

Note: Les appellations employées dans ce document et la présentation du matériel qui y figure n'impliquent de la part du PNUE l'expression d'aucune opinion particulière relative au statut juridique d'un Etat, d'un territoire, d'une ville ou d'une zone, ou à leurs autorités, ou relative à la délimitation de leurs frontières ou limites.

© 2011 Programme des Nations Unies pour l'environnement
Plan d'action pour la Méditerranée
Centre d'activités régionales pour les Aires
spécialement protégées (CAR/ASP)
Boulevard du leader Yasser Arafat
B.P.337 – 1080 Tunis CEDEX
E-mail : car-asp@rac-spa.org

La version originale (en français) de ce document a été préparé pour le Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées par :
Gérard Pergent
e-mail: pergent@wanadoo.fr

avec la contribution des experts suivants : Sabrina Agnesi, Paul Arthur Antonioli, Lorenza Babbini, Said Belbacha, Kerim Ben Mustapha, Carlo Nike Bianchi, Ghazi Bitar, Silvia Cocito, Julie Deter, Joaquim Garrabou, Jean-Georges Harmelin, Florian Hollon, Giulia Mo, Monica Montefalcone, Carla Morri, Valeriano Parravicini, Andrea Peirano, Alfonso Ramos-Espla, Giulio Relini, Stéphane Sartoretto, Rachid Semroud, Leonardo Tunesi, Marc Verlaque

RÉSUMÉ EXÉCUTIF

Dans le cadre du Plan d'Action pour la Conservation du Coralligène et des autres bioconstructions en Méditerranée adopté, par les Parties Contractantes à la Convention de Barcelone, en 2008, plusieurs actions prioritaires sont identifiées ; elles concernent notamment (i) le renforcement des connaissances relatives à la distribution et à la composition de ces peuplements, (ii) la compilation d'une base de données répertoriant les spécialistes et (iii) la mise en place d'un suivi spatio-temporel des peuplements coralligènes et de maërl. Toutefois, l'inventaire et le suivi des peuplements coralligènes et de maërl posent plusieurs problèmes, liés à l'accessibilité de ces peuplements, à leur hétérogénéité et à l'absence de protocole standardisé utilisé par les différentes équipes travaillant dans ce domaine. L'objectif de ce document consiste à recenser les principales méthodes utilisées pour l'inventaire et le suivi des peuplements coralligènes et de maërl, en Méditerranée, et à mieux appréhender leurs avantages, leurs limites et leurs conditions d'utilisation.

La synthèse, qui est subdivisée en deux parties (les méthodes d'inventaires et les méthodes de suivi) est basée sur une vingtaine de fiches techniques correspondant à des protocoles, mis en œuvre par différentes équipes méditerranéennes. Un résumé de ces fiches se trouve dans l'annexe I.

L'inventaire des peuplements coralligènes et de maërl peut être appréhendé à deux niveaux :

- (i) la localisation des peuplements, qui fait appel à des techniques de cartographie « classiques ». Si la plongée sous-marine est souvent utilisée pour de petites surfaces, elle s'avère peu adaptée lorsque la zone d'étude et/ou la profondeur augmentent, le recours à des méthodes d'investigation acoustique ou à des systèmes d'observation immergés s'avèrent alors nécessaires. Toutefois, les techniques acoustiques doivent être complétées par un nombre important de données « terrain » car les réponses obtenues renseignent plus souvent sur le substrat que sur le peuplement.
- (ii) la caractérisation des peuplements, qui est fortement dépendante de l'échelle de travail et de la précision recherchée. Même si l'utilisation de photographies ou de vidéo sous-marines peut être pertinente, le recours à des spécialistes en taxonomie, bénéficiant d'une bonne expérience en plongée sous-marine, est souvent indispensable compte tenu de la complexité de cet habitat. S'il est possible d'estimer la couverture ou l'abondance par des indices standardisés, une caractérisation fine nécessite souvent l'emploi de quadrats ou de transects voire le prélèvement de l'ensemble des organismes présents sur une surface déterminée. La présence d'individus cassés, de nécroses sont autant d'éléments à prendre en compte de même que la description précise du site.

Le suivi des peuplements coralligènes et de maërl fait essentiellement appel à la plongée sous-marine mais compte tenu des contraintes le recours à d'autres outils d'investigations (ROV, Caméra tractée, ..) doit être envisagé car il permet un suivi, certes moins précis, mais sur de plus grandes surfaces. En fonction des peuplements pris en compte les techniques diffèrent :

- (i) **le suivi des peuplements coralligènes sur substrat dur** nécessite la réalisation d'un état zéro ou état de référence précis, avec la garantie d'une reproductibilité de la mesure au cours du temps. Il requiert la réalisation de micro-cartographie et l'utilisation de descripteurs. Toutefois, ces descripteurs varient fortement d'une équipe à l'autre de même que leur protocole de mesure.
- (ii) **le suivi des peuplements de maërl** et des fonds à rhodolithes peut également s'effectuer en plongée sous-marine mais l'observation à l'aide de ROV, de caméras tractées et le prélèvement à l'aide de bennes sont privilégiés du fait de l'homogénéité plus importante de ces peuplements. En revanche il n'existe pas de méthode permettant un suivi aussi précis que pour les peuplements coralligènes de substrat dur car l'action de l'hydrodynamisme peut entraîner un déplacement sur le fond.

Les fiches techniques collectées confirment la multiplicité des protocoles opérationnels que ce soit pour l'inventaire des peuplements coralligènes et de maërl, que pour le suivi des peuplements coralligènes sur substrat dur ; en revanche le suivi des peuplements de maërl semble moins documenté.

