

# Pollution, pêche et modifications d'habitats : quelles conséquences sur les ressources marines littorales ?

Pollution, fishing and habitat changes:  
what impact on coastal marine resources?

Sylvain Couvray\*, Yvan Martin, Caroline Lecalard,  
Elodie Rouanet, Jean-Luc Bonnefont

Institut océanographique Paul Ricard. 83140 Six-Fours-les-plages. France.

\* Corresponding author: sylvain.couvray@institut-paul-ricard.org

## Résumé

Couvray S., Y. Martin, C. Lecalard, E. Rouanet,  
J.L. Bonnefont – Pollution, pêche et modifications d'habitats :  
quelles conséquences sur les ressources marines littorales ?  
*Mar. Life*, 17 : 47-54.

En vue d'évaluer la contribution respective de la pollution chimique et de la pêche dans l'abondance, la structure et la diversité des peuplements de l'ichtyofaune considérée comme une ressource halieutique locale d'importance, nous avons réalisé des inventaires sur des petits fonds en différentes stations plus ou moins impactées par ces facteurs dans la rade de Toulon (Var, Méditerranée française) et dans des zones proches (Les Embiez, zone du Cap Sicié).

Les résultats mettent plutôt en exergue l'importance de la qualité des biotopes sur la diversité des populations et surtout celle de la pêche sur l'abondance et la taille des espèces recensées, minimisant les effets éventuels de la pollution par rapport à ces deux facteurs dans les stations étudiées.

### MOTS CLÉS :

ichtyofaune ; pollution ; pêche ; anthropisation littorale.

## Abstract

Couvray S., Y. Martin, C. Lecalard, E. Rouanet,  
J.L. Bonnefont – [Pollution, fishing and habitat changes: what  
impact on coastal marine resources?] *Mar. Life*, 17 : 47-54.

In order to evaluate the respective contribution of chemical pollution and fishing on the abundance, structure and diversity of the littoral ichthyofauna, we carried out inventories on fish assemblages in various coastal sites impacted to varying degrees by these factors, in the vicinity of Toulon and Embiez Island (Var, French Mediterranean).

The results highlight the importance of the quality of biotopes for the diversity of fish assemblages and evidence the role of fishing activities in determining the abundance and size of listed fish species, minimizing the possible effects of pollution compared to the impact of these two factors in the studied sites.

### KEY WORDS:

ichthyofauna; pollution; fishing; littoral anthropisation.

## Introduction

D'une façon générale, les données sur la pêche montrent une dégradation préoccupante des ressources halieutiques (Académie des sciences, 2003 ; Worm *et al.*, 2006 ; FAO, 2009). Parmi les facteurs incriminés, la pollution des eaux et la surpêche sont souvent évoquées, sans que l'on puisse délimiter leurs contributions respectives éventuelles.

La pollution chimique peut entraîner des effets pathologiques et/ou létaux sur l'ensemble des organismes et ainsi modifier la biomasse et la structure des communautés (Lagadic *et al.*, 1998 ; Philipps, Rainbow, 1993 ; Perez *et al.*, 2000, Guidetti *et al.*, 2002). Les effets sub-létaux des polluants chez les poissons concernent différents niveaux – génome, métabolisme, hormones, système immunitaire... (Perez *et al.*, 2000 ; Arukwe, 2001 ; Van der Oost *et al.*, 2003). Cependant, en réponse à ces polluants, les organismes marins semblent équipés d'une large variété de mécanismes d'adaptation (Sinderman, 2006). Leur présence rend ainsi plus délicate la recherche de liens de causalité entre pollution et diminution de la ressource, d'autant plus que de nombreux facteurs environnementaux et climatiques peuvent influencer la dynamique des stocks avec des conséquences parfois lointaines (Cury, Miserey, 2008). Cependant, la proximité d'un effluent peut altérer les modèles de distribution spatio-temporelles des communautés ichthyologiques littorales (Guidetti *et al.*, 2003).

