

Identification individuelle du mérou brun, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) par les taches céphaliques

*Individual identification of dusky grouper, Epinephelus marginatus (Lowe, 1834)
by cephalic blotches*

Patrick Lelong

Institut océanographique Paul Ricard, Ile des Embiez, Le Brusc,
83140 Six-Fours-Les-Plages, France.
mel : plelong@institut-paul-ricard.org

Mots clés : identification individuelle, mérou, *Epinephelus marginatus*.

Key-words: individual identification, grouper, *Epinephelus marginatus*.

RÉSUMÉ

Lelong P, 1999 - Identification individuelle du mérou brun, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) par les taches céphaliques. Mar. Life, 9 (2) : 29-35.

Les études du comportement animal nécessitent souvent la possibilité de reconnaître, de façon spécifique, chaque individu. La méthode proposée ici pour le mérou brun est non traumatisante, permanente et n'implique pas de capture préalable contrairement aux techniques de marquages habituelles. Cette identification est basée sur la disposition et la forme de deux groupes de taches attenantes à l'oeil, l'une située en avant et en bas, l'autre dirigée vers l'arrière. Ces taches sont caractéristiques pour chaque individu et ne se modifient pas notablement au cours du temps. Les profils droit et gauche présentent une certaine symétrie mais ne sont pas absolument identiques. Deux exemples d'application de la méthode d'identification visuelle in situ sont donnés : (i) suivi du devenir de dix mérous relâchés au large de l'île des Embiez en 1994 : cinq d'entre eux ont pu être régulièrement identifiés et localisés ; trois sont restés à l'endroit où ils avaient été lâchés, deux autres se sont déplacés sur un site distant d'environ un kilomètre ; (ii) évolution d'une petite population de mérous sur un territoire restreint : de 1989 à 1998 le nombre de mérous présents sur le site est passé de un à quatre. A partir de 1995, l'identification par les taches permet de préciser la succession des individus dans les gîtes disponibles. La fidélité sur le site de ces mérous de taille moyenne est d'au moins deux à trois ans. Pour être appliquée à des études exhaustives de populations plus denses ou sur des sites géographiquement étendus, cette méthode devra s'appuyer sur l'utilisation d'images vidéo et d'un traitement informatique des données.

ABSTRACT

Lelong P, 1999 – [Individual identification of dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) by cephalic blotches]. Mar. Life, 9 (2) : 29-35.

Studies on animal behavior often require the possibility of recognizing each individual. The proposed method for dusky grouper is non-traumatic, durable and does not necessitate preliminary capture, in contrast to usual tagging techniques. This identification is based on the pattern and shape of two groups of blotches close to the eye. These blotches are characteristic for each individual and do not change significantly with time. Left and right sides are nearly symmetrical but not exactly identical. Two applications of this method of visual identification are given: (i) The progress of ten grouper released near the island of Les Embiez in 1994. Five of them were regularly sighted: three stayed in the same place where they had been released, two others moved on to another place, one kilometer further away; (ii) The progress of a small population of dusky grouper in a small territory: from 1989 to 1998 the number of grouper increased from one to four. From 1995, the identification by blotches has enabled us to study the succession of individuals in this territory. The site fidelity of these grouper is of least two to three years duration. For application to exhaustive studies of denser populations or on larger sites, this method will require video and computer assistance.

INTRODUCTION

Les études éthologiques nécessitent souvent une identification individuelle des animaux afin d'assurer leur suivi au sein du groupe considéré.

Differentes techniques de marquages permettant cette identification ont été utilisées chez les poissons : injection sous-cutanée d'encre colorée (Thresher, Gronell, 1978), scarification des nageoires (McNicol, Noakes, 1979 ; Welch, Mills 1981), fixation de bagues colorées (Bellamy, 1980), implantation interne de tags magnétiques (Bergman *et al.*, 1992) ou de marques externes (Adkison *et al.*, 1995). Pour le mérou brun, trois sortes de marquages ont été utilisés : les "floy-tags" fixés à distance et *in situ* au moyen d'un fusil sous-marin dans le Parc national de Port-Cros (Chauvet *et al.*, 1991), les attaches "Textag" dans le Parc régional marin de la Côte Bleue (Bachet, Jouvenel, 1999) et les transmetteurs acoustiques dans la Réserve marine d'Ustica (Lembo *et al.*, 1999), ces deux dernières marques étant implantées après capture du poisson. Ces techniques, plus ou moins traumatisantes, ne sont efficaces que temporairement (perte de la marque, fouling, cicatrisation), et la plupart nécessite une capture préalable.

Depuis Caldwell (1955), les marques naturelles sont utilisées pour différencier individuellement les vertébrés terrestres ou marins. De nombreux cétacés sont régulièrement suivis grâce aux cicatrices ou aux échancrures des nageoires (voir Hammond *et al.*, 1990), ou par les callosités situées sur la tête (Whitehead, Payne, 1981). Le patron pigmentaire est également utilisé pour quelques cétacés : *Balaenoptera musculus* (Sears *et al.*, 1990), *B. physalus* (Agler *et al.*, 1990), *B. borealis* (Schilling *et al.*, 1992), *B. acutorostrata* (Gill, Fairbairns, 1994), *Balaena mysticetus* (Rugh *et al.*, 1992), *Megaptera novaeangliae* (Katona, Whitehead, 1981), *Orcinus orca* (Lopez, Lopez, 1985), *Tursiops truncatus* (Karczmarski, Cockcroft, 1998) ou *Phocoena phocoena* (Koopman, Gaskin, 1994) et pour des phoques (Alcorn, 1984 ; Hiby, Lovell, 1990 ; Yochem *et al.*, 1990).

La reconnaissance individuelle de certaines espèces de poisson est également possible : forme de la nageoire dorsale (Darling, Keogh, 1994 ; Anderson, Goldman, 1996), cicatrices (Culioli, Quignard, 1999) ou patron de coloration (Leum, Choat, 1980 ; Michel, Voss, 1982 ; Persat, 1982 ; Michel *et al.*, 1983 ; Pot, Noakes, 1985 ; Garcia de Leaniz *et al.*, 1994 ; Francour, 1997).

Occasionnellement, des signes particuliers permettent une telle reconnaissance individuelle ; c'est le cas d'un *Epinephelus alexandrinus* suivi pendant huit ans grâce à une coloration atypique (Waschkewitz, Wirtz, 1990).

Le mérou brun, *Epinephelus marginatus* possède une coloration générale brune et son corps est parsemé de taches irrégulières claires. Le travail présenté ici a pour but d'étudier la possibilité d'utiliser certaines de ces taches pour l'identification individuelle de cette espèce.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Nous avons utilisé les photographies d'une quarantaine d'individus conservés en aquarium depuis plusieurs années ou suivis régulièrement en plongée autour de l'île des Embiez. A partir de ces photographies, nous avons pu déterminer des groupes de taches dont la localisation et la forme sont caractéristiques de chaque spécimen et étudier leur persistance au cours du temps.

A titre d'exemple, nous avons appliqué cette méthode au suivi de dix mérous relâchés en mer et à l'évolution d'une petite population naturelle de mérous localisée sur un site restreint.

RÉSULTATS

Sélection des taches

Le corps entier du mérou brun est parsemé de taches claires formant une image complexe pour chaque individu. Le choix des taches devait répondre aux critères suivants :

- un nombre restreint, de façon à faciliter les processus de reconnaissance ;
- des différences sensibles d'un individu à l'autre ;
- une localisation facile sur le mérou par rapport à des points de références communs.

Deux groupes de taches attenants aux yeux satisfont à ces exigences (figure 1). Le premier groupe situé sous le quart avant bas de l'œil, est composé de 1 à 3 taches allongées plus ou moins anastomosées et dirigées vers le bas. Le deuxième groupe, généralement en forme de Y couché, part du quart arrière bas de l'œil et se divise en deux branches, une proche de l'horizontale, l'autre se prolongeant vers le bas et vers l'arrière.

Le nombre et la forme de ces taches sont suffisamment différents pour permettre d'identifier chacun des quarante-deux mérous étudiés. Un travail similaire effectué aux îles Medes en Espagne a abouti à la sélection des mêmes groupes de taches caractéristiques (Zabala, communication personnelle). Ces dernières servent de base à un premier tri, la reconnaissance définitive d'un individu devant être validée par les autres taches céphaliques.

L'examen des profils droit et gauche a pu être réalisé pour dix-neuf d'entre eux. Bien qu'il y ait quelques similitudes, les taches ne sont pas rigoureusement symétriques de chaque côté comme on peut le constater sur les deux exemples de la figure 2. Les photographies de chacun des profils de ces deux mérous ont été prises au cours de la même année.

Persistance au cours du temps

L'examen de photographies de mérous conservés pendant plusieurs années en aquarium permet de conclure que ces taches ne se modifient pas de façon significative durant un laps de temps de 4 ou 5 ans (figure 3). Lors de la croissance du poisson, les taches grandissent dans les mêmes proportions, ce qui permet la conservation du dessin original.

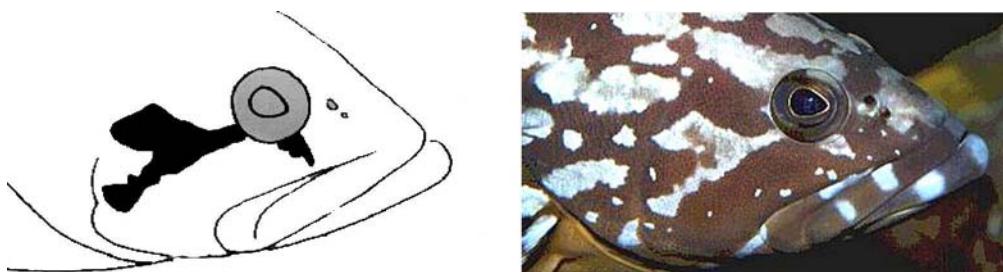


Figure 1 - Localisation des deux groupes de taches céphaliques utilisées pour l'identification du mérou brun. / Locations of the two groups of cephalic blotches used for the identification of dusky grouper.

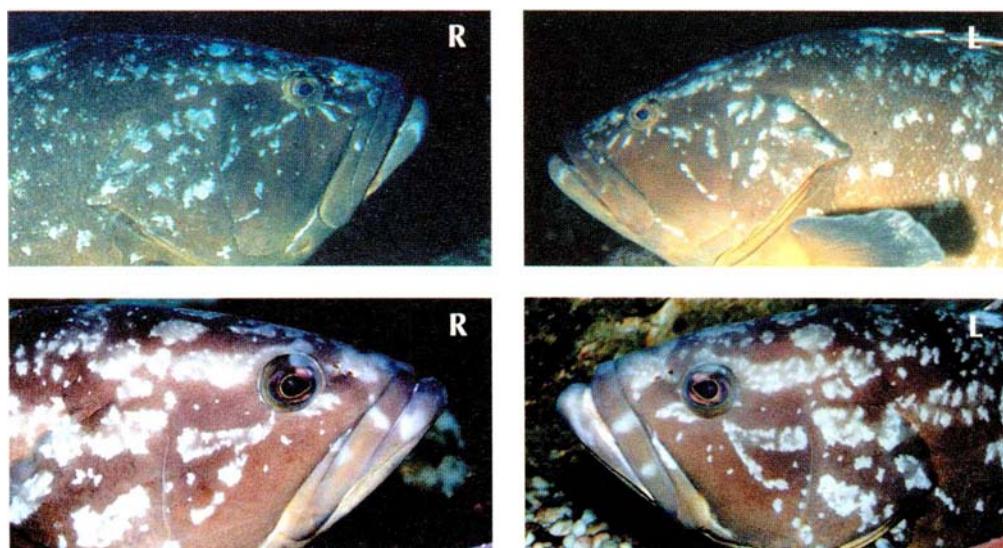


Figure 2 - Profils droit (R) et gauche (L) de deux mérous bruns. / Right (R) and left (L) sides of two dusky grouper.

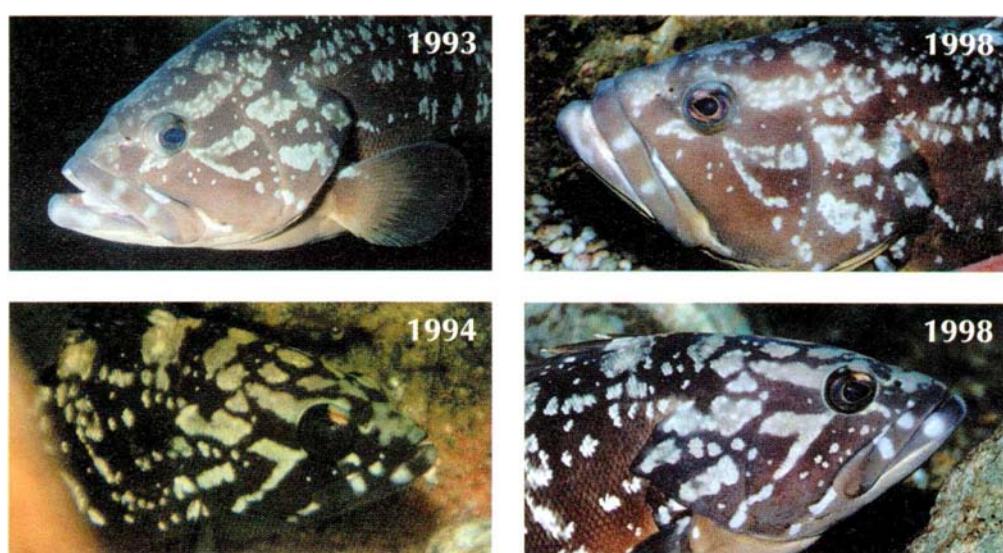


Figure 3 - Évolution des taches au cours du temps pour deux mérous bruns. / Changes in blotch patterns with time for two dusky grouper.