Longtemps ignorés du fait de leur localisation et des moyens d'investigation limités, les peuplements coralligènes et de maërl doivent faire aujourd'hui l'objet de programmes prioritaires. Leur inventaire et leur suivi constituent donc un challenge unique à l'échelon méditerranéen du fait de leur importance écologique et économique et des menaces qui pèsent sur leur pérennité. Les résultats acquis dans le cadre de ce travail doivent donc être discutés, dans le cadre d'un atelier spécifique associant les principaux spécialistes travaillant habituellement à la surveillance des peuplements coralligènes et de maërl afin (i) d'initier des collaborations entre les équipes impliquées, (ii) de proposer un nombre « minimal » de descripteurs à prendre en compte, et (iii) de valider des méthodes qui puissent être comparées ou inter-calibrées. Il serait en effet pertinent d'être en mesure de proposer « une boîte à outils » dans laquelle les différents intervenants pourraient trouver des protocoles validés à même de répondre à leurs objectifs et aux moyens disponibles. Un effort particulier devra également être consenti en terme de formation et de transfert de technologies entre les instituts bénéficiant d'une expérience avérée et les nouveaux intervenants.

A - Contexte et objectifs

Le Plan d'Action pour la Conservation du Coralligène et des autres bioconstructions en Méditerranée¹ a été adopté, par les Parties Contractantes à la Convention de Barcelone, en 2008 (PNUE-PAM, 2008).

Plusieurs actions prioritaires sont identifiées, dans ce plan d'action (PNUE-PAM-CAR/ASP, 2008) ; elles concernent notamment (i) le renforcement des connaissances relatives à la distribution (compilation des informations existantes, réalisation de mission de terrain dans de nouveaux sites ou dans des sites d'intérêt particulier) et à la composition (liste d'espèces) de ces peuplements, (ii) la compilation d'une base de données répertoriant les spécialistes et (iii) la mise en place d'un suivi spatio-temporel des peuplements coralligènes et de maërl.

Même si l'on dispose de connaissances générales relatives à la composition et à la distribution des peuplements coralligènes et de maërl en Méditerranée (Ballesteros, 2006 ; PNUE-PAM-CAR/ASP, 2009 ; Relini, 2009 ; Relini & Giaccone, 2009), l'absence de données cartographiques sur la distribution générale de ces peuplements constitue l'une des plus importantes lacunes dans une optique de conservation. La synthèse, réalisée par Agnesi *et al.*, (2008) confirme le peu de données disponibles, avec moins de 50 cartographies recensées, mais aussi le caractère récent de ces travaux (la majorité des cartes date de moins de dix ans) et leur forte disparité géographique (la quasi totalité des cartes concerne le bassin nord-occidental).

La mise en place d'un suivi spatio-temporel vise à répondre aux questions relatives (i) aux changements de la composition de ces peuplements au cours du temps, (ii) à l'état de conservation et à la vitalité des populations de flore et de faune associées, (iii) à l'impact des perturbations naturelles ou anthropiques, et (iv) à l'identification d'espèces à même d'être utilisées en tant qu'indicateurs de l'état de conservation ou de dégradation de ces peuplements.

Force est de constater que contrairement aux herbiers de magnoliophytes marines pour lesquels nous disposons à ce jour d'un grand nombre de méthodes de cartographie et d'outils de surveillance, l'inventaire et le suivi des peuplements coralligènes et de maërl posent plusieurs problèmes, liés à l'accessibilité de ces peuplements, à leur hétérogénéité et à l'absence de protocole standardisé utilisé par les différentes équipes travaillant dans ce domaine (Ballesteros, 2006) même si quelques essais ont été réalisés en ce sens (Relini & Faimali, 2004).

Ces lacunes sont d'autant plus préjudiciables que ces peuplements subissent des dégradations très importantes liées notamment à leur exploitation directe comme source de calcaire pour l'amendement des sols², aux activités de pêche, au développement de la plongée récréative, à l'altération de leur environnement

¹ Dans ce plan d'action, le coralligène est considéré comme un paysage sous-marin typique de la Méditerranée, constitué par une structure d'algues corallines qui se développent dans des conditions de faible luminosité et dans des eaux relativement calmes. Les bancs de maërl méditerranéens doivent être considérés comme des fonds sédimentaires couverts par un tapis d'algues calcaires vivantes libres (Corallinales ou Peyssonneliaceae) qui se développent également dans des conditions de faible luminosité. Ces peuplements se développent dans la partie profonde de l'infralittoral et dans le circa-littoral (-20 à -120m en moyenne)

² Du fait de son classement dans les annexes de la Directive Habitat l'interdiction de son exploitation est désormais programmée en Europe, aussi plusieurs sociétés d'exploitation cherchent des gisements de substitution dans les pays méditerranéens.

(pollution, accroissement de la turbidité et de la sédimentation) et à l'acidification des eaux liée aux changements climatiques (Grall *et al.*, 2009 ; PNUE-PAM-CAR/ASP, 2009). Au delà de la dégradation mécanique de ces peuplements l'exploitation excessive des ressources vivantes associée est de nature à altérer de manière significative l'ichtyofaune (Harmelin & Marinopoulos, 1994).

L'objectif de ce document consiste à recenser les principales méthodes utilisées pour l'inventaire et le suivi des peuplements coralligènes et de maërl, en Méditerranée, et à mieux appréhender leurs avantages, leurs limites et leurs conditions d'utilisation. Ces éléments pourraient constituer une base de discussion pour une réunion des spécialistes du domaine visant à sélectionner, dans le cadre d'une stratégie régionale, des outils standardisés et des protocoles communs.