En ce qui concerne la pêche, durant les quinze dernières années, beaucoup de ressources halieutiques côtières ont été surexploitées (Claudet *et al.*, 2006 ; Coll *et al.*, 2010). En Méditerranée, où la fréquentation touristique est considérable, l'activité de pêche ne se limite pas aux captures de la pêche artisanale. Les prises de la pêche amateur (pêche à la ligne et chasse sous-marine) sont loin d'être négligeables, peut-être du même ordre que celles de la pêche artisanale (Boudouresque *et al.*, 2004).

Les communautés ichthyologiques des petits fonds rocheux sont soumises à divers types de pressions anthropiques de part l'urbanisation grandissante, des rejets en mer, des activités de plaisance et des activités de pêche professionnelle. Ces pressions ne s'exercent pas avec la même intensité sur tout le littoral. Dans ce travail, nous avons étudié les peuplements de l'ichtyofaune des petits fonds rocheux soumis à diverses pressions dans le but d'en évaluer leur contribution et conséquences respectives.

## Matériel et méthodes

### Choix des stations

Les stations étudiées ont été choisies dans des zones soumises à des rejets urbains ou industrialo-portuaires, avec trois stations autour de l'île des Embiez (JET : jetée du port ; puis deux autres stations, cabane (CAB) proche et murène (MUR) hors influence des polluants). Trois autres sont situées dans la rade de Toulon : Lazaret (LAZ), Eiguilette (EIG), et Mître (MIT). Ces dernières sont plus ou moins proches de la Petite Rade et de la Baie du Lazaret, fortement polluées (IX SURVEY, 2007 a, 2007 b ; SIAPE, 2007). Deux stations sont situées dans la grande rade (Batterie Basse (BAT) et Garonne (GAR) moins fermée et moins polluée que la petite rade. Deux autres stations sont situées entre la rade de Toulon et l'île des Embiez : la station Sicié (SIC) fortement impactée par le rejet de la station d'épuration Amphitria où la pêche est interdite et la station Trou de l'Or (TOR) située à l'ouest, moins affectée par la pollution et d'un accès pedestre difficile (Figure 1).

### Les variables ichthyologiques

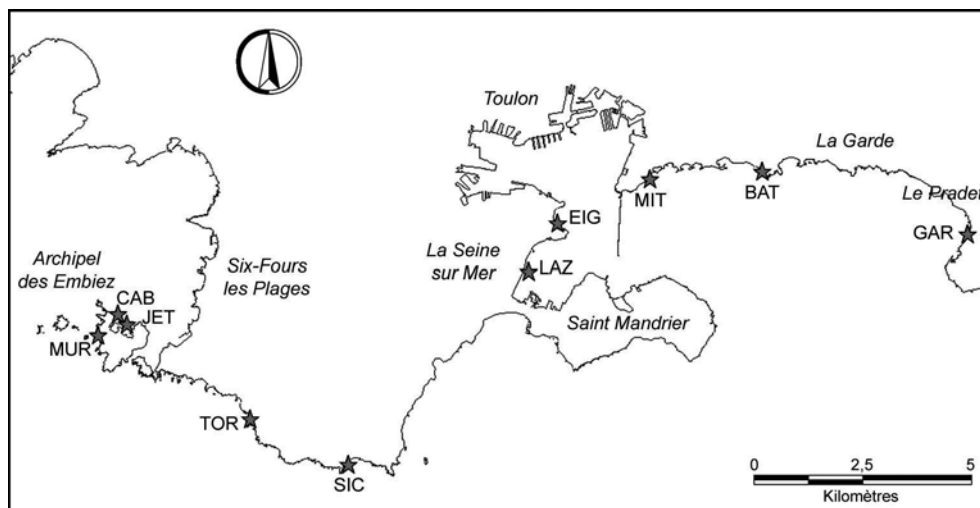
Les inventaires qualitatifs et quantitatifs des communautés ichthyologiques ont été réalisés en plongée par observation visuelle selon la méthode décrite par Harmelin-Vivien et Harmelin (1975). Les individus des espèces choisies pour leur sédentarité (Louisy, 2002) ont été compilés et répertoriés sur des transects de longueur pour une largeur de de part et d'autre de l'axe du transect, parallèles à la côte et sur des fonds de 2 à (Tableau I). L'estimation de l'abondance de chaque espèce est faite selon un critère de groupement (individu isolé, groupe de 2 à 4 individus, 5 à 10, 11 à 50, >50) et celle de la taille par espèce selon quatre groupes (petit, moyen, gros, très gros) définis par rapport à la taille maximale de l'espèce généralement observée dans la région.