Application de la méthode *in situ*

Devenir de dix petits mérous relâchés en mer

En 1994, après les avoir photographiés, nous avons remis en liberté dix mérous de 80 à 750 g qui nous avaient été confiés par des pêcheurs. Nous avons choisi trois sites différents au large de l'île des Embiez (figure 4). De 1994 à 1998, cinq de ces mérous ont pu être à nouveau identifiés à plusieurs reprises grâce aux taches : trois d'entre eux sont restés sur le site du lâcher, PA7, PA5 et PA6 ; PA8 et PA4 se sont déplacés et ont été retrouvés sur un autre site distant d'environ 1 km. Les cinq autres, les plus petits, n'ont plus été retrouvés à l'endroit du lâcher et n'ont pas pu être localisés ailleurs.

Fidélité des mérous sur un site à population réduite

Nous avons choisi comme second exemple, l'étude d'un site de petite dimension, isolé sur un fond sableux à 33 m de profondeur. De 1989 à 1994, l'endroit n'est occupé que par un seul mériou de 60 cm environ mais, en l'absence de photogra-

phies, il est impossible de savoir s'il s'agit du même individu. A partir de l'été 1995, la méthode d'identification est employée et elle nous permet de suivre la majorité des mérous fréquentant le site. En 1995, deux mérous (PS7 et PS11) sont régulièrement présents. En 1996, un troisième individu, non identifié, s'installe au printemps. A la fin de l'été un autre, PS22, arrive alors que PS11 disparaît. En 1997, PS7 n'est plus présent et il est remplacé par PS21 ; comme l'année précédente, à la fin de l'été, un nouveau mériou, non identifié, arrive. En 1998, une seule visite du site a pu être effectuée en automne. Pour la première fois quatre mérous sont présents en même temps : PS21 plus trois nouveaux dont deux sont photographiés (PS25 et PS26). On peut voir sur le tableau I qu'en plus de la colonisation plus importante entre 1989 (un seul mériou) et 1998 (quatre mérous), cette méthode permet de préciser la succession de certains individus sur le site et leur fidélité : ces jeunes mérous, de taille équivalente (50 à 60 cm) restent sur place deux ou trois années consécutives.

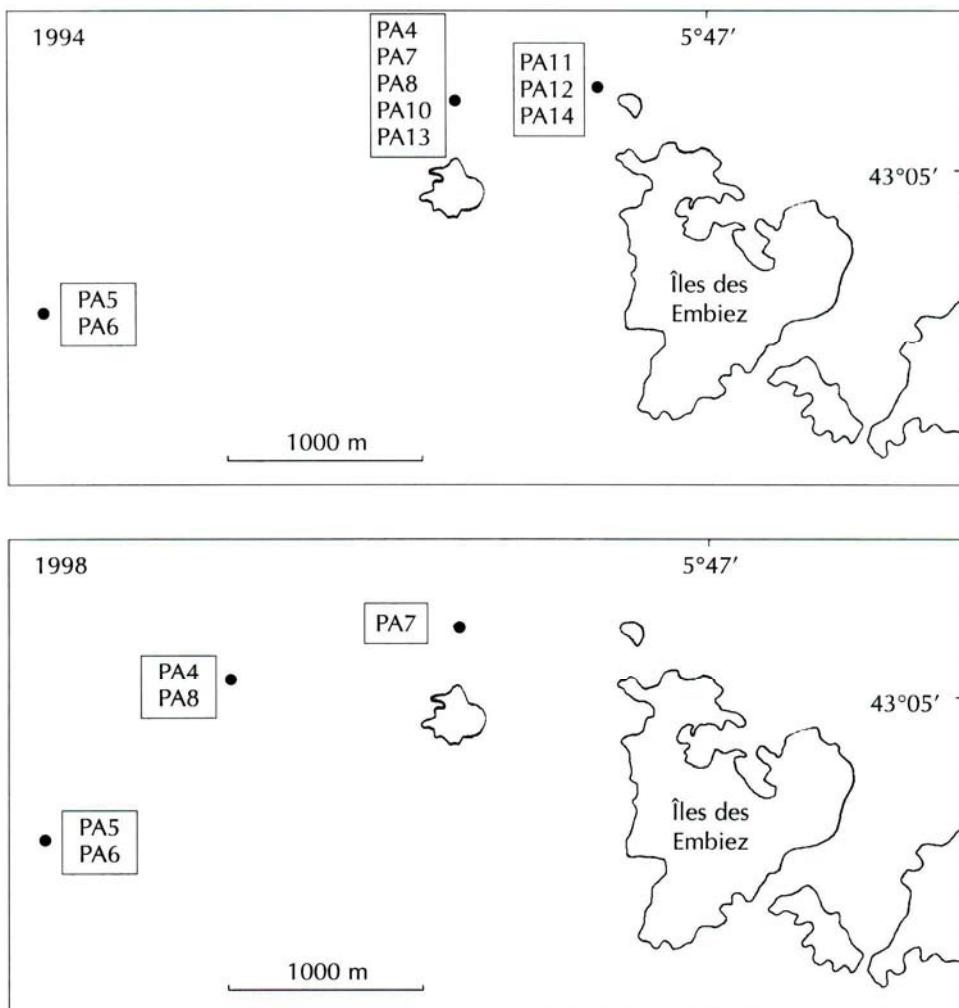


Figure 4 - Lâcher de dix mérous bruns au large de l'île des Embiez (Var, France). Situations au moment du lâcher, en 1994, et en 1998. / Release of ten dusky grouper near the island of Les Embiez (Var, France). Release locations in 1994, and in 1998.

Tableau I - Présence des mérous bruns sur un site à population réduite au large de l'île des Embiez (Var, France). X : individu non identifié. / Presence of dusky groupers in a site with small population near the Island of Les Embiez (Var, France). X: non identified grouper.

1989	X						
1990	X						
1991	X						
1992	X						
1993	X						
1994	X						
1995	PS11	PS7					
1996	PS11	PS7	X				
		PS7	PS22	X			
1997			PS22	PS21			
			PS22	PS21	X		
1998				PS21	PS25	PS26	X

DISCUSSION ET CONCLUSION

Cette méthode d'identification individuelle des mérous bruns au moyen de photographies des taches céphaliques semble fiable et relativement simple à mettre en oeuvre. Elle peut être utilisée pour des études de comportement et de dynamique des populations, relations intraspécifiques, hiérarchie à l'intérieur du groupe, reproduction, migrations, fidélité au site, ...

Il existe cependant quelques inconvénients liés à la technique ou au mérou lui-même : difficulté d'approche des individus craintifs; prise de vue instantanée masquant parfois la zone recherchée (mérou de face, en fuite, mauvaise orientation du flash) ; nécessité d'introduire dans le fichier les deux profils à cause de la dissymétrie droite-gauche des taches comme c'est le cas pour d'autres animaux, *Phocoenoides dalli* (Miller, 1990), *Phocoena phocoena* (Koopman, Gaskin, 1994), *Grampus griseus* (Bompar, 1998), ... L'utilisation de caméras vidéo numériques devrait permettre une sélection d'images plus exploitables. De plus *E. marginatus* présente d'importantes modifications du patron de coloration pouvant faire disparaître momentanément les taches caractéristiques (Louisy, 1996 ; Zabala *et al.*, 1997) rendant impossible l'identification.

Pour un travail à plus grande échelle, sur des populations importantes comme celles de Port-Cros, des îles Medes ou des Lavezzi ou sur des zones géographiques étendues, les données doivent être informatisées et leur tri automatisé. De tels systèmes existent déjà pour des cétacés (Defran *et al.*, 1990 ; Mizroch *et al.*, 1990 ; Whitehead, 1990), des lamarins (Beck, Reid, 1995), des phoques (Hiby, Lovell, 1990) ou des poissons (Persat, 1982).

REMERCIEMENTS

Ce travail a pu être réalisé grâce à la collaboration de Mmes Isabelle Terrier, Christelle Ravier,

Véronique Tissot et de M. Olivier Parry. Mes remerciements vont également à M. Alain Ide pour le soutien logistique du Club de Plongée de l'île des Embiez.

BIBLIOGRAPHIE

- Adkison M.D., T.P. Quinn, O.C. Rutten, 1995 - An inexpensive, nondisruptive method of *in situ* dart tagging for visual recognition of fish underwater. *N. Am. J. Fish. Mgmt.*, **15** (2) : 507-511.
- Agler B.A., J.A. Beard, R.S. Bowman, H.D. Corbett, S.E. Frohock, M.P. Hawvermale, S.K. Katona, S.S. Sadove, I.E. Seipt, 1990 - Fin whale (*Balaenoptera physalus*) photographic identification : methodology and preliminary results from the western North Atlantic. In : *Individual recognition of cetaceans : Use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters*. P.S. Hammond, S.A. Mizroch, G.P. Donovan (eds), Rep. int. Whaling Com., Cambridge, Special Issue, **12**, pp : 349-356.
- Alcorn D.J., 1984 - *Hawaiian monk seal on Laysan Island: 1982*. NOAA Tech. Memo., 46 pp.
- Anderson S.D., K.J. Goldman, 1996 - Photographic evidence of white shark movements in California waters. *Calif. Fish Game*, **82** (4) : 182-186.
- Bachet F., J.Y. Jouvenel, 1999 - Opérations de marquages de mérous capturés sur le littoral du Parc Régional Marin de la Côte Bleue (Méditerranée N.-O., France). (mise au point et application d'une technique opérationnelle). In : *Symposium international sur les Mérous de Méditerranée*. Proc. of a Symposium, 5-7 nov. 1998, at Ile des Embiez, France, Mém. Inst. Océanogr. P. Ricard, pp : 1-7.
- Beck C.A., J.P. Reid, 1995 - An automated photo-identification catalog for studies of the life history of the Florida manatee. In : *Population biology of the Florida manatee*. T.J. O' Shea, B.B. Ackerman, H.F. Percival (eds), Natl Biol. Serv., Inf. Technol. Rep., **1**, pp : 120-134.
- Bellamy G.C., 1980 - The use of bird rings for the individual recognition of fish. *Freshwat. Biol.*, **10** (4) : 371-374.
- Bergman P.K., F. Haw, H.L. Blankenship, R.M. Buckley, 1992 - Perspectives on design, use, and misuse of fish tags. *Fisheries*, **17** (4) : 20-25.