B - Synthèse des principales méthodes utilisées

Compte tenu des objectifs poursuivis et des outils d'investigation à mettre en œuvre, la synthèse sera subdivisée en deux parties : les méthodes d'inventaires et les méthodes de suivi.

1 - Inventaire des peuplements coralligènes et de maërl

L'inventaire des peuplements coralligènes et de maërl peut être appréhendé à deux niveaux :

- La localisation des peuplements (distribution bathymétrique, substrat, cartographie,...)
- La caractérisation des peuplements (espèces présentes, vitalité, abondance,...)

La localisation des peuplements coralligènes et de maërl fait appel à des techniques de cartographie « classiques », similaires à celles utilisées pour les herbiers de magnoliophytes profonds. Si la plongée sous-marine est souvent utilisée pour de petites surfaces (ex. transects, quadrats), cette méthode d'investigation montre rapidement ses limites lorsque la zone d'étude et la profondeur augmentent significativement, et ce, même si une optimisation de la technique peut être apportée pour une description générale du site (plongeur remorqué, transects vidéo ; Cinelli, 2009). Le recours à des méthodes d'investigation acoustique (sonar à balayage latéral, sondeur multifaisceaux ; Georgiadis *et al.*, 2009) ou à des systèmes d'observation immergés (Remote Operating Vehicle; caméras tractées) s'avère nécessaire. Toutefois, les techniques acoustiques doivent être complétées par un nombre important de données « terrain » car les réponses obtenues renseignent plus souvent le substrat que le peuplement qui s'y développe et les systèmes d'observation immergés nécessitent un temps d'acquisition très long, compte tenu de la vitesse ou de la portée limitées des engins utilisés. Enfin, compte tenu de la répartition en trois dimensions des peuplements de substrats durs, des données bathymétriques « fines » (e.g. sondeur multifaisceaux) constituent souvent un élément d'appréciation indispensable. L'objectif de l'étude, et notamment la surface concernée, les moyens et le temps disponibles conditionneront donc la stratégie à mettre en œuvre (Tableau I).

Tableau I : Principaux outils utilisés pour la cartographie des peuplements coralligènes et de maërl, en Méditerranée. Lorsque cela est possible, la tranche bathymétrique, la surface d'utilisation, la précision, l'aire cartographiée par heure, l'intérêt ou les limites d'utilisations sont indiqués.

OUTIL DE LEVÉ	PROFONDEUR	SURFACE À CARTOGRAPHIER	PRÉCISION GÉOMÉTRIQUE	AIRE CARTOGRAPHIÉE (KM ² /HEURE)	INTÉRÊT	LIMITE
Plongée sous-marine	Tranche bathymétrique (0 à -50 m)	Surfaces inférieures à l'ha	A partir de 0.1 m (en relatif)	0.001 à 0.01	Très grande précision pour l'identification (taxonomie) et la répartition des espèces (micro-cartographies). Méthode non destructive. Coût réduit et facilité de mise en œuvre.	Surfaces inventoriées réduites Temps de travail important. Tranche bathymétrique limitée. Réservé à des plongeurs expérimentés (sécurité). Géo-référencement variable. Problèmes règlementaires.
Transects par plongeurs tractés	Tranche bathymétrique (0 à -50 m)	Surfaces intermédiaires (quelques km ²)	De 1 à 10 m	0.01 à 0.025	Bonne identification des peuplements et possibilité d'enregistrer les images. Surfaces couvertes notables. Méthode non destructive. Coût réduit et facilité de mise en œuvre.	Temps d'acquisition et de dépouillement des données importants. Tranche bathymétrique limitée. Problèmes règlementaires. Réservé à des plongeurs expérimentés. Transparence de l'eau. Positionnement du plongeur variable (Géo-référencement). Manipulation difficile en présence de fort trafic en surface

<p>Sonar à balayage latéral</p>	<p>A partir de -8 m et jusqu'à la limite de distribution du peuplement (>-120 m)</p>	<p>Peut être utilisé pour de grandes surfaces (quelques dizaines à quelques centaines de km²)</p>	<p>A partir de 1 m</p>	<p>1 à 4</p>	<p>Représentation réaliste permettant une bonne distinction de la nature des fonds et de certains peuplements (maërl) avec localisation des limites. Large tranche bathymétrique. Rapidité d'exécution. Méthode non destructive. Bon géo-référencement.</p>	<p>Image plane (en deux dimensions) pour représenter des peuplements en trois dimensions (substrats durs). Inefficace pour cartographier les tombants verticaux. Masse très importante de données. Acquisition de données terrain nécessaire pour valider les sonogrammes. Coût élevé et importants moyens à la mer.</p>
<p>Sondeur multifaisceaux</p>	<p>A partir de -2m et jusqu'à la limite de distribution du peuplement (>-120 m)</p>	<p>Peut être utilisé pour de grandes surfaces (quelques dizaines à quelques centaines de km²)</p>	<p>A partir de 1m (en linéaire) <1m (en profondeur)</p>	<p>0.5 à 6</p>	<p>Possibilité d'obtenir une image en trois dimensions. Double information (bathymétrie et imagerie) Bathymétrie très précise. Méthode non destructive. Rapidité d'exécution. Large tranche bathymétrique. Bon géo-référencement.</p>	<p>Traitement de l'information complexe (MNT). Imagerie (nature des fonds) moins précise qu'avec le sonar à balayage latéral. Masse de données très importante. Acquisition de données terrain indispensable. Coût élevé et importants moyens à la mer.</p>
<p>Remote Operating Vehicle (ROV)</p>	<p>A partir de -2 m et jusqu'à la limite de distribution du peuplement (>-120 m)</p>	<p>Adapté à des petites surfaces (quelques km²)</p>	<p>De 1 à 10 m</p>	<p>0.01 à 0.025</p>	<p>Bonne identification des peuplements. Possibilité d'enregistrer les images. Méthode non destructive. Large tranche bathymétrique.</p>	<p>Manipulation difficile en présence de courants et de fort trafic en surface. Traitement et report de l'information longs. Surfaces inventoriées réduites. Géo-référencement variable. Coût élevé et importants moyens à la mer.</p>