La technique de comptage sur transect est la méthode visuelle la plus appropriée pour les petits spécimens et les espèces à nage rapide. Cette technique ne permet pas un comptage exhaustif des espèces cryptiques et de petite taille comme *Gobius* sp., *Parablennius gattorugine*, *Tripterygion* sp. ou *Scorpaena porcus*, ce qui peut créer un biais d'échantillonnage (Harmelin-Vivien, Francour, 1992). Toutefois nous avons choisi d'intégrer les observations de ces espèces à nos données car elles sont caractéristiques de l'ichtyofaune sédentaire des petits fonds rocheux méditerranéens et de l'herbier à *Posidonia oceanica*. Nous avons aussi écarté de la liste les espèces planctonophages de pleine eau comme *Chromis chromis*,

**Figure 1**

Localisation de la zone d'étude et des stations.

*Location of studied area and sites.*



**Tableau I**

Liste des espèces de poissons retenues pour les inventaires.

*List of fish species chosen for the inventories.*

Famille	Espèce	Famille	Espèce
Muraenidae	<i>Murena helena</i> Linnaeus, 1758	Labridae	<i>Symphodus tinca</i> (Linnaeus, 1758)
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i> Linnaeus, 1758	Labridae	<i>Symphodus ocellatus</i> Forsskål, 1775
Sparidae	<i>Diplodus annularis</i> (Linnaeus, 1758)	Labridae	<i>Symphodus mediterraneus</i> (Linnaeus, 1758)
Sparidae	<i>Diplodus cervinus</i> (Lowe, 1838)	Labridae	<i>Symphodus melanocercus</i> (Risso, 1810)
Sparidae	<i>Diplodus sargus</i> (Linnaeus, 1758)	Labridae	<i>Symphodus roissali</i> (Risso, 1810)
Sparidae	<i>Diplodus vulgaris</i> (Geoffroy Saint Hilaire, 1817)	Labridae	<i>Symphodus rostratus</i> (Bloch, 1797)
Sparidae	<i>Diplodus puntazzo</i> (Cetti, 1777)	Labridae	<i>Coris julis</i> (Linnaeus, 1758)
Sparidae	<i>Sarpa salpa</i> (Linnaeus, 1758)	Labridae	<i>Thalassoma pavo</i> (Linnaeus, 1758)
Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)	Gobiidae	<i>Gobius</i> spp.
Serranidae	<i>Serranus scriba</i> (Linnaeus, 1758)	Blenniidae	<i>Parablennius gattorugine</i> (Brünnich, 1768)
Labridae	<i>Labrus merula</i> Linnaeus, 1758	Tripterygiidae	<i>Tripterygion</i> spp.
Labridae	<i>Labrus viridis</i> Linnaeus, 1758	Scorpaenidae	<i>Scorpaena porcus</i> Linnaeus, 1758
Labridae	<i>Labrus mixtus</i> Linnaeus, 1758		

*Spicara* spp. ou *Oblada melanura* car ces espèces ne sont pas sédentaires, se déplacent en banc et leur présence sur un site est très aléatoire d'un jour à l'autre. De plus ces espèces ne sont pas des espèces cibles pour les activités de pêche et n'étant pas sédentaires, elles ne révèlent pas l'effet de la pollution sur les communautés ichtyologiques d'une aire restreinte comme le site du cap Sicié ou la proximité d'un port de plaisance. La plupart des espèces prises en compte dans cette étude sont des espèces cibles pour des activités de pêche. Les taxons cibles de la pêche récréative sont les Labridae et les Sparidae (Claudet *et al.*, 2006). Toutefois, les Serranidae (surtout *Serranus cabrilla*) font aussi partie des taxons les plus capturés (Lloret *et al.*, 2008 b). Cette activité de pêche prend donc pour cible les trois familles dominantes caractéristiques des assemblages de poissons des petits fonds rocheux du Nord-Ouest de la Méditerranée. Les espèces ou groupes d'espèces les plus capturés par la chasse sous-marine sont les Labridae (principalement *Symphodus tinca*), les rascasses (*Scorpaena porcus*) et les Sparidae (essentiellement *Boops Boops* et *Diplodus annularis*) (Chavoin, Boudouresque, 2004). La plupart des espèces capturées par la pêche récréative à la ligne ou par la chasse sous-marine sont des espèces à

