

Comparaison des inventaires de poissons dans les aires marines protégées de Méditerranée : influence de la surface et de l'ancienneté

par

Florence DUFOUR (1), Paolo GUIDETTI (2) & Patrice FRANCOUR (1)

RÉSUMÉ. - Les inventaires réalisés dans 8 réserves marines de Méditerranée ont été comparés statistiquement après avoir été complétés : Port-Cros (France), Lavezzi et Scandola (Corse, France), Monaco, Mèdes (Espagne), Termiti, Torre Guaceto et Porto Cesareo (Italie). Ces aires marines protégées présentent des biotopes comparables, mais des dates de création (1963, Port-Cros à 1997, Porto Cesareo) et des surfaces différentes (418 ha, Mèdes, à 16600 ha à Porto Cesareo). Les inventaires, réalisés avec des méthodes variées (relevés visuels en plongée sous-marine, anesthésiques, empoisonnements, captures par filets ou lignes), ont été comparés à l'aide des indices développés par Clarke et Warwick (diversité taxinomique moyenne et sa variance). Au total, 215 espèces sont reportées pour Port-Cros, 198 pour Scandola, 191 pour les Lavezzi, 136 pour les Mèdes, 108 pour Monaco, 105 pour Torre Guaceto, 75 pour Termiti et Porto Cesareo, à comparer aux 331 espèces retenues pour le peuplement théorique en Méditerranée (sous-espèces, espèces profondes ou lessepsiennes exclues). Le nombre d'espèces trouvées à Port-Cros, à Scandola ou aux Lavezzi correspond à la diversité attendue en Méditerranée. La variance de la diversité taxinomique des zones convenablement protégées correspond aussi à celle qui est attendue en Méditerranée. La richesse spécifique et la diversité taxinomique sont corrélées à l'ancienneté des aires protégées, mais pas à leur taille. En terme de mise en place de nouvelles aires protégées, cela signifie que le degré de surveillance et la pérennité des zones protégées sont plus importants que la surface de la réserve pour abriter un peuplement de poissons riche en nombre d'espèces.

ABSTRACT. - Comparison of fish inventory in Mediterranean marine protected areas: Influence of surface area and age.

Fish are the main fauna compartment concerned with protection measures and management into Marine Protected Areas (MPA). Surveys were conducted in 8 MPAs by various sampling methods (visual surveys by SCUBA diving, anaesthetic catch, poisoning, fishing nets or fishing lines): Port-Cros (France), Lavezzi and Scandola (Corse, France), Monaco, Mèdes Islands (Spain), Termiti, Torre Guaceto and Porto Cesareo (Italy). These areas presented similar biotopes (rocky substrata, *Posidonia oceanica* beds and sandy bottoms) but different ages (1963, Port-Cros to 1997, Porto Cesareo) and sizes (418 ha at Mèdes Islands to 16600 at Porto Cesareo). Termiti and Porto Cesareo have a weak protection compared to the other MPAs considered. The first step of this work was to update surveys already published by including new observations and unpublished data. Surveys were then compared using two diversity indexes, Average Taxonomic Distinctness (AvTD) and Variation in Taxonomic Distinctness (VarTD). For each MPA, these indexes have been compared to theoretical values for the Mediterranean Sea. This theoretical value (331 species belonging to 94 families) was calculated from the total number of species reported in the Mediterranean (FishBase) without the lessepsian species, species inhabiting deep waters (more than 100 m depth), and sub-species. A total of 215 (Port-Cros), 198 (Scandola), 191 Lavezzi, 136 (Mèdes), 108 (Monaco), 105 (Torre Guaceto), 75 (Termiti and Porto Cesareo) species have been reported in the different MPAs. Number of species found in Port-Cros, Scandola and Lavezzi corresponded to the diversity expected for Mediterranean fish samples: i.e. the diversity expected from a sample of n species (215, 198 or 191 species respectively) drawn at random from the total list (331 species). VarTD of all the well protected zones corresponded also to the Mediterranean expected values. Therefore, well protected areas allowed preservation of taxonomic relationships between species. Spearman non parametric correlations showed that species richness and AvTD were correlated to the age of MPA and not with its size. In conclusion, the implementation of new MPAs is discussed regarding these relationships: the size of the protected area is not as important as an efficient surveillance and a long term protection to ensure a high fish species diversity.

Key words. - Fish census - MED - Adriatic and Ionian Seas - Marine protected areas - Diversity - Species richness - Inventory.

Pendant une vingtaine d'années, l'augmentation de l'urbanisation le long du littoral méditerranéen, le tourisme ainsi que les activités de pêche ont menacé, sur le long terme, la survie de nombreux écosystèmes marins (Harmelin-Vivien, 2000 ; Lubchenco *et al.*, 2003). Afin d'éviter une réduction drastique de la biodiversité et un effet indirect négatif sur l'économie, le suivi des écosystèmes marins, ainsi que

l'amélioration des techniques de pêche, sont devenus la priorité en terme de gestion du littoral (Pinnegar *et al.*, 2000 ; Francour *et al.*, 2001 ; Kaiser *et al.*, 2002). Les aires marines protégées sont largement reconnues comme des moyens de gestion de la pêche et de la conservation de la biodiversité (Allison *et al.*, 1998 ; Salm *et al.*, 2000) et permettent également l'augmentation de l'abondance des pois-

-
- (1) EA 3156 "Gestion de la biodiversité", Faculté des sciences, Université de Nice-Sophia Antipolis, Parc Valrose, 06108 Nice cedex 2, FRANCE. [francour@unice.fr]
 - (2) Laboratory of Zoology and Marine Biology, DiSTeBA (Department of Biological and Environmental Sciences and Technology), University of Lecce, 73100 Lecce, ITALY.

sons (Côté *et al.*, 2001 ; Halpern, 2003 ; Lubchenco *et al.*, 2003).

Dans les années 1970 et 1980, la relation entre le nombre d'espèces et la surface a été le paradigme central de la science émergente définissant les nouvelles zones à protéger. En milieu terrestre, cette théorie a été largement supplantée par le paradigme des métapopulations et les stratégies de management intensif. En revanche, en milieu marin, cette relation peut encore fournir un outil important pour la désignation de nouvelles zones à protéger (voir par exemple la revue de Neigel, 2003). Comme l'ont montré MacKenzie *et al.* (2005), la richesse spécifique peut fournir des indications importantes sur la structure de la communauté et des écosystèmes gérés ou protégés. Dans le cas de la mise en place d'une nouvelle aire protégée, ou gérée, la définition d'une aire minimale nécessaire à la présence d'un certain nombre d'espèces nécessite alors la connaissance de la relation aire-nombre d'espèces (Neigel, 2003).

Dans les aires marines protégées méditerranéennes, la diversité taxinomique des populations de poissons n'a été abordée que par le biais d'inventaires faunistiques (Bori, 1984 ; Francour et Harmelin, 1988 ; Miniconi *et al.*, 1990 ; Francour et Finelli, 1991 ; Bouchereau *et al.*, 1992 ; Francour *et al.*, 2005). Toutefois, aucune comparaison entre ces inventaires n'a été réalisée et surtout la richesse spécifique des peuplements de poissons n'a jamais été considérée comme une variable d'état. Les indices de diversité classique (nombre d'espèces, indice de Shannon) ont une forte dépendance à l'effort d'échantillonnage et à la méthodologie utilisée. Ils ne permettent donc pas de comparer les richesses spécifiques entre les zones. Les mesures de diversité spécifique ont également des inconvénients logistiques et conceptuels dans le cas d'études comparatives (Warwick et Clarke, 2001). Par exemple, Harper et Hawsworth (1994) indiquent que la bio-

diversité ne peut pas être vue simplement comme un nombre d'espèces dans une zone et préconisent une mesure qui reflète la divergence phylogénétique des organismes présents. En réponse aux limitations des mesures traditionnelles de la diversité spécifique et de l'exigence de mesures fiables et robustes de la biodiversité (May, 1994), des indices ont été formulés et démontrés comme étant applicables à des problèmes liés à la conservation (Horn *et al.*, 1996). Deux nouveaux indices de biodiversité fondés sur les relations entre espèces, la diversité taxinomique moyenne (average taxonomic distinctness : Warwick et Clarke, 1995) et la variance de la diversité taxinomique (variation in taxonomic distinctness : Clarke et Warwick, 2001) ont été proposés. Ces techniques permettent d'éviter bien des problèmes de mesure de la richesse spécifique, comme le biais représenté par l'effort d'échantillonnage et sont, par construction, indépendantes de l'effort d'échantillonnage (Warwick et Clarke, 2001).