Caméra tractée	A partir de -2 m et jusqu'à la limite de distribution du peuplement (>-120 m)	Surfaces intermédiaires (quelques km ²)	De 1 à 10 m	0.025 à 1	Facilité de mise en œuvre et possibilité d'enregistrer les images. Bonne identification des peuplements. Surfaces couvertes importantes. Méthode non destructive.	Manipulation difficile en présence de fort trafic en surface. Limitée à des fonds homogènes et horizontaux. Temps d'acquisition de traitement des données long. Transparence de l'eau. Géo-référencement variable.
----------------	---	---	-------------	-----------	---	--

La caractérisation des peuplements coralligènes et de maërl est fortement dépendante de l'échelle de travail et de la précision recherchée (Tableau II). Même si l'utilisation de photographies ou de vidéo sous-marines peut être pertinente, car elle permet d'optimiser le rapport entre informations obtenues et temps de plongée, le recours à des spécialistes en taxonomie (validité de l'information), bénéficiant d'une bonne expérience en plongée sous-marine (sécurité), est souvent indispensable compte tenu de la complexité de cet habitat (répartition des espèces en trois dimensions). Les méthodes acoustiques décrites ci-dessus sont quant à elles totalement inopérantes, surtout pour les peuplements coralligènes.

Pour une caractérisation grossière des peuplements, les évaluations semi-quantitatives apportent souvent suffisamment d'informations ; il est ainsi possible d'estimer la couverture ou l'abondance par des indices standardisés, directement *in situ* ou à l'aide de photographies (PNUE-PAM-CAR/ASP, 2008). En revanche, une caractérisation fine des peuplements nécessite souvent l'emploi de quadrats ou de transects (associant ou non des photographies ; Frascetti *et al.*, 2001 ; Coma *et al.*, 2006) voire le prélèvement de l'ensemble des organismes présents sur une surface déterminée, pour analyse ultérieure au laboratoire (méthode destructive ; Boudouresque, 1971). Outre la présence ou l'abondance d'une espèce donnée, l'évaluation de sa vitalité apparaît comme un paramètre particulièrement intéressant. La présence d'individus cassés, de nécroses sont autant d'éléments à prendre en compte (Garrabou *et al.*, 1998 ; 2001). Enfin, la localisation précise de la station (coordonnées géographiques, profondeur), la nature du substrat (exposition, pente, rugosité, relief et envasement), la température de l'eau, les courants, les bioconstructeurs (organismes calcifiés), la flore et la faune fixées, l'abondance et la distribution des épibiontes, le peuplement ichthyologique associé et la présence d'espèces envahissantes doivent être également considérés pour caractériser précisément le peuplement (Harmelin, 1990).

Tableau II : Principales méthodes utilisées pour caractériser les peuplements coralligènes et de maërl en Méditerranée. Lorsque cela est possible la tranche bathymétrique, la surface d'utilisation, la précision, l'aire cartographiée par heure, l'intérêt ou les limites d'utilisations sont indiquées.

Méthode	Profondeur	Surface étudiée	Précision géométrique	Aire étudiée (m ² /heure)	Intérêt	Limite
Remote Operating Vehicle (ROV)	A partir de -2 m et jusqu'à la limite de distribution du peuplement (>-120 m)	Adapté à des surfaces de l'ordre du km ²	De 1 à 10 m	0.0025 à 0.01 2 500 à 40 000 m ²	Possibilité d'enregistrer les images. Bonne identification des faciès et associations. Possibilité d'évaluation semi quantitative. Détermination des espèces de grande taille. Récoltes ponctuelles Large tranche bathymétrique. Méthode non destructive.	Nécessite le recours à des spécialistes en taxonomie. Difficulté d'observation et d'accès en fonction de la complexité des peuplements. Traitement et report de l'information long. Positionnement difficile en présence de courants. Coût élevé et importants moyens à la mer.
Plongée sous-marine simple	Tranche bathymétrique (0 à -50 m)	Surfaces inférieures 250 000 m ²	A partir de 1 m	100 à 2 500m ²	Grande précision pour l'identification, la caractérisation et la répartition des espèces. Prélèvement d'échantillons possibles Méthode non destructive. Coût réduit et facilité de mise en œuvre.	Nécessite le recours à des spécialistes en taxonomie. Nombre d'espèces observées limité. Surfaces inventoriées réduites. Tranche bathymétrique limitée. Report peu précis. Temps de travail important. Réservé à des plongeurs expérimentés (sécurité et problèmes réglementaires).
Plongée sous-marine avec prises de vues	Tranche bathymétrique (0 à -50 m)	Surfaces inférieures à 250 000 m ²	A partir de 1 m	100 à 10 000 m ²	Grande précision pour l'identification, la caractérisation et la répartition des espèces. Identification possible <i>a posteriori</i> .	Nécessite le recours à des spécialistes en taxonomie. Observations en deux dimensions. Nombre d'espèces observées limité. Surface inventoriée réduite.