moyenne voire haute valeur commerciale (Claudet *et al.*, 2006) et qui sont donc aussi les espèces cibles de la pêche artisanale. Les espèces de poissons des petits fonds rocheux, cibles de la pêche artisanale sont essentiellement les Sparidae, les Labridae (surtout *Labrus merula*, *Labrus bimaculatus* et *Coris julis*), les Scorpaenidae, les Mullidae, mais aussi les Serranidae.

### Analyse des données

On a cherché l'existence de corrélation entre les variables ichtyologiques et les conditions des stations.

Plusieurs variables sont retenues pour les poissons : S : nombre d'espèces recensées ; Sr : richesse spécifique relative (nombre d'espèces présentes / nombre d'espèces retenues) ; N : nombre d'individus pour 100 m<sup>2</sup> ; Fp : fréquence des individus de petite taille, toutes espèces confondues.

Trois variables « explicatives » : P : importance de la pression de pêche en chaque site (1 = absence à 5 = très forte) ; POL : importance de la pollution des eaux et/ou des sédiments (1 = absence à 5 = très forte) ; QB : la qualité du biotope. La qualité des biotopes est appréciée selon la diversité des abris (rochers, blocs,...), la diversité des peuplements végétaux (algues photophiles...) et

Caractérisation des biotopes	Note
Graviers, sable vaseux, matie morte	1
Galets, graviers, matie morte	2
Rochers, blocs, galets, herbiers clairsemés	3
Blocs, dalles, algues photophiles, herbiers	4
Éboulis, tombant rocheux, dalles, fonds rocheux à algues photophiles, herbiers	5

Tableau II

Caractérisation des biotopes (qualité croissante de 1 à 5).  
*Characterization of biotopes (quality increase from 1 to 5).*

Station	Pêche (P)	Pollution (POL)	Qualité du biotope (QB)
MUR	2,5	1	5
CAB	2,5	3	3,5
JET	4	4	2
LAZ	5	4,5	1
EIG	5	4,5	1
MIT	3,5	3	3
BAT	3	2,5	4
GAR	3	2	4,5
TOR	2	2	4
SIC	1	5	3

Tableau III

Notes attribuées à chaque station pour les trois facteurs choisis.  
*Grades assigned to each site for the three selected factors.*

Station	Année	Saison	Abréviation	S	Sr	N	% petits	% gros
Murène	2008	Printemps	MUR1	15	60,0	51,3	16,6	30,0
Cabane	2008	Printemps	CAB1	17	68,0	28,9	11,5	12,5
Jetée	2008	Printemps	JET1	7	28,0	10,6	41,4	2,6
Lazaret	2008	Printemps	LAZ1	1	4,0	0,4	100,0	0,0
Eiguillette	2008	Printemps	EIG1	2	8,0	0,4	0,7	33,3
Mitre	2008	Printemps	MIT1	10	40,0	39,2	37,9	3,2
Batterie basse	2008	Printemps	BAT1	17	68,0	40,0	70,1	5,6
Garonne	2008	Printemps	GAR1	11	44,0	47,1	6,2	7,7
Murène	2008	Automne	MUR2	18	72,0	43,6	18,0	20,2
Cabane	2008	Automne	CAB2	13	52,0	15,7	37,6	7,1
Jetée	2008	Automne	JET2	7	28,0	10,6	61,6	0,0
Lazaret	2008	Automne	LAZ2	3	12,0	6,9	86,0	0,0
Eiguillette	2008	Automne	EIG2	4	16,0	5,9	65,9	0,0
Mitre	2008	Automne	MIT2	10	40,0	28,0	3,0	3,0
Batterie basse	2008	Automne	BAT2	13	52,0	40,8	52,2	3,7
Garonne	2008	Automne	GAR2	14	56,0	82,5	36,5	2,7
Murène	2009	Printemps	MUR3	18	69,0	88,9	35,6	12,8
Sicié	2009	Printemps	SIC	18	69,0	95,0	2,9	5,8
Trou de l'or	2009	Printemps	TOR	11	42,0	90,0	3,7	5,6
Garonne	2009	Printemps	GAR3	18	69,2	71,0	54,8	4,7

Tableau IV

Valeurs des descripteurs toutes espèces de poissons confondues à chaque station (S : nombre d'espèces recensées ; Sr : richesse spécifique relative ; N : nombre d'individus pour 100 m<sup>2</sup>).