- Bompar J.M., 1998 - L'étude des dauphins de Rissos *Grampus griseus* par la photo-identification. *Stenella*, **13** : 6-9.
- Caldwell D.K., 1955 - Evidence of home range of an Atlantic bottlenose dolphin. *J. Mammal.*, **36** : 304-305.
- Chauvet C., G. Barnabé, J. Bayle Sempere, C.H. Bianconi, J.L. Binche, P. Francour, A. Garcia Rubies, J.G. Harmelin, R. Miniconi, A. Pais, P. Robert, 1991 - Recensement du mérou *Epinephelus guaza* (Linnaeus, 1758) dans les réserves et parcs marins des côtes méditerranéennes françaises. In : *Les espèces marines à protéger en Méditerranée*. C.F. Boudouresque, M. Avon, V. Gravez (eds), GIS Posidonia Publ., Marseille, pp : 277-290.
- Culioli J.-M., J.-P. Quignard, 1999 - Suivi de la démographie et du comportement territorial des mâles de mérous bruns *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) du site du Pellu (Réserve naturelle des Bouches de Bonifacio, Corse, Méditerranée N.O.). *Mar. Life*, **9** (2) : 3-9.
- Darling J.D., K. Keogh, 1994 - Observations of basking sharks, *Cetorhinus maximus*, in Clayoquot Sound, British Columbia. *Can. Fld Naturalist*, **108** (2) : 199-210.
- Defran R.H., G.M. Schultz, D.W. Weller, 1990 - A technique for the photographic identification and cataloging of dorsal fins of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). In : *Individual recognition of cetaceans: Use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters*. P.S. Hammond, S.A. Mizroch, G.P. Donovan (eds), Rep. int. Whaling Com., Cambridge, Special Issue, **12**, pp : 53-55.
- Francour P., 1997 - Fish assemblages of *Posidonia oceanica* beds at Port-Cros (France, NW Mediterranean): Assesment of composition and long-term fluctuations by visual census. *Mar. Ecol.*, **18** (2) : 157-173.
- Garcia de Leaniz C., N. Fraser, V. Mikheev, F. Huntingford, 1994 - Individual recognition of juvenile salmonids using melanophore patterns. *J. Fish Biol.*, **45** (3) : 417-422.
- Gill A., R.S. Fairbairns, 1994 - Photo-identification of the minke whale *Balaenoptera acutorostrata* off the Isle of Mull, Scotland. In : *Whales, seals, fish and man*. A.S. Blix, L. Walloe, O. Ulltang (eds). Proceedings of the international symposium on the biology of marine mammals in the north-east Atlantic. 29 november – 1 december 1994 at Tromso, Norway, Amsterdam Netherland Elsevier science B. V., **4**, pp : 129-132.
- Hammond P.S., S.A. Mizroch, G.P. Donovan (eds), 1990 - *Individual recognition of cetaceans: Use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters*. Rep. int. Whaling Com., Cambridge, Special Issue, **12**, 440 pp.
- Hiby L., P. Lovell, 1990 - Computer aided matching of natural markings : a prototype system for grey seals. In : *Individual recognition of cetaceans: Use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters*. P.S. Hammond, S.A. Mizroch, G.P. Donovan (eds), Rep. int. Whaling Com., Cambridge, Special Issue, **12**, pp : 57-61.
- Karczmarski L., V.G. Cockcroft, 1998 - Matrix photo-identification technique applied in studies of free-ranging bottlenose and humpback dolphins. *Aquat. Mamm.*, **24** (3) : 143-147.
- Katona S.K., H.P. Whitehead, 1981 - Identifying humpback whales using their natural markings. *Polar. Rec.*, **20** : 439-444.
- Koopman H.N., D.E. Gaskin, 1994 - Individual and geographical variation in pigmentation patterns of the harbour porpoise, *Phocoena phocoena* (L.). *Can. J. Zool.*, **72** (1) : 135-143.
- Lembo G., I.A. Fleming, F. Økland, P. Carbonara, M.T. Spedicato, 1999 - Site fidelity of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) studied by acoustic telemetry. *Mar. Life*, **9** (2) : 37-43.
- Leum L.L., J.H. Choat, 1980 - Density and distribution patterns of the temperate marine fish *Cheilodactylus spectabilis* (Cheilodactylidae) in a reef environment. *Mar. Biol.*, **57** (4) : 327-337.
- Lopez J.C., D. Lopez, 1985 - Killer whales (*Orcinus orca*) of Patagonia, and their behavior of intentional stranding while hunting nearshore. *J. Mammal.*, **66** (1) : 181-183.
- Louis P., 1996 - Principaux patrons de coloration du mérou brun de Méditerranée *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces : Serranidae) en période d'activité reproductrice. *Rev. fr. Aquariol.*, **23** (1-2) : 21-32.
- McNicol R.E., D.L. Noakes, 1979 - Caudal fin branding fish for individual recognition in behavior studies. *Behav. Res. Methods Instrum.*, **11** (1) : 95-97.
- Michel C., J. Voss, 1982 - Observation en baie de Calvi du comportement social chez *Syphodus (Crenilabrus) cinereus* (Bonnaterre 1788) (Pisces : Labridae). *Cah. Ethol. appl.*, **2** (1) : 17-35.
- Michel C., T. Helas, N. Dalimier, J. Voss, 1983 - Identification individuelle des poissons en milieu naturel, sans recours au marquage. *Annls Inst. océanogr.*, **59** (1) : 57-64.
- Miller E.J., 1990 - Photo-identification techniques applied to Dall's porpoise (*Phocoenoides dalli*) in Puget Sound, Washington. In : *Individual recognition of cetaceans: Use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters*. P.S. Hammond, S.A. Mizroch, G.P. Donovan (eds), Rep. int. Whaling Com., Cambridge, Special Issue, **12**, pp : 429-437.
- Mizroch S.A., J.A. Beard, M. Lynde, 1990 - Computer assisted photo-identification of humpback whales. In : *Individual recognition of cetaceans: Use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters*. P.S. Hammond, S.A. Mizroch, G.P. Donovan (eds), Rep. int. Whaling Com., Cambridge, Special Issue, **12**, pp : 63-70.
- Persat H., 1982 - Photographic identification of individual grayling, *Thymallus thymallus*, based on the disposition of black dots and scales. *Freshwat. Biol.*, **12** (1) : 97-101.
- Pot W., D.L.G. Noakes, 1985 - Individual identification of bluntnose minnows (*Pimephales notatus*) by means of naturally acquired marks. *Can. J. Zool.*, **63** (2) : 363-365.
- Rugh D.J., H.W. Braham, G.W. Miller, 1992 - Methods for photographic identification of bowhead whales, *Balaena mysticetus*. *Can. J. Zool.*, **70** (3) : 617-624.
- Schilling M.R., J. Seipt, M.T. Weinrich, S.E. Frohock, A.E. Kuhlberg, P.J. Clapham, 1992 - Behavior of individually-identified sei whales *Balaenoptera borealis* during an episodic influx into the southern Gulf of Maine in 1986. *Fish. Bull.*, **90** (4) : 749-755.
- Sears R., J.M. Williamson, F.W. Wenzel, M. Bérubé, D. Gendron, P. Jones, 1990 - Photographic identification of the blue whale (*Balaenoptera musculus*) in the Gulf of St. Lawrence, Canada. In : *Individual recognition of cetaceans: Use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters*. P.S. Hammond, S.A. Mizroch, G.P. Donovan (eds), Rep. int. Whaling Com., Cambridge, Special Issue, **12**, pp : 335-342.
- Thresher R.E., A.M. Gronell, 1978 - Subcutaneous tagging of small reef fishes. *Copeia*, **1978** (2) : 352-353.

- Waschkewitz R., P. Wirtz, 1990 - Annual migration and return to the same site by an individual grouper, *Epinephelus alexandrinus* (Pisces, Serranidae). *J. Fish Biol.*, **36** (5) : 781-782.
- Welch H.E., K.H. Mills, 1981 - Marking fish by scarring soft fin rays. *Can. J. Fish. aquat. Sci.*, **38** (9) : 1168-1170.
- Whitehead H., 1990 - Computer assisted individual identification of sperm whale flukes. In : *Individual recognition of cetaceans : Use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters*. P.S. Hammond, S.A. Mizroch, G.P. Donovan (eds), Rep. int. Whaling Com., Cambridge, Special Issue, **12**, pp : 71-77.
- Whitehead H., R. Payne, 1981 - New techniques for assessing populations of right whales without killing them. In : *Mammals in the seas. Volume 3. General papers and large cetaceans selected papers of the Scientific Consultation on the Conservation and Management of Marine Mammals and their Environment*. FAO Fish. Ser., **5**, pp : 189-209.
- Yochum P.K., B.S. Stewart, M. Mina, A. Zorin, V. Sadovov, A. Yablokov, 1990 - Non-metrical analyses of pelage patterns in demographic studies of harbor seals. In : *Individual recognition of cetaceans : Use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters*. P.S. Hammond, S.A. Mizroch, G.P. Donovan (eds), Rep. int. Whaling Com., Cambridge, Special Issue, **12**, pp : 87-90.
- Zabala, M., P. Louisy, A. Garcia-Rubies, V. Gracia, 1997 - Socio-behavioural context of reproduction in the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Sci. mar.*, **61** (1) : 79-98.

Reçu en décembre 1998 ; accepté en janvier 2000.
Received December 1998; accepted January 2000.

Site fidelity of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) studied by acoustic telemetry

Étude de la fidélité au site du mérou noir
Epinephelus marginatus (Lowe, 1834) par la télémétrie acoustique

Giuseppe Lembo *, Ian A. Fleming **, Finn Økland **, Pierluigi Carbonara *, Maria Ieresa Spedicato *

*COISPA Tecnologia & Ricerca, C.P. 62, 70042 Mola di Bari, Italy - e-mail: coispa@eostel.it

**Norwegian Institute of Nature Research, Tungasletta 2, 7005 Trondheim, Norway

Key-words: homing, site fidelity, *Epinephelus marginatus*, acoustic telemetry, marine reserve.

Mots clés : retour au gîte, fidélité au site, *Epinephelus marginatus*, télémétrie acoustique, réserve marine.

ABSTRACT

Lembo G., I.A. Fleming, F. Økland, P Carbonara, M.T. Spedicato, 1999 - Site fidelity of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) studied by acoustic telemetry. Mar. Life, 9 (2) : 37-43.

Marine reserves have been established in many regions of the Mediterranean to protect threatened and vulnerable species, such as the dusky grouper, yet the value of such reserves is often uncertain because of a lack of knowledge about species' ecology and movements. We thus undertook a study to track the movements of dusky grouper over a one year period around the Island of Ustica (Sicily, Italy), where a marine reserve has been established. Two groups of dusky grouper were caught at various sites around the island and their geographical positions recorded. The first group consisted of 7 individuals (weight: 2-5.4 kg) that were released in November 1997. The second group consisted of 6 individuals (weight: 5.5-17 kg) that were released in October 1998. All fish were implanted with acoustic transmitters before being released within the core area of the marine reserve. The fish were tracked monthly (February 1998-January 1999) and daily during short periods in July-September 1998, recording depth and position. The survival and retention of the transmitters, estimated by manual tracking was 100% in both groups. All fish homed to their site of capture (467-4,426 m) and showed strong site fidelity that persisted through the study period. The monthly displacement of the dusky grouper ranged from 20-500 m, with individuals averaging displacements from 103 m (s.d. 72 m) to 193 m (s.d. 92 m) between consecutive trackings over the study period. These were only slightly larger than those observed on a daily basis (8-197 m). The grouper were found at depths between 10 and 40 m, with the larger fish preferring deeper waters. Our results indicate that marine reserves can function in protecting the dusky grouper because of their site fidelity, but simultaneously indicate that relocating fish from surrounding areas to marine reserves is unlikely to be a successful management strategy.

RÉSUMÉ

Lembo G., I.A. Fleming, F. Økland, P Carbonara, M.T. Spedicato, 1999 – [Étude de la fidélité au site du mérou noir *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) par la télémétrie acoustique]. Mar. Life, 9 (2) : 37-43.

Des réserves marines ont été établies dans nombreuses régions de Méditerranée afin de protéger les espèces menacées et vulnérables, comme le mérou noir. Toutefois, la valeur de ces réserves pour ces espèces est souvent incertaine par manque de connaissance sur leur écologie et leurs mouvements. Ainsi, nous avons entrepris une étude pour suivre les mouvements des mérous noirs durant un an autour de l'île d'Ustica (Sicile, Italie), où une réserve marine a été établie. Deux groupes de mérous noirs ont été capturés dans des sites différents autour de l'île et leurs positions géographiques ont été enregistrées. Le premier groupe se composait de 7 spécimens (poids : 2-5,4 kg) qui ont été relâchés en novembre 1997. Le second groupe se composait de 6 spécimens (poids : 5,5-17 kg) qui ont été relâchés en octobre 1998. Tous les poissons ont été marqués avec des transmetteurs acoustiques par une intervention chirurgicale, avant d'être relâchés dans l'aire centrale de la réserve marine. Les poissons ont été suivis mensuellement (février 1998 - janvier 1999) et journalièrement pendant de brèves périodes en juillet-septembre 1998, en enregistrant leur profondeur et leur position. La suivie et la rétention des transmetteurs, estimées indirectement par le «tracking» manuel, ont été de 100% pour les deux groupes. Tous les poissons sont revenus à leur site de capture (467-4 426 m) et ont montré une forte fidélité au site, qui a persisté pendant toute la période étudiée. Les déplacements mensuels des mérous noirs avaient une amplitude de 20-500 m, avec des déplacements individuels moyens variables de 103 m (écart type : 72 m) à 193 m (écart type : 92 m) entre «tracking» consécutifs pendant la période étudiée. Ces déplacements ont été seulement un peu plus importants que ceux observés sur une base journalière (8-197m). Les mérous noirs ont été trouvés à des profondeurs de 10 à 40m, avec les poissons les plus grands dans les eaux plus profondes. Nos résultats indiquent que les réserves marines peuvent fonctionner pour protéger les mérous noirs grâce à leur fidélité au site, mais ils indiquent également que déplacer les poissons des aires environnantes vers les réserves marines n'est probablement pas une bonne stratégie de gestion.

INTRODUCTION

Several marine reserves have been established along the Mediterranean coast during the last decade in order to protect endangered habitats and species. One of the focal species in the establishment of many of these reserves has been the dusky grouper (*Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834)), which is a species that is particularly vulnerable to overexploitation. This vulnerability is a consequence of the species' biological characteristics, including slow growth, protogynous hermaphroditism and sexual inversion at a late age, occupation of nearshore habitats and site fidelity. As a result, the species is in general decline in many Mediterranean areas and quantitative estimates indicate that the stock is dynamically unbalanced (e.g. Kara, Derbal, 1995). Moreover, it has been included in the list of the marine organisms requiring specific management measures (Annex 3 of the Bern Convention).

The dusky grouper is considered to be a solitary species, and basically sedentary, apparently occupying a small home range (Neill, 1967). On the other hand, Chauvet *et al.* (1991) reported that the dusky grouper should not be considered strictly sedentary and there have been reports of an increase in the density of grouper in shallow rocky areas during the reproductive period (Chauvet, Francour, 1989; Zabala *et al.*, 1997). The cause of this change in density, though, remains unclear and may result from sampling biases, such as those associated with seasonal changes in activity patterns. Indeed, quantitative knowledge on the homing, site fidelity and movement dynamics of the dusky grouper during and outside the spawning season remains scarce. All of which is critical knowledge for developing successful management strategies for the species, including the use of marine reserves and the possibility of re-introductions.

We thus began a study in 1997 to track the movements of dusky grouper over a one year period around the Island of Ustica (Sicily, Italy), where a marine reserve has been established (described in Lembo *et al.*, 1999). The objective was to examine the movements, site fidelity and homing of different age/size groups of fish in relation to the marine reserve.

MATERIAL AND METHODS

After a feasibility study to investigate detection ranges of transmitter signals and codes within the research area (Lembo *et al.*, 1998), two groups of fish had acoustic transmitters surgically implanted into their body cavities, the first group in November 1997 and the second in October 1998 (table I). The fish had been caught by hook and line around the island of Ustica and the geographical coordinates and depth at the capture sites were recorded for each individual. After capture and treatment against swim bladder inflation (Spedicato, Lembo, 1996; Carbonara *et al.*, 1999), the fish were maintained in tanks with re-circulating seawater.

Two batches of acoustic transmitters were used. The first group of fish were implanted with model CAFT 16-2 transmitters, Lotek Marine Inc. (signal strength 156 dB; frequency 65.5 or 76.8 kHz; longevity 380-400 d; diameter of 1.6 cm; length 5-6.5 cm). To increase the range of detection, the second group of fish were implanted with new prototype transmitters, model CAFT 16-3, Lotek Marine Inc. (alternating between normal and enhanced pluses; signal strength 159 dB; frequency 65.5 kHz; longevity 297-408 d; switching off 6 hr daily; diameter 1.6 cm; length 8.5-10 cm). The signals for all transmitters were coded allowing individual identification. The transmitters were surgically implanted into the body cavity following the techniques of Økland *et al.* (1999).