L'objectif essentiel de ce travail est l'analyse de la relation pouvant exister entre la richesse spécifique et différentes variables comme la taille et l'âge des aires marines protégées de Méditerranée (mers Adriatique et Ionienne comprises). Les indices de biodiversité ont donc été comparés entre huit aires marines aux caractéristiques (âge, surface) différentes, après avoir remis à jour les inventaires faunistiques. En terme de gestion, l'existence de telles relations permettrait d'orienter de façon optimale la création d'aires marines protégées.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Les inventaires

Les inventaires utilisés dans ce travail ont été réalisés à l'aide de diverses méthodes d'échantillonnage : relevés

Tableau I. - Nombre d'espèces, diversité taxinomique moyenne (AvTD) et sa variance (VarTD) pour les différentes zones analysées dans ce travail. Les caractéristiques des différentes zones (date de mise en application des zones protégées, surface), des techniques utilisées pour réaliser l'inventaire des poissons (Pe : pêche ; Pl : plongée sous-marine ; A : anesthésiques) et son ancienneté sont également indiquées. * : la date indiquée pour Torre Guaceto correspond à celle de création, mais la protection stricte du site, avec une surveillance renforcée, n'a commencé qu'en 1999-2000. L'âge de la zone protégée (Tab. II) a été calculé à partir du début de la protection stricte du site. [Species number, average taxonomic distinctness (AvTD) and variation in taxonomic distinctness (VarTD) for the different areas analysed in this work. The characteristics of marine protected areas (MPAs) (date of implementation, surface), fish species inventory techniques (Pe: fishing; Pl: SCUBA diving; A: anaesthetic), and age of fish inventory are figured. *: The date figured for Torre Guaceto is the date of marine reserve implementation, but the effective surveillance of MPA started only later in 1999-2000. The age used in table II corresponds to the beginning of effective surveillance.]

	Porto Cesareo	Tremiti	Torre Guaceto	Monaco	Mèdes	Lavezzi	Scandola	Port-Cros
Date de mise en application	1997	1989	1991*	1976	1983	1982	1975	1963
Surface (ha)	16 654	1 466	2 227	500	418	5 080	1 000	1 800
Techniques d'échantillonnage	Pl	Pe, Pl	Pe, Pl	Pe, Pl, A	Pl, Pe	Pe,Pl, A	Pe,Pl	Pe, Pl
Ancienneté inventaire (années)	1	9	10	8	22	14	16	18
Nombre d'espèces	75	75	105	108	136	191	198	215
AvTD	52,77	51,71	56,87	58,12	59,91	64,22	64,05	66,48
VarTD	114,0	109,6	148,8	172,8	164,9	182,7	193,4	207,4

visuels en plongée sous-marine, capture in situ à l'aide d'anesthésiques ou d'empoisonnements, analyse des débarquements de pêche professionnelle ou amateur. Ils proviennent de deux zones faiblement ou partiellement surveillées (Porto Cesareo en mer Ionienne et Tremiti en mer Adriatique) et de six aires protégées de Méditerranée nord-occidentale : Parc national de Port-Cros (France), Réserve naturelle de Scandola et Réserve des Bouches de Bonifacio (Corse ; la seule zone considérée dans ce travail est l'ancienne zone protégée des îles Lavezzi), Réserve de Monaco (étendue à tout le territoire de la Principauté de Monaco dans la suite du travail), Réserve des îles Mèdes (Espagne) et Réserve de Torre Guaceto (Italie, Adriatique). Ces espaces possèdent des biotopes similaires (zones rocheuses, herbiers à *Posidonia oceanica*, zones sableuses), mais se différencient par leur ancienneté (Port-Cros, la plus ancienne a été créée en 1963, tandis que la plus récente, Porto Cesareo, a été créée en 1997) et leur taille (de 418 ha pour les Mèdes, à plus de 16000 ha pour Porto Cesareo ; Tab. I).

Les plus anciens inventaires sont ceux de la Réserve des îles Mèdes (Bori, 1984) et du Parc national de Port-Cros (Francour et Harmelin, 1988). L'inventaire de Scandola a été effectué en 1990 (Miniconi *et al.*, 1990) et en 1991 (Francour et Finelli, 1991). Les îles Lavezzi ont été étudiées en 1992 (Bouchereau *et al.*, 1992). A Monaco, le premier inventaire date de 1998 (Francour, 1998) et a été complété en 2005 (Francour *et al.*, 2005). La zone de Tremiti a été recensée pour la première fois en 1997 (Fasola *et al.*, 1997) puis par diverses études (Marano *et al.*, 1999 ; Guidetti, 2000 ; Matarrese *et al.*, 2000). La zone de Torre Guaceto est suivie depuis 1996 (Marconato *et al.*, 1996 ; Vierucci, 2005). Enfin, la zone de Porto Cesareo a été inventoriée en 2003 et 2004 (Guidetti *et al.*, 2003, 2004). Tous ces inventaires ont été ensuite régulièrement poursuivis (données non publiées) et les données présentées ici correspondent à une mise à jour au 01 janvier 2006 (Annexe 1).

Analyse des données

Une liste de toutes les espèces présentes en Méditerranée occidentale et en Adriatique a été dressée en prenant certaines précautions : (1) les espèces présentes à toujours plus de 100 m de profondeur n'ont pas été considérées car elles n'ont jamais été échantillonnées en raison des techniques d'inventaires (données issues de Whitehead *et al.*, 1986 et de FishBase, www.fishbase.org), (2) les sous-espèces, rarement précisées dans les inventaires de terrain à notre disposition n'ont pas été considérées, (3) tous les inventaires ayant été menés en Méditerranée nord-occidentale, et en mers Ionienne et Adriatique, les espèces lessepsiennes n'ont pas été prises en considération, en raison de leur absence en dehors de la Méditerranée orientale (www.ciesm.org/atlas/appendix1.html). Les espèces pélagiques, à condition de répondre aux précautions précédentes, ont été conservées car elles

sont régulièrement mentionnées dans les inventaires. La diversité taxinomique théorique pour l'ensemble Méditerranée occidentale et Adriatique, telle que retenue dans ce travail, est donc de 331 espèces, réparties en 94 familles. Par la suite, ce peuplement sera dénommé peuplement total. La diversité taxinomique de chaque zone a été calculée à l'aide du logiciel Primer (version 6). Chaque mesure a été comparée à la diversité taxinomique théorique de l'ensemble de la Méditerranée occidentale et Adriatique. Le calcul de cet indice nécessite la connaissance de la systématique des espèces concernées. La position systématique retenue est celle qui est indiquée par Quignard et Tomasini (2000), complétée par les données de FishBase si nécessaire, avec six niveaux taxinomiques : Phylum, Classe, Ordre, Famille, Genre, Espèce.

Le degré moyen pour lequel les espèces dans un assemblage sont liées les unes aux autres a été calculé et défini comme la diversité taxinomique moyenne (AvTD) :

$$AvTD = \frac{\sum \sum_{i < j} \omega_{ij}}{s(s-1)/2}$$

où s est le nombre d'espèces présentes ; la double somme est comprise comme $\{i = 1, \dots, s, j = 1, \dots, s, \text{ tel que } i < j\}$ et ω_{ij} est le "poids de différenciation" entre les espèces i et j tracées au travers de l'arbre taxinomique hiérarchique.

Le degré pour lesquels certains taxons sont sur- ou sous-représentés dans les échantillons est un autre attribut de la biodiversité et représente la variabilité de tout le jeu de paires de poids de différenciation servant à faire la moyenne. La variance de la diversité taxinomique moyenne est définie mathématiquement comme (VarTD) :

$$VarTD = \frac{\sum \sum_{i \neq j} (\omega_{ij} - \bar{\omega})^2}{s(s-1)}$$

Pour analyser les facteurs influençant la diversité spécifique des différentes zones étudiées (nombre d'espèces observées, diversité taxinomique moyenne et variance de la diversité taxinomique moyenne), nous avons retenu comme paramètres descriptifs (1) l'âge de la zone protégée (âge fixé à 0 pour les zones peu protégées), (2) l'ancienneté de l'inventaire (date de la première publication ; dans tous les cas, une poursuite régulière de l'inventaire jusqu'en 2006 a été supposée) et (3) la surface de la zone (surface totale de la Principauté, du trait de côte jusqu'à l'isobathe -50 m dans le cas de Monaco). L'existence de relations entre ces variables a été recherchée à l'aide du coefficient de corrélation non paramétrique de Spearman (Zar, 1999).

