323 : 853-865.
- Perez T., Sarrazin L., Rebouillon P., Vacelet J. (2002) First evidences of surfactant biodegradation by marine sponges (Porifera): an experimental study with a linear alkylbenzenesulfonate, Hydrobiologia 489 : 225-233
- Perez, T. (2000). Evaluation de la qualité des milieux côtiers par les spongiaires : état de l'art. Bulletin de la Société Zoologique de France 125(1), 17-25.
- Pou, S., E. Ballesteros, B. Weitzmann, A.M. Grau, F. Riera & O. Delgado (1993). Sobre la presencia del alga *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh (Caulerpales, Chlorophyta) en aguas costeras de Mallorca. Boll. Soc. Hist. Nat. Balears 36: 83-90.
- Ribera M.A., Boudouresque C.F., (1995). Introduced marine plants, with special reference to macroalgae : mechanisms and impact. *Progress in phycological*

- Research*, ROUND F.E., CHAPMAN D.J. édit., Biopress Ltd publ., UK , 11 : 187-268.
- Ros, J.D., Romero, J., Ballesteros, E. and Gili, J.M. (1985) Diving in Blue Water. The Benthos, 233–295 pp.
- Rose, C. S. and M. J. Risk. (1985). Increase in *Cliona delitrix* infestation of *Montastraea cavernosa* heads on an organically polluted portion of the Grand Cayman. P.S.Z.N.I: Marine Ecology, 6(1):345.363.
- Sabatés, A., P. Martín, J. Iloret and V. 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.
- Salat J., (1996) - Review of hydrographic environmental factors that may influence anchovy habitats in northwestern Mediterranean. *Scientia marina* 60 (suppl.2) : 21-32.
- Sartoretto S, (2002). Le Réseau de Surveillance Gorgones en région Provence-Alpes-Côte d'Azur : Deuxième campagne de mesure et recommandations. Conseil Régional PACA/Agence de l'Eau RMC/DIREN PACA/Conseil général 13/Conseil général 83/Conseil général 06/Ville de Marseille/GIS Posidonie/Centre d'Océanologie de Marseille. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 1-81.
- Siokou-Frangou I., Christaki U., Mazzocchi M. G. , Montresor M. , Ribera d'Alcalá M. , Vaqué D. , Zingone A. (2010) Plankton in the open Mediterranean Sea: a review. *Biogeosciences*, 7, 1543-1586.
- Slimani A. Hamdi H. (2004) Etat des stocks des principales ressources démersales en Méditerranée marocaine (Laboratoire des Ressources Halieutiques – INRH – Nador). Groupe de Travail du Sous comité d'évaluation des stocks (SCES) sur les espèces démersales. Malaga (Espagne). 6 - 7 mai 2004.
- Streftaris N, Zenetos A (2006) Alien marine species in the Mediterranean-the 100 "Worst Invasives" and their impact. *Mediterranean Marine Science* 7: 87-118.
- Thibaut T., Mannoni, P. A., Markovic L., Geoffroy K., Cotallorda J.M. (2008). Rapport d'état écologique des Masses d'eau – Application de la directive cadre sur l'eau.
- Thibaut T., Pinedo S., Torras X., Ballesteros E. (2004) Long-term decline of the populations of Fucales (*Cystoseira* spp. and *Sargassum* spp.) in the Albères coast (France, North-western Mediterranean), *Marine Pollution Bulletin* 50, pp. 1472–1489.
- Thibaut, T., Mannoni, P. A., (2008). La méthode CARLIT à Malte. *Bulletin d'informations de l'initiative pour les Petites Iles de Méditerranée* : PIM. N°7 p10.

Torras X., Pinedo S., Garcia M., Mangialajo L., Ballesteros E. (2003) Assessment of coastal environmental quality based on littoral community cartography: methodological approach. Proceedings of Second Mediterranean Symposium on Marine Vegetation. *Reports. Athens 12–13 December 2003. UNEP/MAP/RAC/SPA.*

Zotier R., Bretagnolle V., Thibault J.-C. (1999). Biogeography of the marine birds of a confined sea, the Mediterranean. *Journal of Biogeography* 26 : 297-313.