Table I - Transmitter codes, fish characteristics, and capture, surgery and release dates of the dusky grouper belonging to the first and second groups. / Codes des transmetteurs, caractéristiques des poissons, dates de capture, dates de l'intervention chirurgicale et du lâcher des mérous noirs pour le premier et le second groupes.

	Fish code	Total length (cm)	Total weight (kg)	Capture date	Surgery date	Releasing date
Group 1	53	51.5	2.0	19.10.97	22.11.97	25.11.97
	58	51.0	2.1	08.10.97	22.11.97	25.11.97
	68	51.0	2.2	20.10.97	22.11.97	25.11.97
	70	60.0	2.9	20.10.97	23.11.97	25.11.97
	80	62.5	3.8	04.11.97	23.11.97	25.11.97
	77	66.0	4.3	05.11.97	23.11.97	25.11.97
	78	68.0	5.4	11.11.97	23.11.97	25.11.97
Group2	166	66.5	5.5	29.10.98	30.10.98	06.11.98
	134	74.5	6.5	10.10.98	29.10.98	30.10.98
	164	72.0	8.0	29.10.98	30.10.98	06.11.98
	140	81.0	9.0	23.10.98	28.10.98	30.10.98
	144	84.5	11	14.10.98	29.10.98	30.10.98
	15	94.0	17	09.10.98	29.10.98	30.10.98

The fish were kept in the tanks for 1-7 days after surgery before being released within the core zone of the marine reserve at Ustica. They were then manually tracked (detailed in Lembo et al., 1999) a few days thereafter and subsequently, monthly or bimonthly (from February 1998 to January 1999). In addition, during the spawning season (from July to September) they were tracked daily for short periods (2-3 consecutive days). Once located, the depth and position of the fish were recorded using an ecosounder and a Geographical Positioning System (GPS), respectively. The precision of the GPS was 10m.

RESULTS

Scuba observations during release showed that the fish descended immediately to the bottom and most entered caves or settled in crevices. Only the largest dusky grouper was observed swimming along the bottom and away from the release site. Two days after release the seven dusky grouper belonging to the first group (table I) were still found within the release area (i.e. core of the marine reserve), but by the next tracking, a month later, they had dispersed. Thereafter (February), the search area for tracking was extended to the catch sites, where each grouper was detected. More frequent trackings of the second group of dusky grouper (table I) showed that they re-turned to their sites of capture within 3-6 days. Thus, all fish from both release groups, independent of the length of time in captivity (1-7 wks; table I), homed to their sites of capture that ranged between 467-4,426 m from the site of release (figure 1). The fish were found 128 m

Table II - Distance moved (in meters) between successive trackings (two or more) conducted within 2 days (3-28 hours apart). Number of observations and standard deviation in parenthesis. *: Value slightly lower than the precision level of the GPS. / Distance parcourue (en mètres) entre «tracking» consécutifs (deux ou plus) réalisés en 2 jours (intervalle : 3-28 heures). Le nombre d'observations et l'écart type sont entre parenthèses. * : valeur légèrement inférieure à la précision du GPS.

Fish code	Month		
	July	August	September
53	—	148 (n=1)	143 (n=1)
58	86 (n=1)	45 (n=1)	90 (n=1)
68	—	119 (n=3; s.d.=56)	46(n=1)
70	30 (n=1)	63 (n=3; s.d.=46)	48 (n=1)
80	72 (n=1)	*8 (n=1)	92 (n=1)
77	—	197 (n=1)	144 (n=1)
78	—	143 (n=3; s.d.=23)	—

(s.d.=88; n=13) from their sites of capture during the first tracking after they had returned.

Once the grouper returned to their sites of capture, they showed site fidelity. Movements of the fish (group 1) between monthly/bimonthly trackings ranged from 20 to 500 m, with individuals averaging distances of 103 m (s.d.=72) to 193 m (s.d.=92) over the one year period of the study (figure 2). These were only slightly larger than those observed on a daily basis (8-197 m; table II). At this stage, given the small number of fish tagged, no apparent relation between

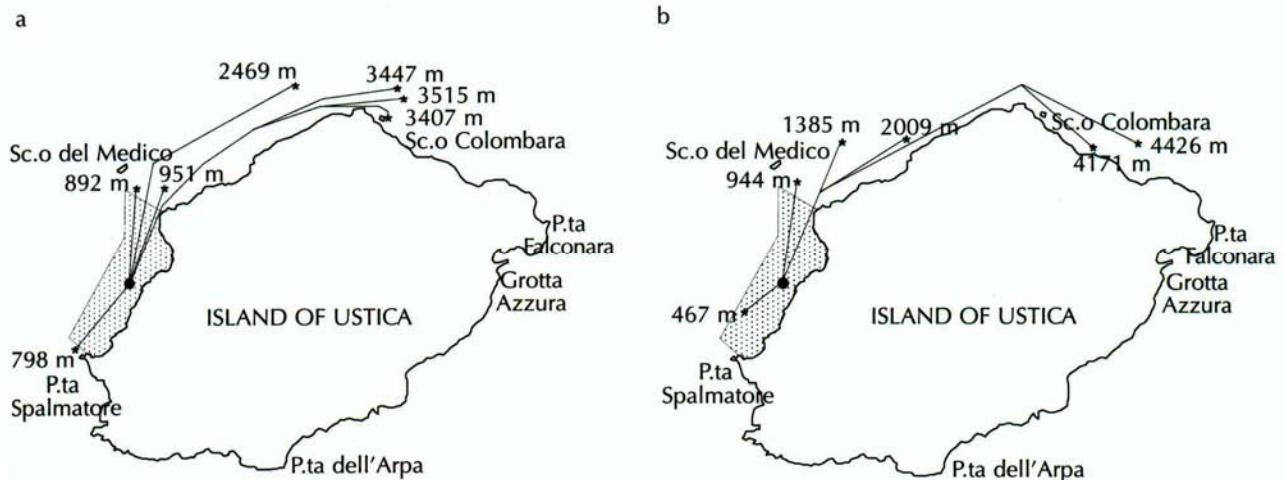


Figure 1 - Homing of dusky grouper following release in the core area of the marine reserve in (a): 25 November 1997 (group 1) and (b): 30 October - 6 November 1998 (group 2). The straight lines represent the shortest distances (given next to site of capture) between the site of release (●) and the sites of capture (*). The stippled area represents the core area of the marine reserve. / Retour au gîte des mérous noirs après le lâcher dans l'aire centrale de la réserve marine (a) : le 25 novembre 1997 (groupe 1) et (b) : le 30 octobre - 6 novembre 1998 (groupe 2). Les lignes droites représentent les distances les plus courtes (indiquées près du site de capture) entre le site du lâcher (●) et les sites de capture (*). La zone ombrée représente la réserve intégrale.

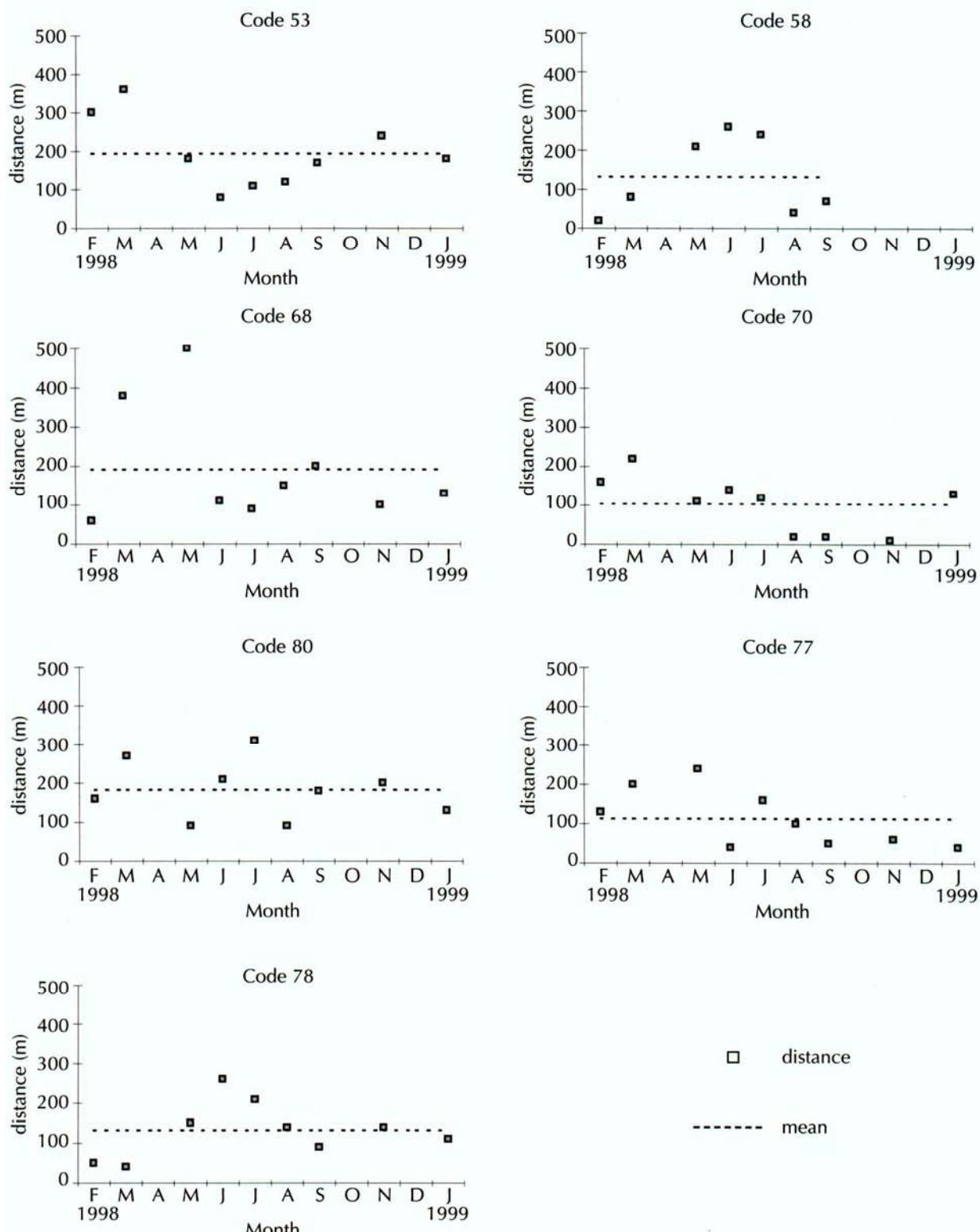


Figure 2 - Monthly/bimonthly distances moved between successive trackings for the dusky grouper released in 1997 (group 1) once they had returned to their sites of capture. For February 1998, distance was calculated as that between the fish's location and its capture site. Broken lines represent the mean distances during the tracking period for the individual fish. No data were available for fish code 58 after November 1998, as it was caught in the fishery. / Distance parcourue mensuellement/bimensuellement entre «tracking» consécutifs pour les mérous noirs relâchés en 1997 (groupe 1), après le retour aux sites de capture. En février 1998, la distance a été calculée entre la localisation du poisson et son site de capture. Les lignes hachurées représentent les distances moyennes durant la période du tracking. Pour le poisson portant le code 58 il n'y a pas de données après novembre 1998, car il a été capturé (pêche).

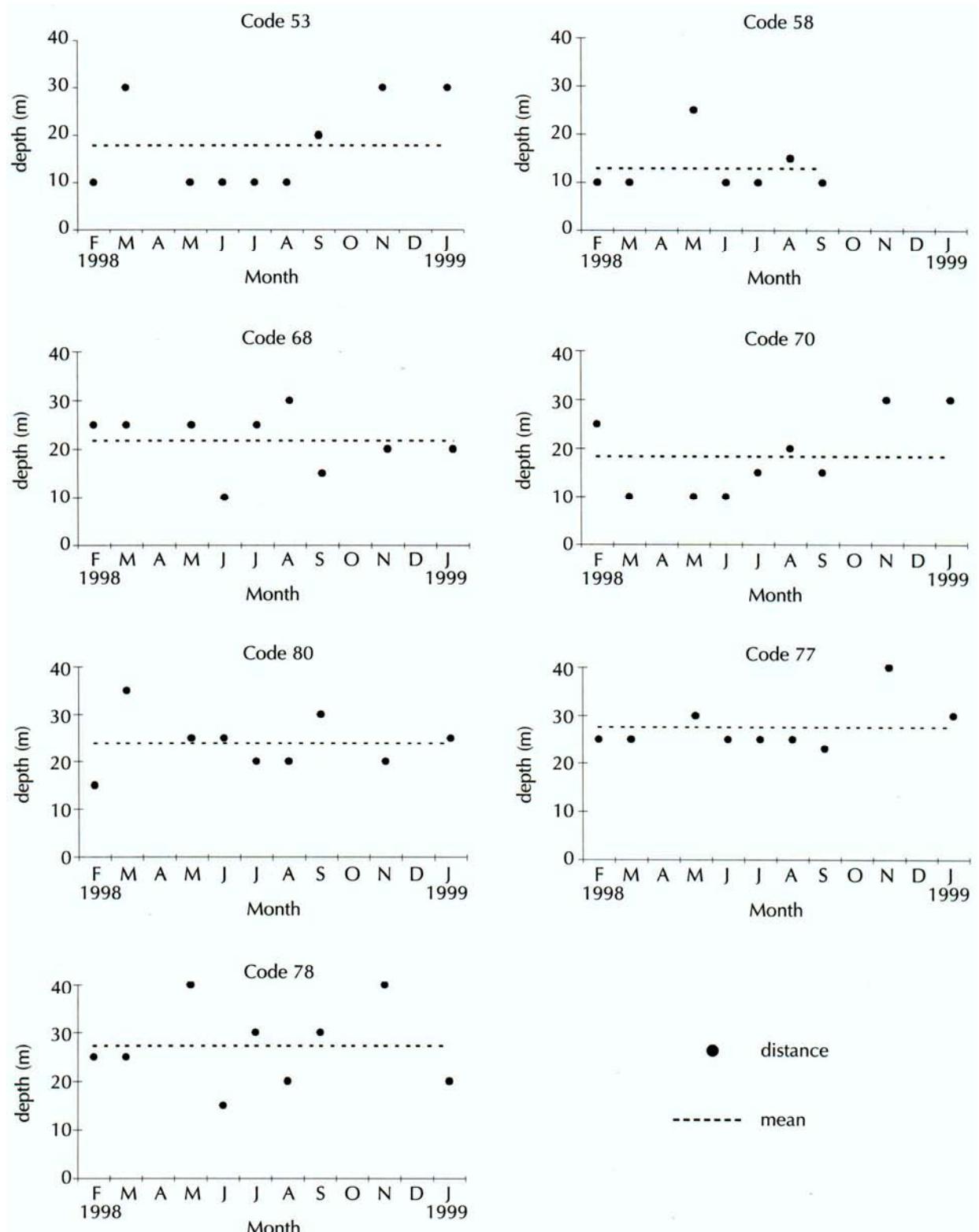


Figure 3 - Monthly/bimonthly bottom depth at each location once the fish released in 1997 (group 1) had returned to their sites of capture. Broken lines represent the mean depths during the tracking period for the individual fish. No data were available for fish code 58 after November 1998, as it was caught in the fishery. / Profondeur mensuelle/bimensuelle à chaque position, après le lâcher des mérous noirs en 1997 (groupe 1) et le retour à leurs sites de capture. Les lignes hachurées représentent les profondeurs moyennes durant la période du «tracking». Pour le poisson portant le code 58, il n'y a pas de données après novembre 1998, car il a été capturé (pêche).

the range of movements and size of fish was observed (linear correlation coefficient: -0.397). Moreover, there was no clear pattern in displacement throughout the year (figure 2). The fish were found at depths between 10-40 m, with the larger fish located in deeper waters (linear correlation coefficient: 0.846; figure 3). Average depths over the year ranged from 27.6 m (s.d=5.2) to 12.9 m (s.d=5.7). There was no clear seasonal pattern to the depth occupied (figure 3).