RÉSULTATS

Les 3 aires de la mer Ionienne et de l'Adriatique présentent les plus faibles richesses spécifiques, avec un nombre

d'espèces à Porto Cesareo et à Tremiti bien plus faible que dans les autres aires, avec 75 espèces recensées (Tab. I). Les richesses spécifiques obtenues à Torre Guaceto et à Monaco sont moyennes et du même ordre de grandeur, 105 et 108 espèces respectivement. La richesse spécifique des Mèdes (136 espèces) est également moyenne, mais néanmoins supérieure à celle des deux précédentes zones. Enfin, Port-Cros, Scandola et les Lavezzi se démarquent des autres zones par un plus grand nombre d'espèces répertoriées : 215, 198 et 191 espèces respectivement (Annexe 1).

La diversité taxinomique moyenne (AvTD) est maximale à Port-Cros (Tab. I) et n'est pas significativement différente de celle qui est calculée pour l'ensemble de la zone Méditerranée occidentale et Adriatique (Fig. 1). C'est-à-dire que pour n espèces échantillonnées à Port-Cros, la diversité taxinomique moyenne correspond à celle d'un échantillon de n espèces tirées au hasard à partir de l'ensemble du peuplement total. Les valeurs calculées pour les Lavezzi et Scandola sont proches et à la limite de l'encadrement à 95% de la diversité taxinomique du peuplement total. En revanche, les valeurs obtenues pour les autres zones sont beaucoup plus faibles et nettement en dehors de l'intervalle de confiance.

La variance de la diversité taxinomique (VarTD) ne diffère pas significativement de la valeur calculée pour le peuplement total dans les zones protégées (Fig. 2). La valeur de Port-Cros correspond à la limite supérieure de l'encadre-

ment à 95% et celle de Torre Guaceto, à la limite inférieure. En revanche, la variance de la diversité taxinomique est significativement plus faible dans les deux zones peu protégées (Porto Cesareo et Tremiti) que pour un échantillon tiré au hasard dans la Méditerranée. Dans ces zones, certains taxons semblent donc être surreprésentés tandis que d'autres seraient sousreprésentés. Cela revient à dire qu'il y aurait moins de familles (ou autre taxon de haut niveau) présentes dans les zones peu protégées, pour le nombre d'espèces considérées, que dans les zones protégées.

Les coefficients de corrélation non paramétriques de Spearman sont indiqués dans le tableau II pour tous les couples de variables (diversité ou caractéristiques de la zone ou de l'inventaire). La surface de la zone considérée n'est pas significativement corrélée à une autre variable, que cela soit la richesse spécifique ($p = 0.50$) ou la diversité taxinomique moyenne ($p = 0.82$; Tab. II). Ces résultats ne changent pas si (1) la zone de Porto Cesareo (la plus grande surface et l'inventaire le plus récent) est exclue, ou (2) seules les 5 zones protégées convenablement surveillées (Mèdes, Lavezzi, Scandola, Port-Cros et Torre Guaceto) sont considérées (tous les $p > 0.2$). En revanche, la diversité spécifique des peuplements de poissons et la diversité taxinomique moyenne sont fortement corrélées à l'ancienneté de la zone protégée ($p < 0.005$) et à l'ancienneté de l'inventaire ($p < 0.05$; Tab. II).

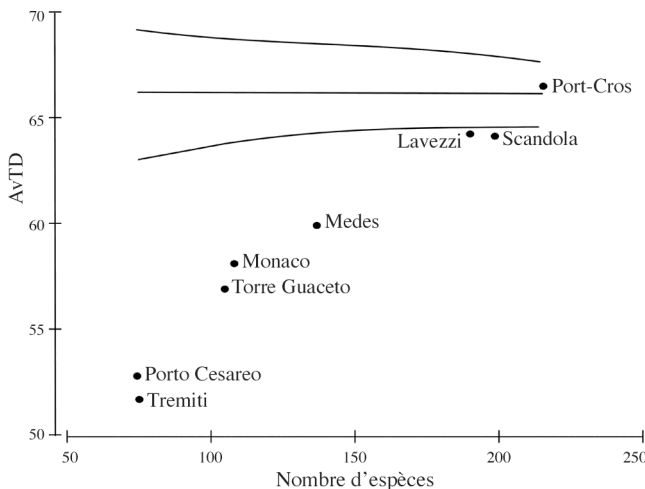


Figure 1. - Diversité taxinomique moyenne (AvTD) calculée pour les différents espaces protégés étudiés. La valeur en abscisse représente le nombre d'espèces de poissons signalées dans l'inventaire pour chaque zone. Les deux lignes haute et basse représentent l'encadrement à 95% de la diversité taxinomique moyenne attendue en Méditerranée nord-occidentale (Adriatique comprise) pour un échantillon de n espèces tirées au hasard à partir de l'ensemble du peuplement (ligne centrale). [Average taxonomic distinctness (AvTD) calculated for the marine protected areas (MPAs) studied. The number of fish species reported in MPAs is figured along the horizontal axis. The two upper and lower lines indicate limits within which 95% of simulated AvTD values lie, whereas the medium line indicates the mean AvTD expected in the north-western Mediterranean.]

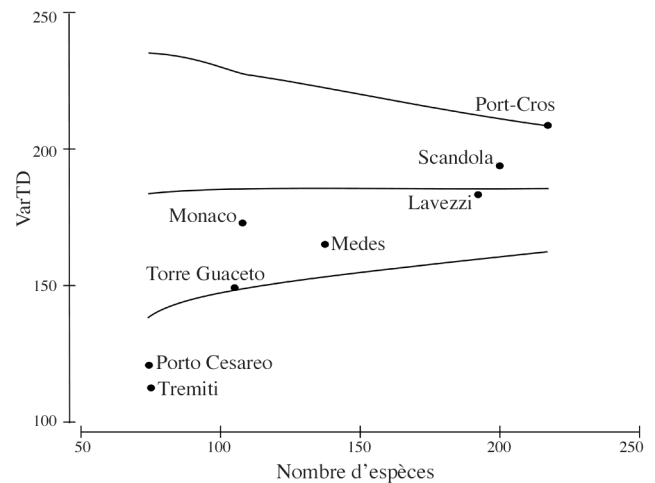


Figure 2. - Variance de la diversité taxinomique (VarTD) calculée pour les différents espaces protégés étudiés. La valeur en abscisse représente le nombre d'espèces de poissons signalées dans l'inventaire pour chaque zone. Les deux lignes haute et basse représentent l'encadrement à 95% de la variance de la diversité taxinomique attendue en Méditerranée nord-occidentale (Adriatique comprise) pour un échantillon de n espèces tirées au hasard à partir de l'ensemble du peuplement (ligne centrale). [Variation in taxonomic distinctness (VarTD) calculated for the marine protected areas (MPAs) studied. The number of fish species reported in MPAs are figured along the horizontal axis. The two upper and lower lines indicate limits within which 95% of simulated VarTD values lie, whereas the medium line indicates the mean AvTD expected in the north-western Mediterranean.]

Tableau II. - Coefficients de corrélation non paramétriques de Spearman et risque de première espèce (p) pour les relations entre les paramètres descriptifs de la zone (surface ; âge depuis la création jusqu'à 2006 ; dans le cas d'une surveillance limitée ou faible, l'âge a été considéré comme nul) ou de l'inventaire (ancienneté de l'inventaire) et les paramètres de diversité spécifique (nombre d'espèces inventoriées et diversité taxinomique moyenne : AvTD). [Spearman non parametric coefficients of correlation and p-values calculated for the relationships between descriptive variables of marine protected areas (surface, age from implementation to 2006 – in case of non efficient or limited surveillance, age is considered as null) or inventory (age of fish inventory) and diversity indexes (number of species and average taxonomic distinctness, AvTD).]