*Values of the descriptors for all fish species together at each site (S: listed species; Sr: specific comparative resource; N: number of individuals for 100 m<sup>2</sup>).*

	P	QB	POL	Sr	N	Fp
<b>P</b>						
<b>QB</b>	-0,838***					
<b>POL</b>	0,546	-0,889***				
<b>Sr</b>	-0,843***	0,900***	-0,682***			
<b>N</b>	-0,789***	0,769***	-0,555*	0,717		
<b>Fp</b>	0,800***	-0,634**	0,456*	-0,587	-0,575	

Tableau V

Matrice de corrélation entre les variables (\* = significatif ; \*\* = hautement significatif ; \*\*\* = très hautement significatif) (P = importance de la pression de pêche ; QB = qualité du biotope ; POL = importance de la pollution ; Sr = richesse spécifique relative ; N = nombre d'individus pour 100 m ; Fp = fréquence des individus de petite taille).

*Correlation between variables (\* = significant ; \*\* = highly significant ; \*\*\* = very highly significant) (P = level of impact of fishing pressure ; QB = quality of the biotope ; POL = level of impact of pollution ; Sr = Relative specific richness ; N = number of individuals per 100 m ; Fp = frequency of small sized individuals).*

l'importance des herbiers. Elle est représentée par un indice arbitraire allant de 1 à 5 (**Tableau II**). Les valeurs adoptées pour chaque station sont rapportées dans le **tableau III**.

À partir de ces valeurs et des observations sur l'ichtyofaune, on a évalué la proximité des stations et leurs relations avec les variables choisies par une analyse factorielle des correspondances (AFC selon la distance du Khi-2) pour préciser les liens éventuels entre les variables. Les calculs ont été effectués à l'aide du logiciel STAT-ITCF (Dervin, 1988).

## Résultats

L'échantillonnage a été réalisé au printemps et à l'automne 2008 pour les huit stations initiales, complétées au printemps 2009 par des mesures sur Murène (MUR), Garonne (GAR), Sicié (SIC) et Trou de l'Or (TOR) (**Tableau IV**).

### Corrélations linéaires

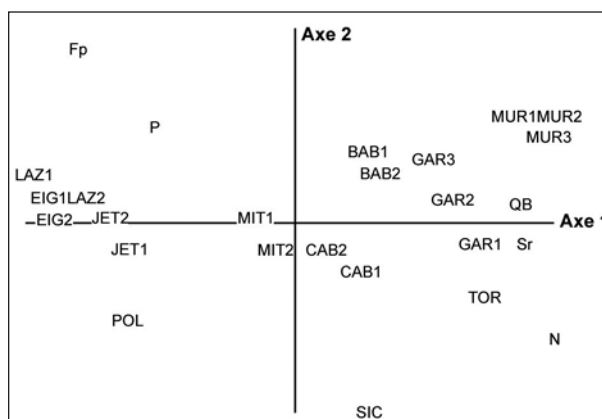
La matrice des corrélations linéaires entre les variables (**Tableau V**) montre des liens très évidents entre la pêche et les trois variables ichtyologiques retenues ( $r \geq 0.79^{***}$ ), liens négatifs pour la diversité et l'abondance. On remarque également une corrélation négative forte entre la diversité relative (Sr) et la pollution ( $r = -0.90^{***}$ ) qui semble liée avec les deux autres variables abondance et taille des poissons. Cette qualité de l'habitat apparaît aussi corrélée négativement avec la pêche ( $r = -0.84^{***}$ ) et la pollution ( $r = -0.89^{***}$ ), ce qui suggère une influence non négligeable de cette variable dans les scores de ces dernières.