There was no mortality associated with tagging and retention of the transmitters was 100% throughout the study period for both release groups, as estimated by manual tracking. This suggests that there were no severe long-term effects of tagging.

DISCUSSION

All dusky grouper homed to their site of capture. This occurred despite them having been released into the core area of the marine reserve, an area known to have habitats suitable for the species (Vacchi *et al.*, 1999). Homing was precise and occurred independent of individual body size and period in captivity. Although the age and size at which such homing behaviour becomes established remains unknown for *E. marginatus*, our results clearly indicate that it occurs before the fish are 2 kg in weight and have reached adulthood. Homing is well documented among diadromous fish (McDowall, 1988), but is thought to be rare among other types of fishes (Gibson, 1993). For the dusky grouper, however, homing may be important in enabling the fish to effectively use knowledge about local refuges and foraging areas. It may also be important in a social context, where relationships with conspecifics are established and stabilised over long periods of interaction. What this means for management is that the relocation of dusky grouper over 2 kg to nearby areas for protection or re-establishment is unlikely to be an effective option.

The dusky grouper shows strong site fidelity throughout the year. The distances moved, however, were larger than the few meters implied by Neill (1967). Our results are more in accordance with Chauvet *et al.* (1991), as *E. marginatus* appears to use a rather wide area, that can be shared among individuals and extend over 1 to 3 hectares, when average displacements are considered. The distances moved appeared unrelated to fish size or season. Larger fish tended to be located, on average, in deeper waters than smaller fish. This has also been reported from other geographical areas (Derbal, Kara, 1995). Thus, marine reserves of a given size and incorporating a range of depths can effectively encompass the home range of the species, protecting a proportion of the population from exploitation.

CONCLUSION

We have documented homing and site fidelity in dusky grouper ranging from 2-17 kg for one year at least. The life stage at which such behaviour

becomes established, the mechanisms of orientation and the distance over which it can operate, however, remain poorly understood. Increase of knowledge in these areas will provide critical information necessary to establish appropriate management measures for this species, particularly in terms of designing and regulating marine reserves. It will also provide insights into the possibilities for and limitations of re-stocking and re-introduction as a mean of managing this endangered species. Furthermore, information on the dynamics of movements, habitat requirements and behaviour of the dusky grouper, mainly during spawning, would greatly improve our ability to simulate the appropriate conditions in broodstock management and aquaculture. For example, social-group structure in captive conditions might affect behaviour resulting in a failure to mature appropriately and, in turn, poor egg quality (Spedicato *et al.*, 1995, 1998).

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the fisherman of Ustica and the Director and the staff of the Marine Reserve. Special thanks are due to Dr. Sergio Ragonese for his helpful suggestions and assistance during the project. The work was funded principally by the Italian Ministry of Agricultural Policy (National Law 41/82), with some support from the Municipality of Ustica and the Norwegian Institute for Nature Research. The study was carried out in accordance with local regulations for the treatment and welfare of experimental animals.

BIBLIOGRAPHY

- Carbonara P., D. Bilello, G. Caminita, F. Caminita, G. Caserta, A. Licciardi, G. Lo Schiavo, C. Natale, R. Zagami, 1999 - Study of the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*, Lowe 1834) in the Marine Reserve of Ustica : observations on catch, recovery and releasing of fish tagged with acoustic transmitter. *Biol. mar. Mediterr.*, **6** (1) : 243-246.
- Chauvet C., P. Francour, 1989 - Les mérous *Epinephelus guaza* du Parc National de Port-Cros (France) : Aspects socio-démographiques. *Bull. Soc. zool. Fr.*, **114** (4) : 5-13.
- Chauvet C., G. Barnabé, J. Bayle Sempere, C.H. Bianconi, J.L. Binche, P. Francour, A. Garcia Rubies, J.G. Harmelin, R. Miniconi, A. Pais, P. Robert , 1991 - Recensement du mérou *Epinephelus guaza* (Linnaeus, 1758) dans les réserves et parcs marins des côtes méditerranéennes françaises. In : *Les espèces marines à protéger en Méditerranée*. C.F. Boudouresque, M. Avon, V. Gravez (eds), GIS Posidonia Publ., Marseille, pp : 277-290.
- Derbal F., M.H. Kara, 1995 - Habitat et comportement du mérou *Epinephelus marginatus* dans la région d'Annaba (Algérie). *Cah. Biol. mar.*, **36** (1) : 29-32.
- Gibson R.N., 1993 - Intertidal teleosts : life in a fluctuating environment. In : *Behaviour of Teleost Fishes*. T.J. Pitcher (ed.), Chapman and Hall, London, pp : 513-536.
- Kara M.H., F. Derbal, 1995 - Morphométrie, croissance et mortalité du mérou *Epinephelus marginatus* (Serranidae) des côtes de l'est algérien. *Cah. Biol. mar.*, **36** (3) : 229-237.

- Lembo G., I.A. Fleming, F. Økland, P. Carbonara, S. Ragonese, M.T. Spedicato, 1998 - Setting up of a telemetry technique for the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*, Lowe 1834). *Biol. mar. Mediterr.*, **5** (3) : 1248-1257.
- Lembo G., I.A. Fleming, F. Økland, P. Carbonara, M.T. Spedicato, 1999 - Homing behaviour and site fidelity of *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) around the island of Ustica : preliminary results from a telemetry study. *Biol. mar. Mediterr.*, **6** (1) : 90-99.
- McDowall R.M., 1988 - *Diadromy in fishes*. Croom Helm, London.
- Neill S.R.St.J., 1967 - Observations on the behaviour of the grouper species *Epinephelus guaza* and *E. alexandrinus* (Serranidae). In : *Underwater Association Report 1966-67*. J.N. Lythgoe, J.D. Woods (eds), Publ. The Underwater Association of Malta, T.G.W. Industrial & Research Promotions Ltd., Carshalton, England, pp : 101-106.
- Økland F., E. Thorstad, G. Lembo, S. Ragonese, M.T. Spedicato, 1999 - Surgery procedures for implanting telemetry transmitters into the body cavity of *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). *Biol. mar. Mediterr.*, **6** (1) : 139-143.
- Spedicato M.T., G. Lembo, P. Di Marco, G. Marino, 1995 - Preliminary results in the breeding of dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). *Cah. Options méditerr.*, **16** : 131-148.
- Spedicato M.T., G. Lembo, 1996 - Formazione di uno stock de riproduttori di *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) : risultati preliminari. *Biol. mar. Mediterr.*, **3** (1) : 430-431.
- Spedicato M.T., M. Contegiacomo, P. Carbonara, G. Lembo, C. Boglione, 1998 - Artificial reproduction of *Epinephelus marginatus* aimed at the development of restocking techniques. *Biol. mar. Mediterr.*, **5** (3) : 1248-1257.
- Vacchi M., S. Bussotti, P. Guidetti, G. La Mesa, 1999 - Le cernie della riserva marina di Ustica : osservazioni preliminari sulla struttura delle popolazioni e comportamento sociale. *Biol. mar. Mediterr.*, **6** (1) : 278-280.
- Zabala, M., P. Louisy, A. Garcia-Rubies, V. Gracia, 1997 - Socio-behavioural context of reproduction in the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Sci. mar.*, **61** (1) : 79-98.

Received May 1999; accepted March 2000.

Reçu en mai 1999 ; accepté en mars 2000.

Synthèse des observations sur l'activité reproductrice du mérou brun *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) en Méditerranée nord-occidentale

Review of present knowledge on the reproductive activity of the dusky grouper Epinephelus marginatus (Lowe, 1834) in the North-Western Mediterranean

Patrick Louisy*, Jean-Michel Culoli**

*46, rue des Escais - 34300 Agde, France - mel : patrick.louisy@wanadoo.fr

**Réserve naturelle des îles Cerbicale et Lavezzi, Parc marin international des Bouches de Bonifacio, Office de l'environnement de la Corse, Avenue Général Leclerc - 20000 Ajaccio, France
mel : culoli@oec.fr

Mots clés : mérou brun, Méditerranée, reproduction, comportement, ponte.

Key-words: dusky grouper, Mediterranean, reproduction, behaviour, spawning.

RÉSUMÉ

Louisy P., J.-M. Culoli, 1999 - *Synthèse des observations sur l'activité reproductrice du mérou brun Epinephelus marginatus (Lowe, 1834) en Méditerranée nord-occidentale*. Mar. Life, 9 (1) : 47-57.

Ce travail fait le point sur les observations réalisées à ce jour en Méditerranée nord-occidentale concernant les activités reproductrices du mérou brun de Méditerranée *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). Il s'appuie en particulier sur les connaissances acquises par les membres du Groupe d'étude du mérou (GEM) dans diverses aires marines protégées (îles Medes, Cerbère-Banyuls, Port-Cros, îles Lavezzi). Les sites de reproduction connus se rencontrent principalement dans les aires protégées et possèdent des caractéristiques topographiques communes. Les mérous adultes s'y rassemblent en été pour une période de deux à quatre mois durant laquelle se met en place une organisation sociale spécifique, marquée en particulier par la territorialité des grands mâles, la multiplication des interactions sociales et l'apparition de patrons de coloration qui ne se manifestent pas à d'autres périodes. Aboutissement de cette phase préparatoire, les pontes se déroulent le soir, pendant quelques jours consécutifs. La libération des gamètes fait suite à une rapide montée en pleine eau d'un mâle territorial et d'une femelle. Sont également abordées diverses questions telles que les critères permettant de présumer l'existence d'une activité reproductrice sur un site, les facteurs affectant le succès reproducteur, l'évolution démographique et l'impact des activités humaines. De cette discussion découlent des suggestions concernant les axes de recherche scientifique et la gestion des espaces protégés.

ABSTRACT

Louisy P., J.-M. Culoli, 1999 - [Review of present knowledge on the reproductive activity of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) in the North-Western Mediterranean]. Mar. Life, 9 (1) : 47-57.

This work reviews observations made to date on the reproductive activities of the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) in the North-Western Mediterranean Sea. It relies particularly on results obtained by members of the Group for the study of groupers (GEM: Groupe d'étude du mérou) in various marine protected areas (Medes Islands, Cerbère-Banyuls, Port-Cros National Park, Lavezzi Islands). Reproduction sites known to date are mainly encountered in protected areas, and share specific topographic features. Adult grouper gather there in summer for a 2 to 4 month period, long enough to allow the establishment of a specific social organization: territoriality of large males, increase of social interactions and appearance of colour patterns observed only during this reproductive gathering. Following this preparatory phase, spawning takes place on a few consecutive evenings. Gametes are emitted in open water after a vertical rush involving a territorial male and a single female. The article discusses various questions such as the criteria justifying the assumption that there is reproductive activity in a given place, factors affecting reproductive success, possible evolution of demography and human impact. From this discussion follow suggestions concerning further scientific research and management of marine protected areas.

INTRODUCTION

Nous présentons ici un travail de synthèse réalisé à la demande du Groupe d'étude du mérou (GEM : BP 230 - 83140 Six-Fours-les-Plages, France) et destiné à faire le point sur l'état actuel des connaissances relatives à la reproduction du mérou brun *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (anciennement *E. guaza* : voir Heemstra, 1991 ; Bailly, 1999) dans la région nord-occidentale de la Méditerranée (figure 1). Nous nous intéressons essentiellement aux observations *in situ* concernant l'activité reproductrice dans ses aspects écologiques et comportementaux ; les aspects anatomiques et histologiques de la sexualité de cette espèce ayant été étudiés depuis longtemps (voir, par exemple, Bruslé, 1976 ; Bouain, Siau, 1983 ; Bruslé, 1985 ; Chauvet, 1991).