R Spearman (p)	Surface	Age Zone	Inventaire	Nb. Espèces
Surface				
Age Zone	- 0,34 (0,417)			
Inventaire	- 0,43 (0,289)	0,55 (0,157)		
Nb. Espèces	- 0,29 (0,493)	0,92 (0,001)	0,79 (0,021)	
AvTD	- 0,10 (0,823)	0,87 (0,005)	0,71 (0,047)	0,95 (< 0,001)

DISCUSSION

Les zones protégées où la surveillance est importante (Mèdes, Lavezzi, Scandola et Port-Cros) ont une VarTD qui ne diffère pas de celui calculé en Méditerranée occidentale, avec l'exception de Torre Guaceto qui est effectivement protégé depuis 2000, mais dont la VarTD est nettement plus faible. Leurs peuplements ichtyologiques sont donc "taxinomiquement" représentatifs de la diversité des peuplements de la Méditerranée occidentale (Adriatique comprise). Les plus faibles variabilités ont été observées à Tremiti et Porto Cesareo, deux zones à protection faible. L'inventaire est récent à Porto Cesareo, mais remonte à près de dix ans à Tremiti (comme à Torre Guaceto et Monaco). Cette faible variabilité peut être interprétée plus comme une conséquence de l'absence de protection que de l'existence d'un inventaire trop récent. Ce résultat correspond à ce qui est classiquement admis dans la littérature : la diversité d'un peuplement de poissons est plus faible en dehors des zones protégées que dans les zones protégées ou gérées (Côté *et al.*, 2001 ; Francour *et al.*, 2001). La comparaison des résultats obtenus pour Torre Guaceto et Monaco est intéressante. Les deux zones présentent une richesse spécifique et une diversité taxinomique comparables. En revanche, la variabilité calculée pour Torre Guaceto est en limite de l'intervalle de confiance alors que celle qui est calculée pour la Principauté de Monaco est proche de la variabilité moyenne. Cette différence pourrait être due à (1) l'existence d'une certaine pression de braconnage et/ou (2) des différences en terme d'habitat ou de milieu. A Torre Guaceto, le niveau de surveillance est maintenant important et le braconnage faible. De même à Monaco, la pression de prélèvement est très réduite en raison d'une urbanisation importante du littoral et d'une réduction de la surface des fonds entre la côte et l'isobathe -50 m. Il est donc possible que la différence entre

ces deux sites soit due à des caractéristiques abiotiques supportant un peuplement plus diversifié à Monaco qu'à Torre Guaceto, même si le nombre total d'espèces est voisin. Les données concernent des inventaires spécifiques qui se veulent le plus exhaustifs possibles, mais il n'a toutefois pas été possible de contrôler les analyses par le facteur habitat. Au contraire, nous sommes partis de l'hypothèse que la surface importante des zones étudiées (minimum de 418 ha aux Mèdes) autorisait la cohabitation des principaux habitats infralittoraux de Méditerranée (herbiers de phanérogames, zones sableuses, roches, éboulis, tombants et coralligène). Les hypothèses avancées concernant l'importance de l'habitat dans la richesse des peuplements analysés ici sont donc difficiles à vérifier.

Les données issues d'inventaires de poissons dans des zones protégées ou non de Méditerranée nord-occidentale et d'Adriatique n'ont pas permis de mettre en évidence une relation entre la taille de la zone et une mesure de diversité (richesse spécifique ou diversité taxinomique). En revanche, l'ancienneté de la réserve ou des inventaires sont significativement corrélés aux mesures de diversité. Même en ne considérant que les cinq réserves convenablement surveillées, qui sont toutes des zones protégées depuis plus de 14 ans, aucune relation significative n'a été mise en évidence entre surface et diversité. Neigel (2003) a synthétisé les différents travaux analysant les relations entre surface et richesse spécifique. Pour les peuplements de poissons, il s'appuie sur le travail de Horn et Allen (1976) qui compare les peuplements de poissons de 13 baies et estuaires en Californie et qui conclut à l'existence d'une relation positive entre surface et nombre d'espèces. Le nombre d'études publiées est faible en milieu marin, mais Neigel (2003) ne semble pas douter de l'existence de cette relation. En revanche, Halpern (2003) a analysé les données obtenues dans 89 études d'aires marines protégées et il n'a pas mis en évidence de lien entre l'importance de l'effet réserve, en terme de densité et biomasse, et la taille de la réserve. Les données présentées ici vont à l'encontre des conclusions de Horn et Allen (1976) ou Neigel (2003), mais renforcent les résultats de Halpern (2003). Il est certain que l'ancienneté de l'inventaire ou l'importance des prélèvements illicites (braconnage et absence de surveillance) peuvent limiter ou masquer une telle relation dans les aires marines protégées de Méditerranée. Toutefois, même en ne considérant qu'une partie des données (surveillance et inventaire de longue durée), aucune relation significative entre la surface de la réserve et la diversité taxinomique des peuplements de poissons n'a été mise en évidence.

La mise en place d'un effet réserve, c'est-à-dire l'apparition de différence significative avec les zones périphériques non protégées, nécessite plusieurs années. Par exemple, Halpern et Warner (2002) indiquent que la diversité des poissons serait probablement augmentée en un à trois ans après l'établissement d'une réserve marine et que cette tendance perdurerait dans le temps. La relation significative mise en évidence entre l'ancienneté de la protection d'une zone et une mesure de diversité traduit surtout l'opposition entre les zones "riches", protégées depuis de nombreuses années et les zones pauvres, protégées depuis peu ou non protégées. L'ancienneté de l'inventaire est également corrélée aux mesures de diversité, mais à un seuil proche de 5%. Compte tenu de la faible puissance des tests non paramétriques (Zar, 1999), ce résultat n'est pas remis en question, mais toute interprétation doit être considérée avec précaution et cette corrélation ne pourrait représenter qu'un artefact.

CONCLUSIONS

L'utilisation des indices de diversité proposés par Clarke et Warwick (2001) a permis de distinguer clairement les zones peu protégées, perturbées par la pêche, des aires marines protégées (surveillance efficace). Bien que comparables aux résultats obtenus avec la richesse spécifique, ces indices sont non biaisés par la stratégie d'échantillonnage et permettent de renforcer les conclusions. La taille d'une réserve n'influe pas sur la diversité taxinomique des poissons et la relation supposée entre la surface d'une zone et la richesse en espèces n'a pas été retrouvée dans le cas d'aires protégées de 500 ha ou plus. Cette relation soit n'existe pas dans l'absolu, soit n'existe plus au-delà d'un certain seuil, une taille minimale de la zone protégée. Les réserves les plus âgées ont à la fois une richesse spécifique plus grande mais également des diversités taxinomiques plus élevées que les aires plus jeunes. Le développement des réserves marines en Méditerranée comme outil de gestion de la zone littorale (Francour *et al.*, 2001) ne passe donc pas par la mise en place d'aires protégées de grande taille, mais par des zones pérennes et convenablement surveillées afin d'en limiter le braconnage.

Remerciements. - La mise à jour des inventaires de poissons dans les différents espaces protégés n'aurait pu se faire sans les observations inédites transmises par Jean-Michel Cottalorda, Jean-Michel Culioli, Toni Garcia-Rubies, Bernat Hereu, Heicke Molenaar, Thierry Thibaut et Mikel Zabala.

RÉFÉRENCES

- ALLISON G.W., LUBCHENCO J. & M.H. CARR, 1998. - Marine reserves are necessary but not sufficient for marine conservation. *Ecol. Appl.*, 8: S79-S92.
- BORI C., 1984. - Ictiofauna bentonica i littoral de les illes Mèdes. *In: Els Sistems Natural de les Illes Mèdes* (Ros J., Olivella I. & J.M. Gilli, eds), pp. 601-617. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.
- BOUCHEREAU J.-L., TOMASINI J.A., RUSS C. & J.-Y. JUVENEL, 1992. - Inventaire des poissons peuplant la réserve naturelle des îles Lavezzi. *Trav. Sci. Parc Natl. Rég. Rés. Nat. Corse*, 39: 1-11.
- CLARKE K.R. & R.M. WARWICK, 2001. - A further biodiversity index applicable to species lists: Variation in taxonomic distinctness. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 216: 265-278.
- CÔTÉ I.M., MOSQUEIRA I. & J.D. REYNOLDS, 2001. - Effects of marine reserve characteristics on the protection of fish populations: A meta-analysis. *J. Fish Biol.*, 59(suppl. A): 178-189.
- FASOLA M., CANOVA L., FOSCHI F., NOVELLI O. & M. BRESSAN, 1997. - Resource use by a Mediterranean rocky slope fish assemblage. *PSZNI Mar. Ecol.*, 18: 51-66.
- FRANCOUR P., 1998. - Inventaire de la faune ichtyologique de la Principauté de Monaco. Ministère d'État de la Principauté de Monaco-Service Environnement et GIS Posidonie publ., Marseille : 1-38.
- FRANCOUR P. & F. FINELLI, 1991. - Complément à l'inventaire des poissons marins de la réserve de Scandola (Corse, Méditerranée nord-occidentale). *Trav. Sci. Parc Natl. Rég. Rés. Nat. Corse*, 31: 35-53.
- FRANCOUR P. & J.-G. HARMELIN, 1988. - Inventaire de la faune ichtyologique marine de Port-Cros. *Sci. Rep. Port-Cros Natl. Park*, 14: 65-79.
- FRANCOUR P., HARMELIN J.-G., POLLARD D. & S. SARTORETTO, 2001. - A review of marine protected areas in the northwestern Mediterranean region: Sitting, usage, zonation and management. *Aquat. Conserv. : Mar. Freshw. Ecosyst.*, 11: 155-188.
- FRANCOUR P., COTTALORDA J.M. & F. DUFOUR, 2005. - Mise à jour de l'inventaire de la faune ichtyologique de la Principauté de Monaco. Contrat Ministère d'État de la Principauté de Monaco, Service Environnement, & Laboratoire Environnement Marin Littoral. LEML publ., Nice, 30 p.
- GUIDETTI P., 2000. - Differences among fish assemblages associated with nearshore *Posidonia oceanica* seagrass beds, rocky-algal reefs and unvegetated sand habitats in the Adriatic Sea. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 50: 515-529.
- GUIDETTI P., TERLIZZI A., FRASCHETTI S. & F. BOERO, 2003. - Changes in Mediterranean rocky-reef fish assemblages exposed to sewage pollution. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 253: 269-278.
- GUIDETTI P., FRASCHETTI S., TERLIZZI A. & F. BOERO, 2004. - Desertification caused by *Lithophaga lithophaga* (Mollusca) fishery along Apulian rocky coasts (SE Italy, Mediterranean Sea): Effects on littoral fish assemblages. *Conserv. Biol.*, 18: 1417-1423.
- HALPERN B.S., 2003. - The impact of marine reserves: Do reserves work and does reserve size matter? *Ecol. Appl.*, 13(Suppl.): S117-S137.
- HALPERN B.S. & R.R. WARNER, 2002. - Marine reserves have rapid and lasting effects. *Ecol. Lett.*, 5: 361-366.
- HARMELIN-VIVIEN M., 2000. - Influence of fishing on the trophic structure of fish assemblages in the Mediterranean seagrass beds. *In: Fishing Down the Mediterranean Food Webs?* (Briand F., ed.), pp. 39-41. Monaco: CIESM Workshop Series 12.