					Prélèvement d'échantillons possibles. Méthode non destructive. Coût réduit et facilité de mise en œuvre.	Tranche bathymétrique limitée. Temps de travail important. Matériel de prises de vues nécessaire. Réservé à des plongeurs expérimentés (sécurité et problèmes réglementaires).
Plongée sous-marine avec prélèvements	Tranche bathymétrique (0 à -50 m)	Surfaces inférieures à 10 m ²	A partir de 1 m	1 à 2 m ²	Très grande précision pour l'identification (taxonomie) et la répartition des espèces (micro-cartographies). Prise en compte de toutes les espèces. Identification possible <i>a posteriori</i> . Coût réduit et facilité de mise en œuvre.	Surfaces inventoriées très réduites. Matériel de prélèvement nécessaire. Tranche bathymétrique limitée. Temps de travail important. Méthode destructive. Réservé à des plongeurs expérimentés (sécurité et problèmes réglementaires).

2 - Suivi des peuplements coralligènes et de maërl

Le suivi des peuplements coralligènes et de maërl fait essentiellement appel à la plongée sous-marine bien que cette technique génère de nombreuses contraintes, du fait des conditions de milieu dans lesquelles se développent ces formations (profondeurs importantes, faible luminosité, températures basses, présence de courants,...) ; elle ne peut être utilisée que par des plongeurs confirmés et sur des durées limitées (Bianchi *et al.*, 2004 ; Tetzaff & Thorsen, 2005). Afin de s'affranchir de ces contraintes, il est possible de faire appel à de nouveaux outils d'investigations (ROV), qui offrent des opportunités dans l'optique d'un suivi, moins précis, mais sur de plus grandes surfaces, de ces peuplements. La complémentarité de ces techniques doit être prise en compte dans l'élaboration d'une stratégie opérationnelle.

D'autre part, si les contraintes liées à l'observation des peuplements coralligènes et de maërl sont indéniables, en revanche, leur vitesse de croissance réduite permet une faible périodicité de l'échantillonnage pour leur suivi à long terme, en dehors des secteurs où les pressions humaines sont importantes (Garrabou *et al.*, 2002) et les risques d'impacts élevés.

Le suivi des peuplements coralligènes sur substrat dur nécessite la réalisation d'un état zéro ou état de référence précis avec un impératif supplémentaire : la reproductibilité au cours du temps de l'information recueillie. Aussi, le protocole expérimental revêt une importance capitale. Outre la localisation très précise de la mesure, nécessitant souvent la réalisation de micro-cartographie (quadrats, transects), les descripteurs pris en compte doivent faire l'objet d'un protocole standardisé et ne pas se limiter à la présence ou l'abondance de quelques espèces cibles (cf. Caractérisation des peuplements coralligènes et de maërl).

Si les méthodes destructives (prélèvement de tous les organismes présents sur une surface déterminée) ont longtemps été utilisées car elles offrent d'excellents résultats pour la flore et la faune sédentaire, elles ne sont pas souhaitables pour des suivis à visée conservatoire et/ou à long terme (PNUE-PAM-CAR/ASP, 2008). De même, le recours à l'immersion de substrats artificiels peut constituer une méthode pratique pour suivre la dynamique d'installation et de colonisation de ces peuplements (Relini *et al.*, 1973 ; Bazzicalupo *et al.*, 1974 ; Pisano *et al.*, 1980 , 1982 ; Relini *et al.*, 1983). Il convient plutôt de privilégier les méthodes non destructives comme l'échantillonnage photographique ou l'observation directe dans des surfaces déterminées (quadrats, transects permanents). Ces différentes méthodes peuvent être utilisées séparément ou combinées en fonction (i) des objectifs de l'étude, (ii) de la zone à inventorier et (iii) des moyens disponibles (Tableau III). Les méthodes non destructives sont de plus en plus utilisées et bénéficient, principalement pour l'échantillonnage photographique, d'avancées technologiques significatives.

Tableau III : Comparaison des trois méthodes classiques d'échantillonnage des peuplements de substrats durs (Bianchi *et al.*, 2004)

Prélèvements <i>in situ</i>	
Avantages	Précision taxonomique, évaluation objective, échantillons de référence
Inconvénients	Coût élevé, travail lent et laborieux, intervention de spécialistes, surface inventoriée limitée, méthode destructive
Utilisation	Etudes intégrant une forte composante taxonomique
Suivi vidéo ou photo	
Avantages	Evaluation objective, reproductibilité (si protocole précis), échantillons de référence, peut être automatisé, travail en plongée rapide, surface inventoriée importante, méthode non destructive, facilité d'acquisition des données à diverses échelles spatiales
Inconvénients	Précision taxonomique variable selon les organismes, problème d'interprétation des images <i>a posteriori</i>
Utilisation	Etudes sur le cycle biologique ou le suivi temporel, gain de temps si la profondeur d'étude est élevée
Observations directes	
Avantages	Faible coût, disponibilité immédiate des résultats, surface inventoriée importante, reproductibilité, méthode non destructive
Inconvénients	Risque de subjectivité taxonomique, travail en plongée lent
Utilisation	Etudes exploratoires, suivi des peuplements, études bionomiques

Contrairement aux herbiers de magnoliophytes marines, les descripteurs à prendre en compte varient fortement d'une équipe à l'autre de même que leur protocole de mesure (Harmelin & Marinopoulos, 1994 ; Pérez *et al.*, 2000 ; Bianchi *et al.*, 2004 ; Cinelli, 2009). Des fiches « standardisées » sont en cours d'élaboration par des équipes scientifiques, notamment dans le cadre des programmes Natura 2000 en mer et devraient permettre de solutionner, tout au moins en partie, ces difficultés (Figure 1).