Cet article prend en compte les travaux déjà publiés à ce sujet (en particulier Louisy, 1996 ; Zabala et al., 1997a, 1997b), mais s'appuie aussi sur des observations inédites des auteurs et sur les informations recueillies auprès de différents partenaires, pour la plupart membres du GEM : Mikel Zabala et son équipe (Université de Barcelone, Réserve marine des îles Medes ; voir aussi Hereu et al., 1999), Jean-Louis Binche et Véronique Mathieu-Tissot (Réserve marine

de Cerbère-Banyuls ; voir aussi Mathieu-Tissot, 1999), Philippe Robert et Michel Tillman (Parc national de Port-Cros), Corinne Pelaprat (Stareso, pointe de la Revellata ; voir aussi Pelaprat, 1999) et Georges Antoni (photographe sous-marin, îles Lavezzi).

Enfin, dans un souci de clarification, voici la signification que nous attribuons à quelques termes utilisés dans cet article

- activité reproductrice : ensemble des activités liées à l'approche ou au déroulement de la reproduction, y compris hors des interactions sexuelles (territorialité des mâles par exemple) ;
- activité sexuelle : interactions spécifiques entre mâle(s) et femelle(s) ;
- activité de ponte : interactions sexuelles aboutissant à l'émission des gamètes.

LOCALISATION DE L'ACTIVITÉ REPRODUCTRICE

Sites

Aires protégées

Réserve marine des îles Medes (Zabala et al., 1997a, 1997b ; Dantart et al., 1997 ; M. Zabala, communication personnelle ; P. Louisy, observation personnelle)

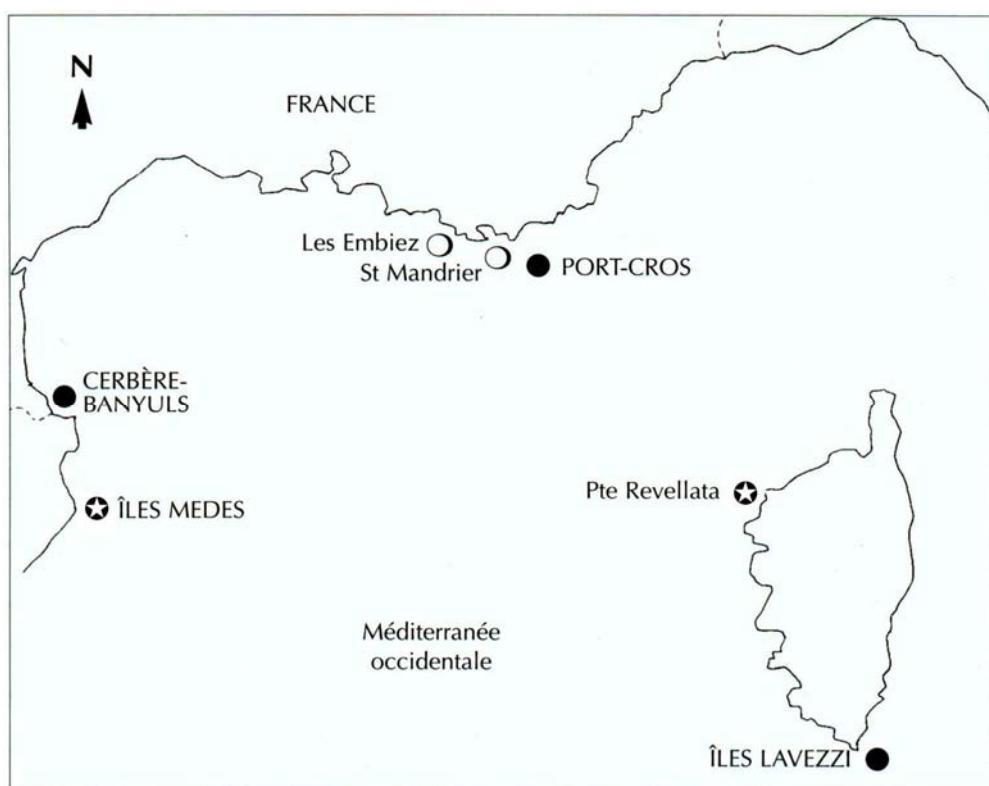


Figure 1 - Principaux sites connus ou suspectés de reproduction du mérou brun en Méditerranée nord-occidentale. ○ : activité reproductrice possible ; ● : activité sexuelle observée ; ⚪ : pontes effectives observées ; majuscules : aires protégées ; minuscules : aires non protégées.
/ Main known or suspected reproductive sites of the dusky grouper in the north-western Mediterranean Sea. ○: possible reproductive activity; ●: sexual activity observed; ⚪: effective spawns observed; capital letters: protected areas; lower case letters: non protected areas.

- Pontes effectives observées en 1996, 1997, 1998.
- Plus de 120 mérous (été 1996) ; au moins 13 mâles territoriaux présentant une activité reproductrice.
- Plusieurs zones de rassemblement, dont l'une regroupe 65 individus.

Réserve marine de Cerbère-Banyuls (Louisy, 1996 ; Mathieu-Tissot, 1999 ; J.-L. Binche, communication personnelle ; P. Louisy, observation personnelle)

- Rassemblements reproducteurs observés depuis 1994. Incertitude concernant les pontes.
- Environ 50 mérous sur le sec de Rédéris (été 1998) ; au moins 5 mâles en activité reproductrice.
- Au moins un autre groupe reproducteur (1 mâle, 7-10 femelles) près du cap Rédéris.

Parc national de Port-Cros (Charbonnel, 1996 ; GEM, 1996 ; P. Robert et M. Tillman, communication personnelle)

- Activités reproductrices identifiées depuis 1995. Incertitude concernant les pontes.
- Environ 160 mérous (octobre 1996) ; 5 mâles montrant une activité reproductrice.
- 3 zones où les individus se rassemblent de façon spécifique : Gabinière (45-60 ind.), pointe de la Croix (15-20 ind.), pointe du Vaisseau (15-20 ind.).

Réserve marine des îles Lavezzi (J.-M. Culjoli, observation personnelle)

- Activités reproductrices identifiées depuis 1996. Pontes non observées mais très probables.
- Nombre de mérous estimé à plus de 200 (sur les zones recensées durant l'été 1998) ; plus de 35 grands mâles.
- 5 zones de rassemblement recensées : le Pellu (maximum 52 ind.), Est Lavezzi (9 ind.), Ouest Lavezzi (40 ind.), Tour Lavezzi 1 (environ 50 ind.), Tour Lavezzi 2 (environ 50 ind.).

Aires non protégées

Pointe de la Revellata (Pelaprat, 1999 et communication personnelle)

- Activité reproductrice identifiée depuis 1997 ; ponte observée en 1998.
- 16-18 mérous (été 1998) ; 1 mâle territorial en activité reproductrice ; présence de juvéniles dans la zone.

Île des Embiez (La plate aux mérous, - 30 m,) (P. Lelong et V. Mathieu-Tissot, communication personnelle)

- Activité reproductrice possible (présence d'une quinzaine d'individus en été), mais non contrôlée (peu ou pas de plongées en fin d'après-midi).

Saint-Mandrier (site des Deux-Frères, - 27 m) (d'après les observations de Fabrice Remond, Centre de plongée de Saint-Mandrier)

- Doublement de la population en mai-juin (10-11 ind.), puis retour à la "normale" (5 ind.) en juillet ou en août. L'éventuelle signification reproductrice de ce rassemblement reste à contrôler.

Caractéristiques des sites

Profondeur

Les mâles établissent un territoire entre 15 et 35 m de profondeur (Medes : 15-30 m ; Cerbère-Banyuls : 13-20 m ; Revellata : 20-25 m (influence humaine) ; Lavezzi : 20-35 m).

Les femelles séjournent en général moins profondément : parties les moins profondes des zones occupées par les mâles et au-dessus, soit 5 à 20 m le plus souvent.

Thermocline

Les territoires des mâles se situent en général sous la thermocline (située entre 15 et 25 m dans la plupart des observations), à des températures de 17 à 20°C.

Les femelles restent le plus souvent au-dessus de la thermocline, et remontent lorsque la couche d'eau froide se rapproche de la surface (tendance moins nette chez les jeunes femelles).

Topographie

Les rassemblements reproducteurs s'observent dans des zones exposées, offrant le plus souvent des repères visuels. Les principales zones de rassemblement sont situées dans les secteurs les plus "saillants" de la côte: pointes, secs (hauts fonds rocheux), promontoires. Elles sont en général bien exposées aux courants : plutôt sur la face orientée vers le large autour des secs (Rédéris à Cerbère-Banyuls) ou des îles (Medes, Gabinière à Port-Cros) ; plutôt sur le bord d'une "marche" proéminente le long d'un tombant (Lavezzi ouest).

Les mâles établissent leur territoire en fonction d'éléments topographiques remarquables (bloc rocheux, promontoire, ...) ; les activités sexuelles sont ensuite concentrées autour de ces repères.

Selon les cas, les mâles établissent leur territoire reproducteur autour de leur gîte permanent tout au long de l'année (Port-Cros, le Pellu aux Lavezzi), ou bien ils "déménagent" vers une zone d'activité reproductrice éloignée de leur gîte habituel (Rédéris à Cerbère-Banyuls, Medes). Il y a en revanche toujours plus de femelles que d'abris susceptibles de leur convenir.

FACTEURS DÉTERMINANT LA PÉRIODE D'ACTIVITÉ REPRODUCTRICE

Température

Les mérous se rassemblent en été, période la plus chaude : Medes : 23-24,5°C ; Revellata : 23-25°C ; Lavezzi : 23-26°C ; Port-Cros : 21-23°C ; Cerbère-Banyuls : 21-24°C (températures au-dessus de la thermocline; sur les deux derniers sites, il est possible que des températures de 21-22°C soient insuffisantes pour permettre des pontes effectives).

Il semble que la stratification thermique puisse jouer un rôle dans l'apparition des pontes : aux îles Medes, "fausses-pontes" et pontes apparaissent lorsque la différence de température entre 10 et 40 m

Tableau I - Observations de pontes et activités sexuelles du mérou brun en divers sites de Méditerranée nord-occidentale. ○ : pleine lune ; ● : lune "noire" (nouvelle lune); cellules grisées : pas de donnée. / *Observation.s of spawns and sexual activities of the dusky grouper in various places of the north-western Mediterranean Sea.* ○ : full moon; ●: new moon; grey cells: no data.

Cycle lunaire	Été 1995				Été 1996				Été 1997				Été 1998				
	Juillet		Août		Juillet		Août		Juillet		Août		Juillet		Août		
	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	
Cerbère-Banyuls	07/08 parades sexuelles				14-18/08 parades sexuelles				16-21/07 parades sexuelles				03/09 parades sexuelles				
Iles Medes	21/08 parades sexuelles				NB : observations discontinues				NB : observations discontinues				NB : observations discontinues				
Port-Cros					16-21/08 PONTES				2-6/08 PONTES				Début 08 PONTES				
Iles Lavezzi									15-20/08 PONTES				18/08 PONTES				
Pointe Revellata									4-9/08 forte activité sexuelle				~15-25/07 forte activité sexuelle				
										~1-8/08 forte activité sexuelle			~20-27/07 forte activité sexuelle				
											26/08 activité sexuelle			2-4/08 PONTES			

atteint 6 à 8°C (Dantart *et al.*, 1997 ; Hereu *et al.*, 1999). Cependant, Pelaprat (1999) a observé une ponte à la pointe de la Revellata en l'absence de toute stratification thermique (température homogène de 24,3°C jusqu'au fond, situé à 25-27 m).

Enfin, une chute de température peut inhiber temporairement, ou interrompre totalement l'activité reproductrice. A Cerbère-Banyuls, en août 1996, une forte tramontane (vent du nord) a entraîné une remontée de la thermocline (eau à 17,8-19°C à partir de 10-13 m), provoquant d'abord une remontée des mérous au-dessus de leurs zones habituelles de rassemblement (phénomène particulièrement sensible chez les femelles), puis leur dispersion au bout de 3 jours (P. Louisy, observation personnelle). Une situation équivalente a été rencontrée durant le mois d'août 1998 (V. Mathieu-Tissot, communication personnelle).

Cycle lunaire

La première observation de pontes de mérou brun aux îles Medes (Zabala *et al.*, 1997a, 1997b), ainsi que les observations d'activité territoriale et sexuelle des grands mâles aux îles Lavezzi (J.-M. Culoli, observation personnelle) laissaient supposer une relation étroite avec le cycle lunaire (en l'occurrence au moment de la nouvelle lune ou "lune noire") (tableau I). Mais les informations obtenues en d'autres lieux ne permettent pas de confirmer ces conclusions. Le suivi réalisé aux îles Medes durant

trois années consécutives (Hereu *et al.*, 1999 ; M. Zabala, communication personnelle) a en fait montré que la date de ponte par rapport au cycle lunaire change chaque année ; de plus, durant les étés 1997 et 1998, deux périodes de ponte s'y sont succédées, à chaque fois à deux semaines d'intervalle exactement.