- HARPER J.L. & D.L. HAWKSWORTH, 1994. - Biodiversity: Measurement and estimation. Preface. *Phil. Trans. R. Soc. Lond., Ser. B*, 345: 5-12.
- HORN M.H. & L.G. ALLEN, 1976. - Numbers of species and faunal resemblance of marine fishes in California bays and estuaries. *Bull. South. Calif. Acad. Sci.*, 75: 159-170.
- HORN M.E.T., FAITH D.P. & P.A. WALKER, 1996. - The phylogenetic moment - A new diversity measure, with procedures for measurement and optimisation. *Environ. Plan. A*, 28: 2139-2154.
- KAISER M.J., COLLIE J.S., HALL S.J., JENNINGS S. & I.R. POINER, 2002. - Modification of marine habitats by trawling activities: Prognosis and solutions. *Fish Fish.*, 3: 114-136.
- LUBCHENCO J., PALUMBI S.R., GAINES S.D. & S. ANDELMAN, 2003. - Plugging a hole in the ocean: The emerging science of marine reserve. *Ecol. Appl.*, 13 (Suppl.): S3-S7.
- MACKENZIE D.I., NICHOLS J.D., SUTTON N., KAWANISHI K. & L.L. BAILEY, 2005. - Improving inferences in population studies of rare species that are detected imperfectly. *Ecology*, 86: 1101-1113.
- MARANO G., DE ZIO V., PASTORELLI A.M., ROSITANI L., UNGANO N. & R. VACCARELLA, 1999. - Protezione di un'Area Marina: il biotopo "Pianosa" (Isole Tremiti). *Biol. Mar. Medit.*, 6: 126-132.
- MARCONATO A., MAZZOLDI C., DE GIROLAMO M. & S. STEFANNI, 1996. - Analisi del popolamento ittico della zona infralitorale dell'oasi di Torre Guaceto (BR) con l'uso del "visual census". *Biol. Mar. Medit.*, 3: 152-154.
- MATARRESE A., PANZA M., MASTROTOTARO F. & G. COSTANTINO, 2000. - Preliminare rappresentazione cartografica dei fondali dell'Arcipelago delle isole Tremiti (Mar Adriatico). *Biol. Mar. Medit.*, 7: 590-593.
- MAY R.M., 1994. - Conceptual aspects of the quantification of the extent of biological diversity. *Phil. Trans. R. Soc. Lond., Ser. B*, 345: 13-20.
- MINICONI R., FRANCOUR P. & C.H. BIANCONI, 1990. - Inventaire de la faune ichtyologique de la réserve naturelle de Scandola (Corse, Méditerranée nord-occidentale). *Cybium*, 14: 77-89.
- NEIGEL J.E., 2003. - Species-area relationships and marine conservation. *Ecol. Appl.*, 13(Suppl.): S138-S145.
- PINNEGAR J.K., POLUNIN N.V.C., FRANCOUR P., CHEMELLO R., HARMELIN-VIVIEN M., HEREU B., MILAZZO M. & M. ZABALA, 2000. - Trophic cascades in fisheries and protected area management of benthic marine ecosystems. *Environ. Conserv.*, 27: 179-200.
- QUIGNARD J.-P. & J.A. TOMASINI, 2000. - Mediterranean fish biodiversity. *Biol. Mar. Medit.*, 7: 1-66.
- SALM R.V., CLARK J. & E. SIIRILA, 2000. - Marine and Coastal Protected Areas: A Guide for Planners and Managers. 302 p. Washington DC: IUCN.
- VIERUCCI E., 2005. - Aree Marine Protette ed i benefici per la Pesca: Valutazione dell'effetto "spillover" nell'AMP di Torre Guaceto. Tesi di Laurea, Univ. Lecce.
- WARWICK R.M. & K.R. CLARKE, 1995. - New 'biodiversity' measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 129: 301-305.
- WARWICK R.M. & K.R. CLARKE, 2001. - Practical measures of marine biodiversity based on relatedness of species. *Ocean. Mar. Biol.: Ann. Rev.*, 39: 207-231.
- WHITEHEAD P.J.P., BAUCHOT M.-L., HUREAU J.-C., NIELSEN J. & E. TORTONESE (eds.), 1986. - Fishes of the North-Eastern Atlantic and Mediterranean. 1473 p. Paris: Unesco.
- ZAR J.H., 1999. - Biostatistical Analysis. 4th edit. 663 p. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall International Publ.

Reçu le 14 avril 2006.

Accepté pour publication le 1er décembre 2006.

Annexe 1. – Liste des espèces inventoriées dans les différents espaces marins protégés de Méditerranée et d'Adriatique, présentées par ordre alphabétique des familles. La nomenclature systématique utilisée correspond à celle qui est adoptée dans FishBase. [Inventory of the fish species recorded in the different marine protected areas of Mediterranean and Adriatic, presented by alphabetic order of families. The systematic nomenclature follows that in FishBase.]