### Analyse des correspondances

Les résultats de l'AFC sont présentés sur la **figure 2**.

Les 3 premiers axes contribuent pour 96.7 % à l'inertie totale avec 79.9 % pour l'axe I, 13 et 3.8 % pour les axes II et III. Le plan principal I-II représente ainsi 92.9 % de la variation totale du nuage de points ce qui correspond à une bonne description de celui-ci.

La majorité des variables sont bien représentées sur l'axe I ( $\cos^2$  entre 0.70 et 0.98), légèrement moins bien pour la fréquence des petits individus ( $\cos^2 = 0.489$ ). Les contributions relatives des variables à l'inertie des axes montrent que l'axe I oppose clairement la « qualité du biotope » (44.2 %) et la pollution (20.1 %) et la pêche (13.5 %) dans la partie négative. L'axe II oppose la pêche (28 %) et la pollution (47.7 %).



**Figure 2**

Représentation des variables et des stations dans le plan principal de l'analyse factorielle des correspondances.

*Representation of variables and sites in the main plan of the factorial component analysis.*

L'examen des angles de projection des points stations sur les axes du plan principal montre une bonne représentation de l'ensemble des points sauf CAB2 ( $\cos^2$  de 0.06 sur chaque axe). Les contributions relatives des stations à l'inertie expliquée par les axes montrent que l'axe I oppose les stations EIG, LAZ (coordonnées négatives) polluées et de biotopes dégradés à la station MUR (bonne qualité de l'habitat, peu de pollution). La contribution de la station SIC (polluée, peu pêchée) à l'axe II est de loin la plus élevée (71 %).

Au plan de la proximité des variables, on observe clairement celles de la diversité et de l'abondance des poissons avec la qualité du biotope selon le gradient des stations bien marqué sur l'axe I, sans lien avec la pollution. De même, la fréquence des petits individus apparaît bien proche de l'intensité de la pêche mais éloignée de celle de la pollution.

## Discussion et conclusion

Les résultats de cette étude, limitée dans l'espace et dans le temps, n'ont pas la prétention de trancher un débat dont les éléments sont complexes et généralement interdépendants.

Si l'on s'en tient au cas précis de la zone étudiée et avec les moyens mis en œuvre, ces résultats mettent en exergue certains points sur lesquels il convient de réfléchir.

Le niveau de pollution des stations étudiées – pollutions de natures diverses, plurispécifiques dans le cas de rejets urbains, plus spécialisées dans le cas de pollutions historiques et/ou contemporaines industrielles – ne semble pas jouer un rôle déterminant

dans la structure, la diversité et la dynamique des populations ichtyologiques littorales de la région étudiée. La situation est peut-être différente dans certains grands estuaires du littoral Atlantique drainant les rejets d'un tissu industriel et urbain plus conséquent (Burgeot *et al.*, 1999). Cependant, il faut souligner que les résultats acquis dans ces conditions ne statuent pas clairement sur le partage clair des responsabilités des différents facteurs (Devauchelle, 2002). Il faut également souligner que les efforts effectués pour accroître l'efficacité des traitements des rejets ont conduit à une forte amélioration de l'état des milieux récepteurs (SIAPE, 2007), avec probablement des conséquences bénéfiques sur leurs populations.

Cependant, même si la variable pollution paraît avoir un impact mineur sur les populations de poissons étudiées, il n'en est pas de même en ce qui concerne l'anthropisation des biotopes et, en corollaire, leur dégradation par suite d'une synergie entre pollution et restructuration/aménagement des rivages. Cette dégradation de l'espace littoral a clairement des conséquences sur la diversité et l'abondance des peuplements de poissons, notamment par suite de la disparition des habitats diversifiés nécessaires aux besoins écologiques des espèces concernées. La monotonie des paysages engendrée par une anthropisation envahissante mérite réflexion : est-il plus judicieux de remplacer ces biotopes naturels par des récifs artificiels ou faut-il plutôt tenter de les sauvegarder dans des sites protégés, même peu étendus, pour conserver ainsi des sources de biodiversité susceptibles d'essaïmer alentour ? L'exemple de l'aire protégée du Cap Roux (Var), établie à l'initiative des pêcheurs professionnels, est éloquent (Seytre, Francour, 2008).