Il est donc difficile de mettre en évidence une influence du cycle lunaire sur la synchronisation des pontes, même si cette hypothèse est logique au regard des connaissances sur d'autres espèces de mérous (Colin, 1992 ; Shapiro *et al.*, 1993 ; Sadovy *et al.*, 1994 ; Samoilys, Squire, 1994). Il apparaît en fait que la composante saisonnière (dans laquelle le facteur température joue sans doute un rôle majeur) est nettement dominante, du moins dans les parties les plus septentrionales de la Méditerranée, où les saisons sont les plus contrastées. Ainsi, les pontes se dérouleraient simplement à la période où les eaux sont les plus chaudes. Le faible nombre d'observations effectives de pontes (uniquement aux îles Medes et à la pointe de la Revellata en Corse) ne permet cependant pas de dépasser aujourd'hui le stade de l'hypothèse. Les informations publiées sur la maturation des gonades (Bruslé, 1985 ; Chauvet, 1991), portant principalement sur des populations de Méditerranée méridionale, confirment que les pontes ont lieu en été, sans permettre de juger d'une éventuelle incidence lunaire ; aucune observation *in situ* de

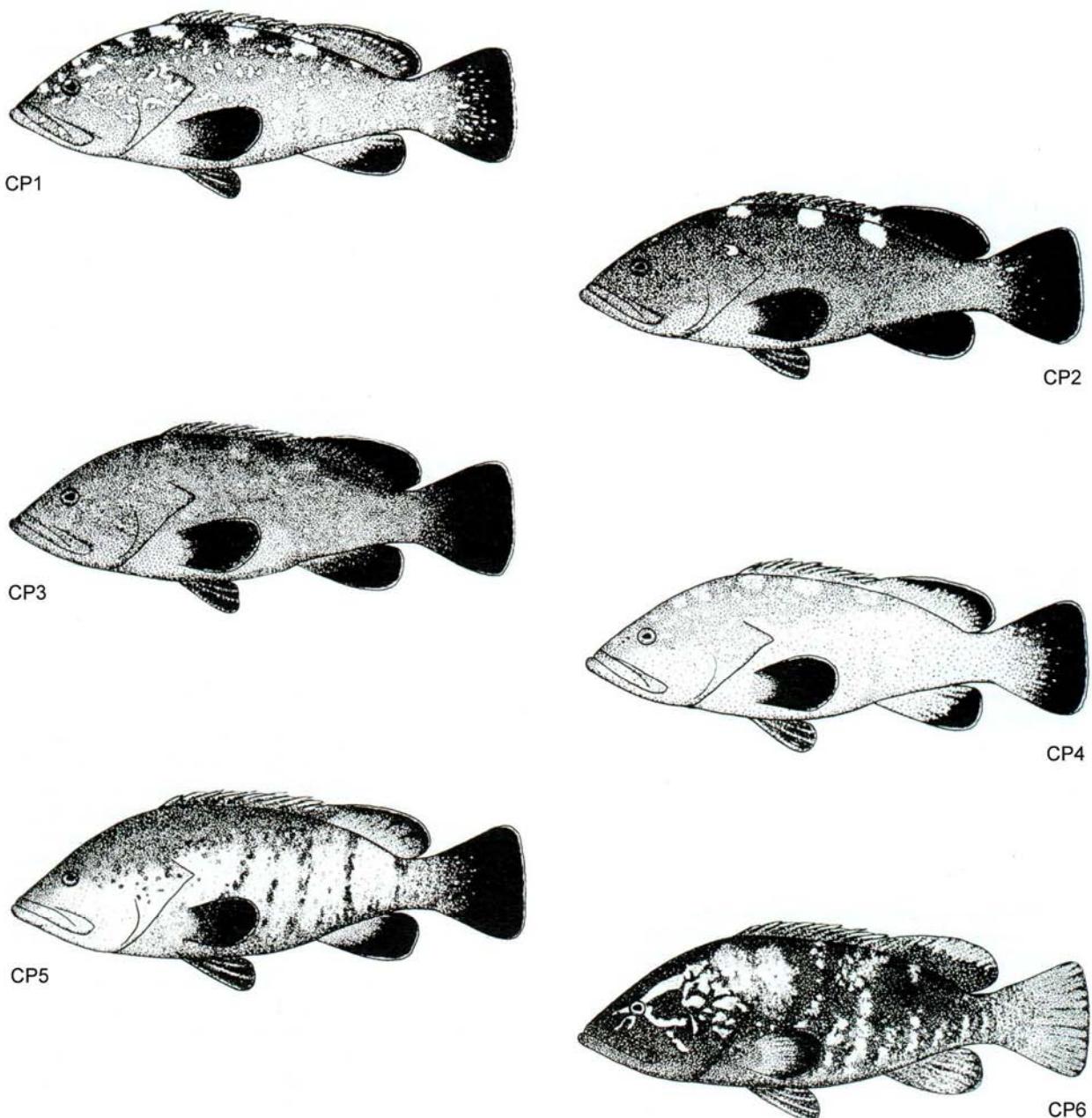


Figure 2 - Principaux patrons de coloration (colour patterns ou livrées) du mérou brun *Epinephelus marginatus* (d'après Louisy, 1996). CP 1 : livrée marbrée standard ; CP 2 : livrée sombre à trois taches ; CP 3 : livrée sombre uniforme ; CP 4 : livrée claire ; CP 5 : livrée claire à stries sombres ; CP 6 : livrée à stries argentées. / Main colour patterns of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (after Louisy, 1996). CP 1: standard mottled colour pattern; CP2: dark with three blotches colour pattern; CP 3: uniformly dark colour pattern; CP 4: light colour pattern; CP 5: dark streaked light colour pattern; CP 6: silver streaked colour pattern.

ponte, ni même d'activité reproductrice, n'a par ailleurs été publiée concernant ces régions où le recrutement de juvéniles est pourtant très important.

MODALITÉS DE LA REPRODUCTION

Livrées ou patrons de coloration

Les patrons de coloration (ou livrées, ou colour patterns en anglais) sont des combinaisons de dessins et de marques colorées spécifiques (figure 2), pouvant avoir un rôle de communication et répondant le plus souvent à une motivation précise. Chez le mérou brun, différents patrons de coloration sont susceptibles de se manifester au cours de la période de reproduction ; les principaux ont été décrits par Louisy (1996) et repris par Zabala *et al.* (1997b). Ces patrons de coloration ne sont en aucun cas permanents et peuvent apparaître ou disparaître très rapidement (une fraction de seconde); ils sont en principe liés à une activité ou à une motivation et disparaissent avec elle.

- La livrée marbrée standard (patron de coloration 1 ou CP 1) est le patron de coloration de base normalement présenté par l'espèce. Elle est fortement contrastée chez le mérou posé au fond.
- La livrée sombre à trois taches (CP 2) est liée à une motivation agressive. Elle apparaît chez un individu qui en attaque un autre, mais permet aussi de déceler un certain niveau de "colère" chez un mérou qui ne manifeste pas pour autant un mouvement d'agression.
- La livrée sombre uniforme (CP 3) est probablement liée dans une certaine mesure à l'agressivité, mais sa signification exacte n'a pas encore été établie.

Si ces trois patrons de coloration peuvent être observés toute l'année (quoique les CP 2 et 3 soient plus fréquents lors des rassemblements estivaux, qui induisent de nombreuses interactions sociales), les patrons de coloration suivants n'ont été observés qu'en été, lors de rassemblements reproducteurs.

- La livrée claire (CP 4) ne se rencontre que chez des adultes de tailles petite ou moyenne (40 à 60-75 cm, c'est-à-dire essentiellement des femelles), principalement lors de déplacements en pleine eau (1 à 10 m du fond).
- La livrée claire à stries sombres (CP 5) s'observe surtout chez des individus de taille moyenne (50-75 cm), en majorité des femelles, bien que des petits mâles puissent sans doute la présenter. Ce patron de coloration apparaît en particulier chez des individus stationnant en pleine eau, le plus souvent réunis en petit groupe ; il peut aussi se manifester fugacement chez le perdant d'une interaction agressive.
- La livrée à stries argentées (CP 6) caractérise les grands mâles dominants, territoriaux, en activité reproductrice, qui l'arborent parfois pendant plusieurs heures sans discontinuer. Ce patron de coloration est d'autant plus marqué -et facile à identifier- que la motivation, agressive ou sexuelle, est forte; il est donc particulièrement brillant lors des parades.

La chronologie d'apparition des différents patrons de coloration liés à l'activité reproductrice au cours de l'été a été étudiée aux îles Medes (Zabala *et al.*, 1997b ; P. Louisy, observation personnelle). La livrée claire (CP 4) et la livrée à stries argentées (CP 6) apparaissent d'abord (premières manifestations à partir de mi-juin) ; la livrée claire à stries sombres (CP 5) se voit principalement dans le mois qui précède les pontes. Après les pontes, ces trois patrons de coloration disparaissent très vite. Les mâles ne reviennent pas directement à la livrée marbrée standard, et prennent souvent une coloration grisâtre assez terne ; ils gardent dans une certaine mesure la capacité d'arburer le CP 6 qui apparaît encore sporadiquement chez certains, au gré de leurs motivations agressives ou territoriales, jusqu'en septembre ou octobre.

Organisation sociale

Rassemblement reproducteur

En Méditerranée nord-occidentale, la reproduction des mérous bruns est liée à leur concentration estivale dans certains sites. Il s'agit d'un rassemblement progressif, établissant des structures sociales sur le long terme (2 à 4 mois); dans les zones considérées, la densité augmente de 5 à 12 fois par rapport à la population hivernale. Ce n'est donc pas une "agrégation de reproduction" telle que décrite chez divers mérous tropicaux (Colin *et al.*, 1987; Shapiro *et al.*, 1993, ou Sadovy *et al.*, 1994, par exemple), qui se rassemblent en très grand nombre pendant quelques jours seulement (voir la discussion à ce sujet dans Zabala *et al.*, 1997b)

Structure démographique de la population

Quelques mâles, beaucoup de femelles

Le mérou brun est une espèce hermaphrodite protogynie. Les données sur le comportement reproducteur (Zabala *et al.*, 1997b) concordent avec les études histologiques (Bruslé, Bruslé, 1976 ; Bouain, Siau, 1983 ; Chauvet, 1991) pour situer la première maturité sexuelle, en tant que femelle, à une taille de l'ordre de 40 cm (LT), correspondant à un âge de 5 ans. L'inversion sexuelle se réalise (en moins d'un an, c'est-à-dire entre deux saisons de reproduction) à une taille totale comprise entre 70 et 90 cm (Bruslé, Bruslé, 1976 ; Chauvet, 1991 ; Gracia, 1996), bien que cet intervalle soit probablement beaucoup plus étroit à l'échelle d'une population reproductrice donnée (Zabala *et al.*, 1997b).

En tout état de cause, il convient d'être particulièrement prudent dans l'attribution d'un sexe à un individu observé en plongée, en particulier pour les tailles de 70 à 90 cm. L'expérience montre cependant que l'on peut déterminer de façon quasi certaine le sexe de 8 à 9 mérous sur 10 au sein d'un rassemblement reproducteur (selon des critères de taille ou de patron de coloration, voir Zabala *et al.*, 1997b : § Size, colour patterns and sex), ce qui permet d'accorder une certaine fiabilité aux résultats qui suivent.

Selon les sites, les grands mâles territoriaux ne constituent que 10 à 17% de la population d'un rassemblement reproducteur. Les petites femelles (40 à 55-60 cm LT) représentent 45 à 60%, les grosses femelles (de taille variable selon les sites, voir plus loin) 10 à 25% ; s'y ajoutent quelques gros individus de sexe indéterminé. On ne rencontre pas ou très peu de juvéniles (< 40 cm) dans les zones où se concentrent les adultes, au moins en période estivale.

Les données sur les sex-ratios estimées dans différents rassemblements reproducteurs ne semblent pas s'éloigner notablement de celles qui ont été formellement établies aux îles Medes (Zabala *et al.*, 1997b), où la sex-ratio "efficace" est de l'ordre de 1 grand mâle territorial pour 7 femelles adultes (auxquelles s'ajoutent un, ou au maximum deux mâles non territoriaux qui semblent en général ne pas prendre part à la reproduction).

Unité de reproduction minimale

Une ponte a été observée à la pointe de la Revellata (Pelaprat, 1999) dans un rassemblement constitué d'un mâle et 8-9 femelles. A Cerbère-Banyuls, un mâle isolé en CP 6 a été observé au cap Rédérès accompagné de 7-10 femelles (P. Louisy, observation personnelle, et V. Mathieu-Tissot, communication personnelle). Dans l'état actuel de nos observations, on peut donc estimer que la population minimale permettant la reproduction est d'un mâle et 7-8 femelles adultes (ce qui correspond d'ailleurs à la sex-ratio moyenne observée dans les rassemblements reproducteurs).

Des tailles différentes selon les localités

La taille des "grands mâles" territoriaux (reconnaissables à leur livrée argentée CP 6) est variable selon les sites : de 80-90 cm LT (Cerbère-Banyuls, Revellata) à 100-115 cm LT (Medes, Port-Cros, Lavezzi). Ces différences sont sans doute à mettre en relation avec l'ancienneté des populations sédentaires. De grands adultes ont toujours été observés aux Medes, à Port-Cros et aux Lavezzi, et leur présence semble susceptible d'inhiber l'inversion sexuelle des femelles les plus grosses. A Cerbère-Banyuls et à la Revellata, en revanche, il n'y avait plus de mérous sédentaires jusqu'à ce que des populations se reconstituent au cours de la dernière décennie, ce qui a peut-être permis l'établissement de mâles plus petits et une inversion sexuelle à une taille inférieure. Ainsi, les femelles atteindraient une taille nettement plus grande aux Medes (ponte observée chez une femelle de 75 cm LT) ou aux Lavezzi qu'à Cerbère-Banyuls.

Évolution temporelle des comportements

Pour l'essentiel, les données concernant la chronologie des activités reproductrices du mérou brun ont été obtenues aux îles Medes (Zabala *et al.*, 1997a, 1997b ; Hereu *et al.*, 1999 ; P. Louisy, observation personnelle). Elles illustrent donc une situation particulière; quelques observations sur d'autres sites permettent de les corroborer ou de les moduler, mais

restent souvent insuffisantes pour leur accorder une valeur générale.

Des apparitions échelonnées

Certains mérous demeurent toute l'année dans les zones où se déroulent les rassemblements reproducteurs, mais une majorité apparaît à la fin du printemps, parfois à partir de mi-mai (Medes, Port-Cros), et jusqu'à fin juin ou début juillet. Les grands mâles arrivent d'abord, puis les femelles ; en général, les plus petites sont les plus tardives (mais cela ne semble pas être le cas aux Lavezzi). Des conditions météorologiques défavorables peuvent retarder le rassemblement (parfois après la mi-juillet à Cerbère-Banyuls).