Taxon	Porto Cesaro	Tremiti	Torre Guaceto	Monaco	Port-Cros	Scandola	Lavezzi	Mèdes
Alopiidae								
<i>Alopias vulpinus</i> (Bonnaterre, 1788)					X			
Ammodytidae								
<i>Ammodytes tobianus</i> Linnaeus, 1758								
<i>Gymnammodytes cicerelus</i> (Rafinesque, 1810)				X	X	X	X	
Anguillidae								
<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)					X	X	X	
Apogonidae								
<i>Apogon imberbis</i> (Linnaeus, 1758)	X	X		X	X	X	X	X
Argentinidae								
<i>Argentina sphyraena</i> Linnaeus, 1758						X		
Atherinidae								
<i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810				X	X	X	X	X
<i>Atherina hepsetus</i> Linnaeus, 1758					X	X	X	X
Balistidae								
<i>Balistes carolinensis</i> Gmelin, 1788					X	X	X	X
Batrachoididae								
<i>Halobatrachus didactylus</i> (Bloch & Schneider, 1801)								
Belonidae								
<i>Belone belone</i> (Linnaeus, 1761)	X		X		X	X	X	
Blenniidae								
<i>Aidablennius sphyinx</i> (Valenciennes, 1836)	X	X	X		X	X	X	X
<i>Blennius ocellaris</i> Linnaeus, 1758				X	X	X		
<i>Coryphoblennius galerita</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X		X	X	X	X
<i>Hypoleurochilus bananensis</i> (Poll, 1859)								
<i>Lipophrys adriaticus</i> (Steindachner & Kolombatovic, 1883)								
<i>Lipophrys canevai</i> (Vinciguerra, 1880)	X	X	X		X	X		X
<i>Lipophrys dalmatinus</i> (Steindachner & Kolombatovic, 1883)	X		X			X	X	
<i>Lipophrys nigriceps</i> (Vinciguerra, 1883)	X			X	X	X	X	X
<i>Lipophrys pholis</i> (Linnaeus, 1758)								
<i>Parablennius gattorugine</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Parablennius incognitus</i> (Bath, 1968)	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Parablennius pilicornis</i> (Cuvier, 1829)	X	X	X		X			X
<i>Parablennius rouxi</i> (Cocco, 1833)	X	X		X	X	X	X	X
<i>Parablennius sanguinolentus</i> (Pallas, 1814)			X	X	X	X	X	X
<i>Parablennius tentacularis</i> (Brünnich, 1768)	X		X	X	X	X		X
<i>Parablennius zvonimiri</i> (Kolombatovic, 1892)		X	X	X	X	X	X	X
<i>Paralipophrys trigloides</i> (Valenciennes, 1836)	X	X	X		X	X		X
<i>Salaria basilisca</i> (Valenciennes, 1836)						X		
<i>Salaria pavo</i> (Risso, 1810)		X	X		X	X	X	X
<i>Scartella cristata</i> (Linnaeus, 1758)								X
Bothidae								
<i>Arnoglossus imperialis</i> (Rafinesque, 1810)						X		
<i>Arnoglossus laterna</i> (Walbaum, 1792)					X			X
<i>Arnoglossus rueppelii</i> (Cocco, 1844)						X		
<i>Arnoglossus thori</i> Kyle, 1913						X		X
<i>Bothus podas</i> (Delaroche, 1809)	X	X	X	X	X	X	X	X
Bramidae								
<i>Brama brama</i> Bonnaterre, 1788						X		
Bythitidae								
<i>Grammonus ater</i> (Risso, 1810)					X		X	X
Callionymidae								
<i>Callionymus fasciatus</i> Valenciennes, 1837								
<i>Callionymus lyra</i> Linnaeus, 1758								
<i>Callionymus maculatus</i> Rafinesque, 1810								
<i>Callionymus pusillus</i> Delaroche, 1809								
<i>Callionymus risso</i> Le Sueur, 1814						X	X	
Caproidae								
<i>Capros aper</i> (Linnaeus, 1758)				X	X			
Carangidae								
<i>Campogramma glaycos</i> (Lacépède, 1801)							X	
<i>Caranx crysos</i> (Mitchill, 1815)								
<i>Caranx hippos</i> (Linnaeus, 1758)								
<i>Lichia amia</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X		X		X	
<i>Naucrates ductor</i> (Linnaeus, 1758)					X	X	X	
<i>Pseudocaranx dentex</i> (Bloch & Schneider, 1801)								
<i>Seriola dumerili</i> (Risso, 1810)	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Seriola fasciata</i> (Bloch, 1793)					X			
<i>Trachinotus ovatus</i> (Linnaeus, 1758)	X		X	X	X			
<i>Trachurus mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)			X	X	X	X	X	
<i>Trachurus picturatus</i> (Bowdich, 1825)								
<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)		X			X	X	X	X
Carapidae								
<i>Carapus acus</i> (Brünnich, 1768)						X	X	X
Carcharhinidae								
<i>Carcharhinus plumbeus</i> (Nardo, 1827)					X	X	X	
<i>Prionace glauca</i> (Linnaeus, 1758)					X		X	

Taxon	Porto Cesaro	Tremiti	Torre Guaceto	Monaco	Port-Cros	Scandola	Lavezzi	Mèdes
Centracanthidae								
<i>Spicara maena</i> (Linnaeus, 1758)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Spicara smaris</i> (Linnaeus, 1758)	x	x	x	x	x	x	x	x
Centrolophidae								
<i>Centrolophus niger</i> (Gmelin, 1789)								
<i>Hyperoglyphe perciformis</i> (Mitchill, 1818)								
<i>Schedophilus medusophagus</i> Cocco, 1839								
<i>Schedophilus ovalis</i> (Cuvier, 1833)					x	x	x	
<i>Centrophorus granulosus</i> (Bloch & Schneider, 1801)					x			
Cetorhinidae								
<i>Cetorhinus maximus</i> Gunnerus, 1765					x	x	x	
Citharidae								
<i>Citharus linguatula</i> (Linnaeus, 1758)								
Clinidae								
<i>Clinitrachus argentatus</i> Risso, 1810			x	x	x		x	x
Clupeidae								
<i>Alosa alosa</i> (Linnaeus, 1758)								
<i>Alosa fallax</i> (Lacépède, 1803)							x	
<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)					x	x	x	x
<i>Sardinella aurita</i> Valenciennes, 1847					x	x	x	
<i>Sprattus sprattus</i> (Linnaeus, 1758)						x	x	
Congridae								
<i>Ariosoma balearicum</i> (Delaroche, 1809)						x	x	
<i>Conger conger</i> Linnaeus, 1758	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Gnathopis mystax</i> (Delaroche, 1809)						x		
Coryphaenidae								
<i>Coryphaena hippurus</i> Linnaeus, 1758						x	x	
Cyprinodontidae								
<i>Aphanius fasciatus</i> (Valenciennes, 1821)						x	x	
Dactylopteridae								
<i>Dactylopterus volitans</i> Linnaeus, 1758						x	x	x
Dasyatidae								
<i>Dasyatis marmorata</i> (Steindachner, 1892)								
<i>Dasyatis centroura</i> (Mitchill, 1815)					x	x		
<i>Dasyatis pastinaca</i> (Linnaeus, 1758)			x		x	x	x	x
Echeneidae								
<i>Echeneis naucrates</i> Linnaeus, 1758						x		
<i>Remora remora</i> (Linnaeus, 1758)							x	
Engraulidae								
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	x			x	x	x	x	x
Exocoetidae								
<i>Cheilopogon heterurus</i> (Rafinesque, 1810)						x	x	
<i>Exocoetus volitans</i> Linnaeus, 1758					x	x		
<i>Hirundichthys rondeletii</i> (Valenciennes, 1847)							x	
Gadidae								
<i>Gaidropsarus mediterraneus</i> (Linnaeus, 1758)					x	x	x	
<i>Gaidropsarus vulgaris</i> (Cloquet, 1824)					x		x	x
<i>Merlangius merlangus</i> (Linnaeus, 1758)								
<i>Micromestistius poutassou</i> (Risso, 1827)					x	x	x	
<i>Phycis blennoides</i> (Brünnich, 1768)					x	x		
<i>Phycis phycis</i> (Linnaeus, 1766)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Trisopterus luscus</i> (Linnaeus, 1758)					x	x	x	
Gobiesocidae								
<i>Apletodon dentatus</i> (Facciola, 1887)					x			
<i>Apletodon incognitus</i> Hofrichter & Patzner, 1997								
<i>Diplecogaster bimaculata</i> (Bonnaterre, 1788)					x	x		x
<i>Gouania willdenowi</i> (Risso, 1810)								
<i>Lepadogaster candolei</i> Risso, 1810			x	x	x	x	x	x
<i>Lepadogaster lepadogaster</i> (Bonnaterre, 1788)			x	x	x	x	x	x
<i>Opeatogenys gracilis</i> (Canestrini, 1864)					x			
Gobiidae								
<i>Aphia minuta</i> (Risso, 1810)								
<i>Buenia affinis</i> Iljin, 1930				x				
<i>Chromogobius quadrivittatus</i> (Steindachner, 1863)							x	
<i>Chromogobius zebratus</i> (Kolombatovic, 1891)							x	
<i>Corcyrogobius liechtensteini</i> (Kolombatovic, 1891)								
<i>Delientosteus colonianus</i> (Risso, 1820)					x			
<i>Delientosteus quadrimaculatus</i> (Valenciennes, 1837)					x		x	
<i>Didogobius schlieveni</i> Miller, 1992								
<i>Didogobius splechnai</i> Ahnelt & Patzner, 1995								
<i>Gammogobius steinitzi</i> Bath, 1971					x	x	x	
<i>Gobius arenae</i> Bath, 1972								
<i>Gobius ater</i> Belloti, 1888								
<i>Gobius auratus</i> Risso, 1810	x	x		x	x	x		
<i>Gobius bucchichi</i> Steindachner, 1870	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Gobius cobitis</i> Pallas, 1814	x	x	x		x	x	x	x
<i>Gobius cruentatus</i> Gmelin, 1789	x		x	x	x	x	x	x
<i>Gobius fallax</i> Sarato, 1889					x	x	x	
<i>Gobius geniporus</i> Valenciennes, 1837	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Gobius kolombatovici</i> Kovacic & Miller, 2000				x	x	x		
<i>Gobius niger</i> Linnaeus, 1758	x		x	x		x	x	x
<i>Gobius paganellus</i> Linnaeus, 1758		x	x		x	x	x	x
<i>Gobius roulei</i> De Buen, 1928								
<i>Gobius vittatus</i> Vinciguerra, 1883	x	x		x	x	x	x	x
<i>Gobius xanthocephalus</i> Heymer & Zander, 1992		x		x	x	x		x