Les résultats de cette étude – bien que limitée et ponctuelle – mettent en évidence l'importance de la pêche dans l'abondance et la structure des populations de poissons inféodés aux petits fonds rocheux et aux herbiers de posidonies avec probablement une pression de pêche plaisancière aussi importante que celle exercée par les professionnels pour les espèces concernées (sérans, girelles, sars) (Lloret *et al.*, 2008 b), conduisant à des impacts sans doute significatifs (Boudouresque *et al.*, 2004 ; Harmelin, Ruitton, 2007).

Si l'on y ajoute la chasse sous-marine qui impacte d'autres espèces, notamment de niveaux trophiques élevés (Chavoin, Boudouresque, 2004 ; Lloret *et al.*, 2008 a), ces activités de pêche provoquent une pression soutenue sur l'ichtyofaune quasiment toute l'année, pression dans laquelle la pêche de loisir est probablement une composante très significative. En cette période d'incertitudes quant à la pêche aux petits métiers, il y a là des éléments sur lesquels il conviendrait de réfléchir.

## Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un partenariat entre l'Institut océanographique Paul Ricard et le W.W.F. France.



## Bibliographie

- Académie des sciences** (ed.), 2003 - *Exploitation et surexploitation des ressources marines vivantes*. Rapp. Sci.Tech., **17**, 503 pp.
- Arukwe A.**, 2001 - Cellular and molecular responses to endocrine-modulators and the impact on fish reproduction. *Mar. Pollut. Bull.*, **42** (8) : 643-655.
- Boudouresque C.F., G. Cadiou, B. Guerin, L. Le Diréach, P. Robert**, 2004 - Is there a negative interaction between biodiversity conservation and artisanal fishing in a marine protected area, the Port-Cros National Park (France, Mediterranean Sea) ? *Sci. Repts Port-Cros natl Park*, **20** : 147-160.
- Burgeot T., C. Minier, G. Bocquené, F. Vincent, J. Cachot, V. Loizeau, A. Jaouen, P. Miramand, T. Guyot, P. Lesueur, E. Rochard, P. Boet**, 1999 - *Des organismes sous stress*. Fasc. Seine-Aval, **14**, Ifremer ed., 36 pp.
- Chavoïn O., C.F. Boudouresque**, 2004 - An attempt to quantify spear fishing catches in a French Riviera Mediterranean area. *Sci. Repts Port-Cros nat. Park*, **20** : 161-171.
- Claudet J., D. Pelletier, J.Y. Jouvenel, F. Bachet, R. Galzin**, 2006 - Assessing the effects of marine protected area (MPA) on a reef fish assemblage in a northwestern Mediterranean marine reserve: Identifying community-based indicators. *Biol. Cons.*, **130** (3) : 349-369.
- Coll M., C. Piroddi, J. Steenbeek, K. Kaschner, F. Ben Rais Lasram et al.**, 2010 - The biodiversity of the Mediterranean sea: estimates, patterns, and threats. *PLoS ONE* **5**, **8** : e11842. doi: 10.1371/journal.pone.0011842.
- Cury P., Y. Miserey**, 2008 - *Une mer sans poissons*. Calmann-Lévy Ed., Paris, 283 pp.
- Dervin C.**, 1988 - *Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle des correspondances ?* ITCF Ed., Paris : 75 pp.
- Devauchelle N.**, 2002 - *Bilans de santé des organismes et des écosystèmes marins - Quel signaux biologiques mesurer ?* Ifremer Ed., 43 pp.
- FAO**, 2009 - *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2008*. Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO, FAO Ed., Rome, 194 pp.
- Guidetti P., G. Fanelli, S. Frascchetti, A. Terlizzi, F. Boero**, 2002 - Coastal fish indicate human-induced changes in the Mediterranean littoral. *Mar. Environ. Res.*, **53** : 77-94.