Le suivi des peuplements de maërl et des fonds à rhodolithes peut également s'effectuer en plongée sous-marine mais l'observation à l'aide de ROV, de caméras tractées et le prélèvement à l'aide de bennes sont privilégiés du fait de l'homogénéité plus importante de ces peuplements (Tableau IV). De même, le recours à des techniques acoustiques (sonar à balayage latéral), associées à une bonne géolocalisation, permet un suivi temporel précis des surfaces occupées par ce type de peuplements (Bonacorsi *et al.*, 2010). En revanche il n'existe pas de méthode de suivi aussi précise que celles développées pour les peuplements coralligènes de substrat dur (micro-cartographies, échantillonnage photographique). En effet, le déplacement sur le fond de ces peuplements, notamment sous l'action de l'hydrodynamisme, s'accorde mal avec ce type de techniques.

Natura 2000 - Fiche Coralligène – ANTONIOLI 2010 – GIS Posidonie

- Date : - Observateur : - N° de plongée & site :

• **Type de faciès :** *Cystoseira zosteroides* *Eunicella singularis*
Eunicella cavolinii *Lophogorgia sarmentosa*
Paramuricea clavata Autre :

• **Gorgone :** Non → Oui

	--	-	+	++
Toutes les classes de taille				
Nécrose				
Gorgone arrachée				
Epibiontes				
Recrutement (<3cm)				

Gorgonaire	Espèce :
.....cmcm

• **Aspect général :** Non → Oui

	--	-	+	++
Sédimentation / vase				
Voiles algaux				
Impression de diversité (très coloré)				
Faune cryptique riche				

Filet
Ancre
Fil
Déchet

Profondeur d'observation des gorgonaires :
• Max :
• Min :

• **Inventaire :**

Macrophytes	
Lithophyllum & Mesophyllum en 3D	
Couverture de <i>Lithophyllum incusans</i> sans relief	
Taches blanches sur Lithophyllum ou Mesophyllum	
Présence d'espèces dressées <i>Halimeda</i> , <i>Udotea</i> ; <i>Cystoseira</i> ...	

Ichtyofaune	
Présence d'espèces-cibles avec grands individus	
Poissons benthiques ou nectobenthiques	

• **Observation :**

Photos quadrats et paysagères à réaliser

Spongiaire & Bryzoaire	
Eponges perforantes (Clione)	
Espèces dressées (<i>Axinella sp.</i> , <i>Spongia agaricina</i> ,...)	
Grands bryozoaires branchus	



Figure 1 : Exemple de fiche synthétique utilisée dans le cadre des études NATURA 2000 par le GIS Posidonie (Antonoli, 2010).

Tableau IV : Méthodes utilisées pour le suivis des peuplements de maërl et des fonds à rhodolithes

Observations en plongée	
Avantages	Faible coût, disponibilité immédiate des résultats, méthode peu destructive, échantillons de référence, précision taxonomique, répartition des espèces
Inconvénients	Travail limité en profondeur, surface inventoriée réduite
Utilisation	Etudes exploratoires, suivi des peuplements, études bionomiques
Prélèvements en aveugle (benne, drague)	
Avantages	Faible coût, facilité de mise en œuvre, précision taxonomique, échantillons de référence, analyse du substrat (granulométrie, calcimétrie, % de matière organique), profondeur d'étude élevée
Inconvénients	Précision de l'observation, plusieurs réplicats nécessaires, surface inventoriée limitée, méthode destructive
Utilisation	Etudes localisées intégrant une composante taxonomique, validation des méthodes acoustiques
Suivi par ROV et caméras tractées	
Avantages	Evaluation objective, échantillons de référence (images), surface inventoriée importante, méthode non destructive, répartition des espèces, profondeur d'étude élevée
Inconvénients	Coût élevé, faible précision taxonomique, problème d'interprétation des images <i>a posteriori</i> , observations superficielles, peu d'information sur le substrat
Utilisation	Etudes de répartition et de suivi temporel, validation des méthodes acoustiques
Sonar à balayage latéral	
Avantages	Surfaces inventoriée très importantes, informations sur l'hydrodynamisme (figures sédimentaires), reproductibilité, méthode non destructive, profondeur d'étude élevée
Inconvénients	Coût élevé, interprétation des sonogrammes, validations complémentaires (intercalibration), observations superficielles, aucune information taxonomique
Utilisation	Etudes sur de grandes surfaces, suivi des peuplements, études bionomiques

C - Recommandations

A l'issue du premier symposium méditerranéen sur la conservation du coralligène et autres bio-concretions calcaires (Tabarka, Janvier 2009 ; PNUE-PAM-CAR/ASP, 2009), réunissant plus de 120 participants, originaires de 11 pays méditerranéens, il a été notamment recommandé de :

- Renforcer les connaissances sur les peuplements coralligènes notamment par la réalisation d'états de référence, l'acquisition de séries chronologiques longues et la mise en place d'un réseau d'experts méditerranéens ;
- Initier des réseaux de surveillance, gérés localement et coordonnés à l'échelle régionale et proposer des protocoles standardisés à même d'être appliqués à l'ensemble de la Méditerranée ;
- Identifier des espèces indicatrices de l'état de santé de ces formations et des critères de qualité permettant de renseigner sur des impacts anthropiques spécifiques.