Taxon	Porto Cesaro	Tremiti	Torre Guaceto	Monaco	Port-Cros	Scandola	Lavezzi	Mèdes
<i>Gobiusculus flavescens</i> (Fabricius, 1779)								
<i>Lesueurigobius friesii</i> (Malm, 1874)								
<i>Lesueurigobius sanzoi</i> (De Buen, 1818)								
<i>Lesueurigobius suerii</i> (Risso, 1810)								
<i>Millerigobius macrocephalus</i> (Kolombatovic, 1891)		x		x			x	
<i>Odondebuena balearica</i> (Pellegrin & Fage, 1907)						x		
<i>Pomatoschistus bathi</i> Miller, 1982							x	
<i>Pomatoschistus knerii</i> (Steindachner, 1861)								
<i>Pomatoschistus marmoratus</i> (Risso, 1810)							x	
<i>Pomatoschistus minutus</i> (Pallas, 1770)				x	x		x	
<i>Pomatoschistus pictus</i> (Malm, 1865)								
<i>Pomatoschistus quagga</i> (Heckel, 1837)			x		x	x		
<i>Pseudaphya ferreri</i> (De Buen & Fage, 1908)								
<i>Speleogobius trigloides</i> Zander & Jelinek, 1976								
<i>Thorogobius ephippiatus</i> (Lowe, 1839)				x	x	x	x	x
<i>Thorogobius macrolepis</i> (Kolombatovic, 1891)	x	x	x	x	x	x		
<i>Vanneaugobius dollfusi</i> Brownell, 1978								
<i>Vanneaugobius pruvoti</i> (Fage, 1907)								
<i>Zebrus zebrus</i> (Risso, 1827)			x	x				
<i>Zosterisessor ophiocephalus</i> (Pallas, 1814)					x		x	
Haemulidae								
<i>Pomadasyx incisus</i> (Bowdich, 1825)								
Hexanchidae								
<i>Heptranchias perlo</i> (Bonnaterre, 1788)					x	x		
<i>Hexanchus griseus</i> (Bonnaterre, 1788)					x	x		
Istiophoridae								
<i>Tetrapturus albidus</i> Poey, 1860					x			
<i>Tetrapturus belone</i> Rafinesque, 1810						x		x
Labridae								
<i>Acantholabrus palloni</i> (Risso, 1810)								
<i>Coris julis</i> (Linnaeus, 1758)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Ctenolabrus rupestris</i> (Linnaeus, 1758)					x	x	x	x
<i>Labrus merula</i> Linnaeus, 1758	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Labrus mixtus</i> Linnaeus, 1758	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Labrus viridis</i> Linnaeus, 1758		x	x	x	x	x	x	x
<i>Lappanella fasciata</i> (Cocco, 1833)					x	x	x	x
<i>Symphodus cinereus</i> (Bonnaterre, 1788)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Symphodus doderleini</i> Jordan, 1890	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Symphodus mediterraneus</i> (Linnaeus, 1758)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Symphodus melanocercus</i> (Risso, 1810)		x		x	x	x	x	x
<i>Symphodus melops</i> (Linnaeus, 1758)				x	x	x	x	x
<i>Symphodus ocellatus</i> (Forsskål, 1775)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Symphodus roissali</i> (Risso, 1810)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Symphodus rostratus</i> (Bloch, 1791)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Symphodus tinca</i> (Linnaeus, 1758)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Thalassoma pavo</i> (Linnaeus, 1758)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Xyrichtys novacula</i> (Linnaeus, 1758)	x		x		x	x		
Lamnidae								
<i>Carcharodon carcharias</i> Linnaeus, 1758					x		x	
<i>Isurus oxyrinchus</i> Rafinesque, 1810					x			
<i>Lamna nasus</i> (Bonnaterre, 1788)					x	x		
Lampridae								
<i>Lampris guttatus</i> (Brünnich, 1788)								
Lobotidae								
<i>Lobotes surinamensis</i> (Bloch, 1790)								
Lophiidae								
<i>Lophius piscatorius</i> Linnaeus, 1758				x	x	x	x	x
Macroramphosidae								
<i>Macroramphosus scolopax</i> (Linnaeus, 1758)				x				
Merlucciidae								
<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)			x		x	x	x	
Mobulidae								
<i>Mobula mobular</i> (Bonnaterre, 1788)					x		x	
Molidae								
<i>Mola mola</i> (Linnaeus, 1758)			x	x	x	x	x	x
Moronidae								
<i>Dicentrarchus labrax</i> (Linnaeus, 1758)	x		x	x	x	x	x	x
<i>Dicentrarchus punctatus</i> (Bloch, 1792)						x		
Mugilidae								
<i>Chelon labrosus</i> Risso, 1827				x		x	x	x
<i>Liza aurata</i> (Risso, 1810)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Liza ramado</i> (Risso, 1810)			x			x	x	x
<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758	x		x		x	x	x	x
<i>Oedalechilus labeo</i> Cuvier, 1829		x		x	x	x	x	x
Mullidae								
<i>Mullus barbatus</i> (Linnaeus, 1758)		x	x		x	x	x	
<i>Mullus surmuletus</i> Linnaeus, 1758	x	x	x	x	x	x	x	x
Muraenidae								
<i>Gymnothorax unicolor</i> (Delaroche, 1809)						x	x	
<i>Muraena helena</i> Linnaeus, 1758	x	x	x	x	x	x	x	x
Myliobatidae								
<i>Myliobatis aquila</i> (Linnaeus, 1758)			x		x	x	x	x
<i>Pteromylaeus bovinus</i> (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)					x		x	
Nettastomatidae								
<i>Nettastoma melanurum</i> Rafinesque, 1810						x		

Taxon	Porto Cesaro	Tremiti	Torre Guaceto	Monaco	Port-Cros	Scandola	Lavezzi	Mèdes
Nomeidae								
<i>Psenes pellucidus</i> Lütken, 1880								
Odontaspidae								
<i>Carcharias taurus</i> Rafinesque, 1810					x			
Ophichthidae								
<i>Echelus myrus</i> Linnaeus, 1758							x	
<i>Ophisurus serpens</i> (Linnaeus, 1758)				x	x			x
Ophidiidae								
<i>Ophidion barbatum</i> Linnaeus, 1758			x				x	
<i>Ophidion rochei</i> Müller, 1845					x	x		
<i>Parophidion vassali</i> (Risso, 1810)					x	x	x	
Oxynotidae								
<i>Oxynotus centrina</i> (Linnaeus, 1758)					x	x	x	
Peristediidae								
<i>Peristedion cataphractum</i> (Linnaeus, 1758)					x		x	
Petromyzontidae								
<i>Petromyzon marinus</i> Linnaeus, 1758						x		
Pleuronectidae								
<i>Platichthys flesus</i> (Linnaeus, 1758)								
<i>Pleuronectes platessa</i> Linnaeus, 1758							x	
Pomacentridae								
<i>Chromis chromis</i> Linnaeus, 1758	x	x	x	x	x	x	x	x
Pomatomidae								
<i>Pomatomus saltatrix</i> Linnaeus, 1766			x					x
Pristidae								
<i>Pristis pectinata</i> Latham, 1794						x		
<i>Pristis pristis</i> (Linnaeus, 1758)					x			
Rajidae								
<i>Dipturus batis</i> (Linnaeus, 1758)					x		x	
<i>Dipturus oxyrinchus</i> (Linnaeus, 1758)					x			
<i>Leucoraja melitensis</i> (Clark, 1926)								
<i>Leucoraja naevus</i> (Müller & Henle, 1841)					x			
<i>Raja asterias</i> Delaroche, 1809					x		x	
<i>Raja brachyura</i> Lafont, 1873					x			
<i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758				x	x	x	x	x
<i>Raja miraletus</i> Linnaeus, 1758					x			
<i>Raja montagui</i> Fowler, 1910					x		x	
<i>Raja radula</i> Delaroche, 1809					x		x	
<i>Raja undulata</i> Lacépède, 1802					x			x
<i>Rostroraja alba</i> (Lacépède, 1803)					x	x	x	
Regalecidae								
<i>Regalecus glesne</i> Ascanius, 1772					x			
Rhinobatidae								
<i>Rhinobatos rhinobatos</i> (Linnaeus, 1758)						x		
Scaridae								
<i>Sparisoma cretense</i> (Linnaeus, 1758)	x							
Sciaenidae								
<i>Sciaena umbra</i> Linnaeus, 1758			x	x	x	x	x	x
<i>Umbrina canariensis</i> Valenciennes, 1843						x		
<i>Umbrina cirrosa</i> (Linnaeus, 1758)			x		x		x	
Scomberesocidae								
<i>Scomberesox saurus</i> (Walbaum, 1792)					x	x	x	
Scombridae								
<i>Auxis rochei</i> (Risso, 1810)					x	x	x	
<i>Euthynnus alletteratus</i> (Rafinesque, 1810)						x		
<i>Katsuwonus pelamis</i> (Linnaeus, 1758)							x	
<i>Sarda sarda</i> (Bloch, 1793)		x	x		x	x	x	x
<i>Scomber japonicus</i> Houttuyn, 1782					x		x	
<i>Scomber scombrus</i> Linnaeus, 1758			x		x	x	x	
<i>Thunnus alalunga</i> (Bonnaterre, 1788)					x	x		
<i>Thunnus thynnus</i> (Linnaeus, 1758)					x	x	x	
Scophthalmidae								
<i>Psetta maxima</i> (Linnaeus, 1758)						x	x	x
<i>Scophthalmus rhombus</i> (Linnaeus, 1758)								x
<i>Zeugopterus regius</i> (Bonnaterre, 1788)					x		x	
Scorpaenidae								
<i>Helicolenus dactylopterus</i> (Delaroche 1809)				x	x			x
<i>Scorpaena maderensis</i> Valenciennes, 1833	x	x	x		x	x	x	x
<i>Scorpaena notata</i> Rafinesque, 1810	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Scorpaena porcus</i> Linnaeus, 1758	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Scorpaena scrofa</i> Linnaeus, 1758	x	x	x	x	x	x	x	x
Scyliorhinidae								
<i>Galeus melastomus</i> Rafinesque, 1810				x	x			
<i>Scyliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)				x	x	x	x	x
<i>Scyliorhinus stellaris</i> (Linnaeus, 1758)				x	x	x	x	
Serranidae								
<i>Anthias anthias</i> (Linnaeus, 1758)			x	x	x	x	x	x
<i>Callanthias ruber</i> Rafinesque, 1810					x	x		
<i>Epinephelus aeneus</i> (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)								
<i>Epinephelus caninus</i> (Valenciennes, 1843)						x	x	x
<i>Epinephelus costae</i> (Steindachner, 1878)	x		x		x	x	x	x
<i>Epinephelus marginatus</i> (Lowe, 1834)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Mycteroperca rubra</i> (Bloch, 1793)					x		x	x
<i>Polyprion americanus</i> Bloch & Schneider, 1801					x	x	x	
<i>Serranus atricauda</i> Günther, 1874					x			