- Guidetti P., A. Terlizzi, S. Frascchetti, F. Boero**, 2003 - Changes in Mediterranean rocky-reef fish assemblages exposed to sewage pollution. *Mar. Ecol.-Prog. Ser.*, **253** : 269-278.
- Harmelin-Vivien M., J.G. Harmelin**, 1975 - Présentation d'une méthode d'évaluation *in situ* de la faune ichtyologique. *Trav. sci. Parc natl Port-Cros*, **1** : 47-52.
- Harmelin-Vivien M., P. Francour**, 1992 - Trawling or visual census? Methodological bias in the assessment of fish populations in seagrass beds. *Mar. Ecol.*, **13** (1) : 41-51.
- Harmelin J.G., S. Ruitton**, 2007 - La population de corb (*Sciaena umbra*: Pisces) du Parc national de Port-Cros (France), état en 2005 et évolution depuis 1990 : un indicateur halieutique et biogéographique pertinent. *Sci. Repts Port-Cros natl Park.*, **22** : 49-65.
- Lagadic L., J.C. Amiard, T. Caquet**, 1998 - Biomarqueurs et évaluation de l'impact écologique des polluants. In : *Utilisation de biomarqueurs pour la surveillance de la qualité de l'environnement*. L. Lagadic, T. Caquet, J.C. Amiard, F. Ramade (eds), Tec & Doc Lavoisier, Paris, pp : 299-307.
- Lloret J., N. Zaragoza, D. Caballero, T. Font, M. Casadevall, V. Riera**, 2008 a - Spearfishing pressure on fish communities in rocky coastal habitats in a Mediterranean marine protected area. *Fish. Res.*, **94** : 84-91.
- Lloret J., N. Zaragoza, D. Caballero, V. Riera**, 2008 b - Biological and socioeconomic implications of recreational boat fishing for the management of fishery resources in the marine reserve of Cap Creus (NW Mediterranean). *Fish. Res.*, **91** : 252-259.
- Louisy P.**, 2002 - *Guide d'identification des poissons marins - Europe et Méditerranée*. Ulmer Ed., Paris, 430 pp.
- Perez T., S. Sartoretto, D. Soltan, S. Capo, M. Fourt, E. Dutrieux, J. Vacelet, J.G. Harmelin, P. Rebouillon**, 2000 - Étude bibliographique sur les bioindicateurs de l'état du milieu marin. *Système d'évaluation de la Qualité des Milieux littoraux - Volet biologique*. Rapport Agence de l'Eau, 642 pp.
- Phillips D.J.H., P.S. Rainbow**, 1993 - *Biomonitoring of Trace Aquatic Contaminants*. Elsevier, London, 388 pp.
- Seytre C., P. Francour**, 2008 - The Cap Roux MPA (Saint-Raphaël, French Mediterranean): changes in fish assemblages within four years of protection. *ICES J. mar. Sci.*, **66** : 180-187.
- SIAPE**, 2007 - *Étude de la qualité du milieu marin au droit du rejet de la station d'épuration Amphor'A, Rapport final*. IXSURVEY, La Ciotat, 193 pp.
- Sinderman C.J.**, 2006 - *Coastal pollution - Effects on living resources and humans*. Taylor and Francis Group, CRC Press, Boca Raton, 280 pp.
- IXSURVEY**, 2007 a - *TPM - Contrat de baie. Étude de la qualité du milieu marin au droit du rejet de la station d'épuration Amphora, Rapport final*. IXSURVEY, La Ciotat, 193 pp.

**IXSURVEY**, 2007 b – *TPM – Contrat de baie. Création d'un réseau de suivi des contaminants chimiques en milieu marin au sein de la rade de Toulon par l'utilisation d'un intégrateur biologique (Mytilus galloprovincialis)*. IXSURVEY, La Ciotat, 210 pp.

**Van der Oost R.**, J. Beyer, N.P.E. Vermeulen, 2003 - Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, **13** : 57-149.

**Worm B., E.B. Barbier, N. Beaumont, J.E. Duffy, C. Folke, B.S. Halpern, J.B.C. Jackson, H.K. Lotze, F. Micheli, S.R. Palumbi, E. Sala, K.A. Selkoe, J.J. Stachowicz, R. Watson**, 2006 - Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, **314** : 787-790.

*Received September 2010*

*Accepted August 2011*

*Published electronically September 2011*

*www.marineliferevue.fr*