Force est de constater, que deux années après la tenue de ce symposium, si un renforcement des connaissances a été initié notamment à travers (i) les programmes NATURA 2000 en mer et la Directive Stratégie Maritime pour les pays Européens ou (ii) des transferts de compétences pour des chercheurs de la rive Sud (Programme CapCoral ; Bonacorsi, 2010), il n'existe toujours aucune stratégie globale, ni coordination efficace au niveau régional. Il apparaît donc urgent de mettre en place un groupe de travail à même de répondre aux attentes exprimées lors de ce symposium.

L'inventaire et le suivi des peuplements coralligènes et de maërl en Méditerranée constituent un challenge unique du fait de l'importance écologique et économique de ces peuplements et des menaces qui pèsent sur leur pérennité. Longtemps ignorés du fait de leur localisation et des moyens d'investigation limités ces peuplements doivent faire aujourd'hui l'objet de programmes prioritaires.

Cette démarche doit être encouragée et coordonnée au niveau régional, à travers l'organisation d'un atelier spécifique associant les principaux spécialistes travaillant habituellement à la surveillance des peuplements coralligènes et de maërl. Même s'il est difficile de proposer une méthode standard unique pour la surveillance, ce type d'atelier est toujours utile pour (i) initier des collaborations, (ii) proposer un nombre « minimal » de descripteurs, (iii) valider des méthodes qui puissent être comparées ou inter-calibrées (PNUE-PAM-CAR/ASP, 2008).

D - Bibliographie

- Agnesi S., Annunziatellis A., Cassese M.L., La Mesa G., Mo G., Tunesi L., 2008. Synthesis of the cartographic information on the coralligenous assemblages and other biogenic calcareous formations in the Mediterranean Sea. Avenant N° 3/2008/RAC/SPA en référence au Mémoire de coopération N° 6/2002/RAC/SPA : 50 pp.+ 4 annexes.
- Antonoli P.A., 2010, Fiche d'aide à la caractérisation de l'Habitat Natura 2000 Coralligène. GIS Posidonie publ.
- Ballesteros E., 2006. Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 44: 123-195.
- Bazzicalupo G., Relini G., Viale S., 1974. Popolamenti di substrati artificiali posti su un fondo a coralligeno ed in una prateria di Posidonie. 4° Policheti sedentari e Cirripedi. *Mem. Biol. Marina e Oceanogr.*, 4 (4,5,6): 343-370.
- Bianchi C.N., Pronzato R., Cattaneo-Vietti R., Benedetti-Cecchi L., Morri C., Pansini M., Chemello R., Milazzo M., Fraschetti S., Terlizzi A., Peirano A., Salvati E., Benzoni F., Calcinai B., Cerrano C., Bavestrello G. 2004. Hard bottoms. 185-215. In: M.C., Gambi and M. Dappiano (eds), *Mediterranean Marine Benthos. Biol. Mar. Mediterr.* 11 (suppl. 1): 1-604.
- Bonacorsi M., Clabaut P., Pergent G., Pergent-Martini C., 2010. Cartographie des peuplements coralligènes du Cap Corse - Rapport de mission CAPCORAL, 4 Août – 11 Septembre 2010. Contrat Agence des Aires Marines Protégées / GIS Posidonies : 1-34+ annexes.
- Boudouresque C.F., 1971. Méthodes d'étude qualitative et quantitative du benthos (en particulier du phytobenthos). *Téthys* 3: 79-104.
- Cinelli F., 2009. Field survey methods and mapping: 136-139. In G. Relini (eds). *Marine bioconstructions, Nature's architectural seascapes*. Italian Ministry of the Environment, Land and Sea Protection, Friuli Museum of Natural History, Udine. *Italian Habitats*, 22: 159 pages.
- Coma R., Linares C., Ribes M., Díaz D., Garrabou J., Ballesteros E., 2006. Consequences of a mass mortality in populations of *Eunicella singularis* (Cnidaria: Octocorallia) in Menorca (NW Mediterranean). *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 327: 51-60.
- Fraschetti S., Bianchi C.N., Terlizzi A., Fanelli G., Morri C., Boero F., 2001. Spatial variability and human disturbance in shallow subtidal hard substrate assemblages: a regional approach. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 212: 1-12.
- Garrabou J., Ballesteros E., Zabala M. 2002. Structure and dynamics of north-western Mediterranean rocky benthic communities along a depth gradient. *Est. Coast. Shelf Sci.* 55: 493-508.
- Garrabou J., Perez T., Sartoretto S., Harmelin J.G., 2001. Mass mortality event in red coral (*Corallium rubrum*, Cnidaria, Anthozoa, Octocorallia) population in the Provence region (France, NW Mediterranean). *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 217: 263-272.