Taxon	Porto Cesaro	Tremiti	Torre Guaceto	Monaco	Port-Cros	Scandola	Lavezzi	Mèdes
<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)	x		x	x	x	x	x	x
<i>Serranus scriba</i> (Linnaeus, 1758)	x	x	x	x	x	x	x	x
Soleidae								
<i>Dicologlossa cuneata</i> (Moreau, 1881)							x	
<i>Microchirus ocellatus</i> (Linnaeus, 1758)						x	x	
<i>Monochirus hispidus</i> Rafinesque, 1814			x		x	x		
<i>Pegusa lascaris</i> (Risso, 1810)			x					
<i>Solea solea</i> (Linnaeus, 1758)			x	x		x	x	x
<i>Synapturichthys kleinii</i> (Risso, 1827)		x					x	
Sparidae								
<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Dentex dentex</i> (Linnaeus, 1758)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Dentex gibbosus</i> (Rafinesque, 1810)						x	x	
<i>Diplodus annularis</i> (Linnaeus, 1758)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Diplodus cervinus</i> (Lowe, 1838)				x	x	x	x	x
<i>Diplodus puntazzo</i> (Cetti, 1777)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Diplodus sargus</i> (Linnaeus, 1758)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Diplodus vulgaris</i> (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Lithognathus mormyrus</i> (Linnaeus, 1758)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Oblada melanura</i> (Linnaeus, 1758)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Pagellus acarne</i> (Risso, 1827)			x	x	x	x	x	x
<i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)						x	x	x
<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)		x	x	x	x	x	x	x
<i>Pagrus auriga</i> (Valenciennes, 1843)								
<i>Pagrus caeruleostictus</i> (Valenciennes, 1830)						x		
<i>Pagrus pagrus</i> (Linnaeus, 1758)		x	x	x	x	x	x	x
<i>Sarpa salpa</i> (Linnaeus, 1758)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Sparus aurata</i> Linnaeus, 1758	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Spondyliosoma cantharus</i> (Linnaeus, 1758)	x	x	x	x	x	x	x	x
Sphyaenidae								
<i>Sphyaena sphyraena</i> (Linnaeus, 1758)				x	x	x	x	
<i>Sphyaena viridensis</i> Cuvier, 1829	x			x	x	x	x	x
Sphyrnidae								
<i>Sphyrna lewini</i> (Griffith & Smith, 1834)						x		
<i>Sphyrna zygaena</i> (Linnaeus, 1758)					x			
Squalidae								
<i>Squalus acanthias</i> Linnaeus, 1758					x	x	x	
<i>Squalus blainvillei</i> (Risso, 1827)					x		x	
Squatinae								
<i>Squatina oculata</i> Bonaparte, 1840					x			
<i>Squatina squatina</i> (Linnaeus, 1758)					x	x	x	
Sternoptychidae								
<i>Maurolicus muelleri</i> (Gmelin, 1789)				x				
Syngnathidae								
<i>Hippocampus guttulatus</i> Cuvier, 1829				x	x	x	x	x
<i>Hippocampus hippocampus</i> (Linnaeus, 1758)					x	x	x	x
<i>Nerophis maculatus</i> Rafinesque, 1810					x	x	x	x
<i>Nerophis ophidion</i> (Linnaeus, 1758)					x			
<i>Syngnathus abaster</i> Risso, 1827							x	
<i>Syngnathus acus</i> Linnaeus, 1758			x		x	x	x	x
<i>Syngnathus taenionotus</i> Canestrini, 1871							x	
<i>Syngnathus tenuirostris</i> Rathke, 1837							x	
<i>Syngnathus typhle</i> Linnaeus, 1758				x	x	x	x	x
Synodontidae								
<i>Synodus saurus</i> (Linnaeus, 1758)	x		x	x	x	x	x	x
Torpedinidae								
<i>Torpedo marmorata</i> Risso, 1810			x		x	x	x	x
<i>Torpedo nobiliana</i> Bonaparte, 1835					x	x		
<i>Torpedo torpedo</i> (Linnaeus, 1758)				x	x	x	x	
Trachinidae								
<i>Echiichthys vipera</i> Cuvier, 1829			x	x	x		x	x
<i>Trachinus araneus</i> Cuvier, 1829						x	x	x
<i>Trachinus draco</i> Linnaeus, 1758	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Trachinus radiatus</i> Cuvier, 1829		x				x		
Trachipteridae								
<i>Trachipterus trachipterus</i> (Gmelin, 1789)					x			
<i>Zu cristatus</i> (Bonelli, 1819)								
Triakidae								
<i>Galeorhinus galeus</i> Linnaeus, 1758					x	x	x	
<i>Mustelus asterias</i> Cloquet, 1821					x			x
<i>Mustelus mustelus</i> (Linnaeus, 1758)					x	x	x	
<i>Mustelus punctulatus</i> Risso, 1827					x			
Trichiuridae								
<i>Lepidopus caudatus</i> (Euphrasen, 1788)					x	x		
Triglidae								
<i>Aspitrigla cuculus</i> (Linnaeus, 1758)					x	x	x	
<i>Chelidonichthys lastoviza</i> (Bonnaterre, 1788)			x		x	x		x
<i>Chelidonichthys lucernus</i> (Linnaeus, 1758)			x		x	x	x	x
<i>Chelidonichthys obscurus</i> (Bloch & Schneider, 1801)					x			x
<i>Eutrigla gurnardus</i> (Linnaeus, 1758)					x			x
<i>Lepidotrigla cavillone</i> (Lacépède, 1801)								
<i>Trigla lyra</i> Linnaeus, 1758				x	x	x	x	

Taxon	Porto Cesaro	Tremiti	Torre Guaceto	Monaco	Port-Cros	Scandola	Lavezzi	Mèdes
Tripterygiidae								
<i>Tripterygion delaisi</i> Cadenat & Blache 1971	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Tripterygion melanurus</i> Guichenot, 1845	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Tripterygion tripteronotus</i> (Risso, 1810)	x	x	x	x	x	x	x	x
Uranoscopidae								
<i>Uranoscopus scaber</i> Linnaeus, 1758		x	x	x	x	x	x	x
Xiphiidae								
<i>Xiphias gladius</i> Linnaeus, 1758					x	x	x	
Zeidae								
<i>Zeus faber</i> Linnaeus, 1758			x	x	x	x	x	x