- Garrabou J., Sala E., Arcas A., Zabala M., 1998. The impact of diving on rocky sublittoral communities: a case study of a bryozoan population. *Conserv. Biol.* 12: 302-312.
- Georgiadis M., Papatheodorou G., Tzanatos E., Geraga M., Ramfos A., Koutsikopoulos C., Ferentinos G., 2009. Coralligène formations in the eastern Mediterranean Sea: Morphology, distribution, mapping and relation to fisheries in the southern Aegean Sea (Greece) based on high-resolution acoustics. *J.Exp. Mar. Bio. Ecol.* 368: 44–58
- Grall J., Guillaumont B., Bajjouk T., 2009. Fiche de synthèse d'habitat "Maerl". Ifremer, REBENT/NATURA 2000 : 1-9.
- 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: 5-13.
- Harmelin J.G., 1990. Ichtyofaune des fonds rocheux de Méditerranée : structure du peuplement du coralligène de l'île de Port-Cros (parc national, France). *Mésogée*, 50 : 23-30.
- Pérez T., Garrabou J., Sartoretto S., Harmelin J.G., Francour P., Vacelet J., 2000. Mortalité massive d'invertébrés marins: un événement sans précédent en Méditerranée nord-occidentale. *C.R. Acad. Sci. III, Life Sciences*, 323: 853-865.
- Pisano E., Bianchi C.N., Relini G., 1980. Insestamento su substrati artificiali lungo la falesia di Portofino (Mar Ligure): metodologie e dati preliminari. *Mem. Biol. Marina e Oceanogr.*, 10 (suppl.): 269-274.
- Pisano E., Bianchi C.N., Matricardi G., Relini G., 1982. Accumulo della biomassa su substrati artificiali immersi lungo la falesia di Portofino (Mar Ligure). *Atti del Convegno delle Unità Operative afferenti ai sottoprogetti Risorse Biologiche e Inquinamento marino. (Roma, 10-11 Novembre 1981): 93-105.*
- PNUE-PAM, 2008. Rapport de la 15ème réunion ordinaire des Parties contractantes à la Convention pour la Protection de l'Environnement marin et des régions côtières de la Méditerranée et de ses Protocoles. Almería – Espagne, 15-18 Janvier 2008, UNEP(DEPI)/MED IG.17/10 : 1-27 + annexes.
- PNUE-PAM-CAR/ASP, 2008. Plan d'action pour la conservation du coralligène et des autres bio-concrétionnements calcaires de Méditerranée. CAR/ASP Edit., Tunis : 21 pp.
- PNUE-PAM-CAR/ASP, 2009. Actes du 1^{er} symposium méditerranéen sur la conservation du coralligène et autres bio-concrétions calcaires (Tabarka, 15-16 Janvier 2009), C. Pergent-Martini & M. Brichet édits., CAR/ASP publ., Tunis : 273p
- Relini G., 2009. Marine bioconstructions, Nature's architectural seascapes. Italian Ministry of the Environment, Land and Sea Protection, Friuli Museum of Natural History, Udine. *Italian Habitats*, 22: 159 pages.
- Relini G., Bianchi C.N., Matricardi G., Pisano E., 1983. Research in progress on colonization of hard substrata on the Ligurian sea. *Journée Etud. Récifs artif. et Maricult. suspend.* Cannes 1982: 77-78.

- Relini G., Faimali M., 2004. Biofouling: 267-307. In: M.C. Gambi, M. Dappiano (Eds), Mediterranean Marine Benthos: a manual for its sampling and study. *Biol. Mar. Mediterr.*, 11 (Suppl. 1): 1-604.
- Relini G., Giaccone G., 2009. Gli habitat prioritari del protocollo SPA/BIO (Convenzione di Barcellona) presenti in Italia. Schede descrittive per l'identificazione / Priority habitat according to the SPA/BIO protocol (Barcelona Convention) present in Italy. Identification sheets. *Biol. Mar. Mediterr.*, 16 (suppl. 1): 372 pp.
- Relini G., Relini Orsi L., Valsuani G., 1973. Popolamenti di substrati artificiali posti su un fondo a coralligeno e in una prateria di Posidonia. 1° Caratteristiche generali. Atti V Congresso Soc. It. Biol. Marina. Ed. Salentina, Nardò: 226-260.
- Tetzaff K., Thorsen E. 2005. Breathing at depth: physiological and clinical aspects of diving when breathing compressed air. *Clin. Chest Med.* 26: 355-380.

Annexe I : Synthèse des fiches techniques

Une vingtaine de fiches techniques ont été remplies par des scientifiques travaillant régulièrement dans ce domaine (Annexe A). Si l'inventaire des peuplements coralligènes et de maërl (localisation et caractérisation) et le suivi de ces peuplements sur substrats dur disposent de protocoles relativement standardisés, le suivi de ces peuplements de maërl semble très en retrait.

D'autre part, les difficultés techniques rencontrées, principalement liées à la localisation bathymétrique de ces peuplements, nécessitent la mise en œuvre de moyens importants (techniques et financiers) pas toujours disponibles pour l'ensemble des pays de la région.

Aussi, au delà d'une méthode standardisée, dont la stricte application reste illusoire, il conviendra de proposer « une boîte à outils » dans laquelle les différents intervenants pourront trouver des protocoles validés à même de répondre à leurs aspirations et à leurs moyens. Un effort particulier devra également être consenti en terme de formation et de transfert de technologies entre les instituts bénéficiant d'une expérience notable et les nouveaux intervenants.

V : Synthèse des fiches techniques remplis par les différents experts.

	Inventaire des peuplements coralligènes et de maërl		Suivi des peuplements coralligènes et de maërl	
	Localisation des peuplements coralligènes et de maërl	Caractérisation des peuplements coralligènes et de maërl	Suivi des peuplements coralligènes sur substrat dur	Suivi des peuplements de maërl
Université de Jijel & ENSSMAL (Algérie)	1	1		
Institut de Ciències del Mar (Espagne)		1	2	
Université d'Alicante (Espagne)	1	1	1	1
IFREMER (France)	1		1	
Œil d'Andromède (France)			1	
ENEA (Italie)		1		
ISPRA (Italie)	1	1		
Université de Gènes (Italie)	1	1	1	
INSTM (Tunisie)	1	1	1	1