Structuration spatiale

Les premières apparitions de la livrée à stries argentées (CP 6) coïncident avec le début de l'activité territoriale des mâles. Les interactions entre mâles sont alors nombreuses et violentes, pendant une période qui s'étend de mi-juin à début ou mi-juillet (Medes, Lavezzi). Cette phase leur permet d'affirmer leur suprématie sur des territoires plus ou moins vastes : 40 à 100 m de long aux îles Medes ; 1 500 à 3 800 m² aux îles Lavezzi (Culioli, Quignard, 1999). Les territoires ainsi établis sont le principal élément de structuration spatiale du rassemblement reproducteur, pour les mâles mais aussi pour les femelles qui se positionnent relativement aux mâles et aux zones qu'ils occupent.

Par la suite, les mâles "patrouillent" en permanence dans leur territoire, avec des incursions dans les zones proches où se trouvent les femelles, ce comportement se prolongeant jusqu'à quelques jours avant les pontes. Au début, les interactions avec les femelles sont brutales et se terminent par la fuite de ces dernières, puis les parades des mâles se font moins agressives et les femelles ne s'esquivent plus on peut penser qu'avec le temps et les confrontations répétées, une reconnaissance mutuelle s'établit.

Changements comportementaux précédant la ponte

Dans les quelques jours précédant le pic d'activité sexuelle (pontes), les mâles sont moins actifs ils se déplacent un peu moins frénétiquement, et restreignent le soir leur activité de "patrouille" à un petit secteur de leur territoire, généralement près d'un point remarquable (rocher, promontoire, ...). Leur activité de "visite" des femelles des alentours se réduit également.

A la même période, les femelles tendent à se regrouper de façon plus ou moins lâche, principalement en fin de journée ; elles stationnent alors en pleine eau face au courant, le plus souvent entre 2 et 5 m au-dessus du fond (Cerbère-Banyuls, Medes, ...). Elles présentent fréquemment le CP 4 clair ou le CP 5 clair à stries sombres (c'est dans ces conditions que le CP 5 apparaît le plus souvent). Il semble que ces regroupements apparaissent avant que les mâles ne modifient leur comportement de "patrouille".

Occurrence des pontes

Toutes les pontes observées (Medes, Revellata) ont eu lieu le soir, principalement dans la demi-heure qui précède le coucher du soleil. Les relations sociales se modifient alors fortement par rapport à celles qui prévalaient quelques jours plus tôt. Le mâle ne recherche plus les femelles ; ce sont elles qui viennent au sein de son territoire, et plus précisément dans sa zone de "patrouille restreinte". Les pontes s'échelonnent sur plusieurs soirées consécutives, mais il est fréquent qu'un mâle très actif un soir ne se reproduise pas le lendemain.

En 1997 et 1998, un nouveau cycle comportemental (avec retour à la phase précédente : territorialité des mâles, regroupements des femelles, ...) s'est enclenché aux îles Medes (Hereu *et al.*, 1999), aboutissant à de nouvelles pontes deux semaines après les premières.

Désagrégation

Dans les jours qui suivent les dernières pontes, les femelles retrouvent un comportement plus erratique et solitaire. Les mâles restent quelque temps sur leur territoire, mais leur activité se réduit considérablement. Petit à petit, l'ensemble de la structure spatiale et sociale du rassemblement se désagrège, sans que l'on puisse préciser ni le début, ni la fin du processus. De mauvaises conditions météorologiques (fort refroidissement des eaux, tempête, ...) peuvent précipiter les événements.

Parade de ponte

Le processus de ponte du mérou brun a été observé et décrit en détail aux îles Medes par Zabala *et al.* (1997a, figure 4). La séquence peut se résumer en trois phases principales

- phase 1 (approche) : la femelle (en livrée standard CP 1) est généralement posée sur le fond. Le mâle (en CP 6) approche par l'arrière, et parade au-dessus d'elle, avec des battements de queue ritualisés ;
- phase 2 (montée en spirale) : la femelle entame alors une montée en pleine eau, la parade du mâle entraînant un mouvement en spirale. Souvent, après 6 à 8 m de remontée en spirale, les partenaires se séparent et regagnent le fond ("fausse remontée" ou "fausse ponte"). Le mâle peut alors parader à nouveau, face à la même femelle ou à une autre ;
- phase 3 (montée finale et ponte) : après la phase de lente ascension en spirale, la montée s'accélère brutalement sur quelques mètres, et l'émission simultanée des gamètes a lieu au sommet de cette ascension. Il faut souvent plusieurs "fausses remontées" avant d'aboutir à une ponte effective. Aux îles Medes, les œufs à peine pondus subissent une pré-dation frénétique par des bancs d'oblades (*Oblada melanura*, Sparidé).

Ces observations semblent corroborées par celles de Pelaprat (1999), mais il n'est pas exclu que le comportement de ponte diffère plus ou moins notamment de ce schéma dans des conditions climatiques, topographiques ou sociales différentes.

DISCUSSION

Quand peut-on parler d'activité reproductrice ?

De l'ensemble des observations résumées ici, on peut retenir quelques critères qui permettent de présumer une activité reproductrice, ou du moins un contexte favorable à l'activité reproductrice.

Livrées caractéristiques

Au même titre que les parades ou la "patrouille", la livrée à stries argentées (CP 6) fait partie intégrante du comportement territorial et sexuel des grands mâles ; elle est, à elle seule, signe d'activité reproductrice. La livrée claire à strie sombres (CP 5) reste quant à elle d'une interprétation délicate, mais n'apparaît que lors d'un rassemblement reproducteur ; il semble qu'il en va de même pour la livrée claire (CP 4).

Ainsi, dans la pratique, on peut considérer que l'observation de CP 6 et CP 5 sur un même site indique qu'il y a activité reproductrice (sans pour autant garantir que cette activité aboutira à des pontes effectives).

Une certaine stabilité sociale

La reproduction est l'aboutissement d'un processus long (établissement de territoires, interactions répétées entre mâles et femelles, ...) qui repose sur une certaine structure démographique (sex-ratio de l'ordre d'un mâle territorial pour 7 à 9 individus non territoriaux, dont 7 à 8 femelles). Selon les observations réalisées à ce jour, il n'y a pas de reproduction sans organisation sociale stable dans le temps, avec une forte proportion de femelles.

Quel succès reproducteur en Méditerranée nord-occidentale ?

Si une reproduction effective du mérou brun a été observée en Méditerranée nord-occidentale (îles Medes, pointe de la Revellata), il apparaît que le résultat de ces pontes en terme de recrutement de juvéniles est bien faible (Francour, Ganteaume, 1999), pour plusieurs raisons.

Peu de pontes effectives

Aux îles Medes, pour une population de quelque 120 mérous adultes qui a fait l'objet d'un important effort de recherche en période de ponte (Hereu *et al.*, 1999), seules quelques dizaines de pontes effectives ont été observées au cours d'un été (pas plus de 3 à 5 pour un mâle donné au cours d'une soirée, sachant que les mâles ne se reproduisent pas plus d'un soir sur deux ou trois pendant les deux périodes de pontes de 5 à 7 jours).

Une forte prédation sur les œufs

Toujours aux îles Medes, une très forte prédation des œufs par des oblades a été observée de façon systématique (Zabala *et al.*, 1997a ; Hereu *et al.*, 1999). Sur une ponte observée, Pelaprat (communication personnelle) n'a en revanche pas remar-

qué de semblable frénésie prédatrice à la pointe de la Revallata. Cependant, que cette prédation par les oblades soit un artefact lié à la très forte densité de poissons dans une réserve ou un phénomène plus large, il n'en reste pas moins qu'elle est susceptible d'affecter très notablement le succès reproducteur des mérous se reproduisant dans les espaces protégés (ce qui est sans doute le cas général en Méditerranée nord-occidentale).

De probables problèmes de survie larvaire

En Méditerranée nord-occidentale, et en particulier sur les côtes françaises, de brusques refroidissements de l'eau (dus aux coups de vent de nord, mistral ou tramontane) se produisent souvent très tôt dans l'automne (parfois même avant fin septembre). Or, les données concernant l'élevage larvaire du mérou brun en conditions artificielles (Boglione *et al.*, 1999 ; Marino *et al.*, 1999 ; Dantart *et al.*, 1999) permettent de penser que la phase larvaire planctonique dure nettement plus d'un mois, et probablement près de deux mois. Dans ces conditions, les larves nées durant le mois d'août se trouvent confrontées à des conditions hydrologiques difficiles (chutes de température, courants de surface vers le large) avant même d'avoir atteint la phase critique du recrutement dans les petits fonds côtiers. Il n'est donc pas étonnant que le recrutement de tout jeunes mérous (classe d'âge 0+) sur les côtes françaises soit un phénomène aléatoire et rarement observé (Francour, Ganteaume, 1999).

Ces considérations nous mènent à la conclusion que, malgré des signes de reproduction observés depuis quelques années, la population de mérous bruns de Méditerranée nord-occidentale semble incapable d'assurer son propre recrutement. Il en a d'ailleurs probablement été de même depuis fort longtemps dans le passé, comme l'atteste la rareté des ossements de mérous (par ailleurs uniquement de grande taille) dans divers sites archéologiques des côtes méditerranéennes françaises riches en restes de poissons marins (Desse, Desse-Berset, 1999). Ces conclusions appuient l'hypothèse d'un recrutement de "juvéniles" (1 à 4 ans) ou de jeunes adultes provenant de zones de reproduction plus méridionales.

Quelle évolution pour les structures démographiques ?

Sur tous les sites étudiés en Méditerranée nord-occidentale, on rencontre de plus en plus de mérous de petite taille, ce qui correspond à une augmentation de la proportion de femelles. Avec un tel afflux de jeu-nés adultes, verra-t-on les grosses femelles s'inverser en mâles ? Cela paraît possible, compte tenu de l'augmentation du nombre de mâles territoriaux observée en différents endroits. Aux îles Medes, on comptait 19 mâles territoriaux en 1998 contre 13 en 1996 (Garcia-Rubies, Zabala, 1999) ; Sur le sec de Rédérès, dans la réserve de Cerbère-Banyuls, ce nombre est passé de 2 en 1995 à 5 en 1998 (P. Louisy, observation personnelle ; V. Mathieu-Tissot, communication personnelle). Sur le site du

Pellu, aux îles Lavezzi, il y avait 4 mâles territoriaux en 1998 contre 2 en 1997, tandis que le nombre de jeunes femelles augmentait de 33% (Culioli, Quignard, 1999).

Que peut-il maintenant se passer si les mâles se trouvent en surnombre par rapport à la capacité d'accueil d'un site (nombre de territoires potentiels) ? Certains coloniseront certainement de nouveaux secteurs rocheux (ainsi, un mâle observé depuis 1997 en CP 6 au cap Rédérès à Cerbère-Banyuls provient probablement de la population du sec de Rédérès situé à 200 mètres de là), mais il est possible que d'autres restent sur le même site, acquérant alors un statut social différent des mâles territoriaux. J.-M. Culioli a ainsi vu une fois en août 1998, sur le site du Pellu (Lavezzi, un "petit" mâle (moins de 1 m LT) menant une intense activité de parade envers des femelles sur une zone chevauchant le territoire de deux mâles plus grands, eux-mêmes en parade, sans être agressé par ces derniers. Peut-on assimiler le statut particulier de ce mâle à celui de "mâle satellite" décrit chez d'autres poissons comme les crénilabres (genre *Syphodus*, Labridé; Michel *et al.*, 1987) ? Cette observation ponctuelle, qui n'est certainement pas concluante en elle-même, ouvre des perspectives éthologiques intéressantes.

Impact des activités humaines

Il ne s'agit pas ici de traiter de la surexploitation manifeste dont ont souffert les populations de mérou brun de Méditerranée nord-occidentale par diverses méthodes de pêche, mais de l'incidence éventuelle des activités humaines sur la reproduction proprement dite.

Incidence de la pêche sur les zones de reproduction

Diverses études réalisées sur des agrégations reproductrices de mérous des Caraïbes (Colin, 1992) ou de la Grande Barrière australienne (Samoilys, Squire, 1994) ont traité de l'incidence dramatique que peut avoir une pêche sélective sur les sites de reproduction.

Le risque est probablement moins grave pour le mérou brun de Méditerranée, dont les rassemblements sont moins denses et répartis sur un plus grand nombre de sites. Ainsi, des populations reproductrices font traditionnellement l'objet d'une pêche saisonnière sélective (sur des sites spécifiques dont la connaissance se transmet de père en fils) sur les îles de Lampedusa et Linosa dans le détroit siculo-tunisien (G. Marino, E. Azzurro, communication personnelle) ; les conséquences ne semblent pas désastreuses, car dans cette région méridionale de la Méditerranée, le succès reproducteur est important, comme l'atteste un fort recrutement de juvéniles.

Une pêche sélective de même type serait en revanche catastrophique si elle s'appliquait aux très faibles populations de Méditerranée nord-occidentale. Dans la réserve des îles Lavezzi, par exemple, il est certain qu'un effort de pêche supplémentaire de la part des palangriers professionnels (captures par

unité d'effort de l'ordre de 2 mérous par 1 000 hameçons et par jour) pourrait avoir de graves conséquences sur les populations reproductrices de l'espèce (Culioli, 1995).

Incidence des plongeurs sur les rassemblements reproducteurs

Les observations réalisées sur différents sites, protégés ou non, apportent des éclairages variés sur les conséquences de la fréquentation par les plongeurs d'un lieu de rassemblement des mérous :

- Revellata, été 1998 (C. Pelaprat, communication personnelle) : distribués entre 8 et 15 mètres de profondeur en juin, tous les mérous descendent au-delà de 20 m après l'apparition des hordes de plongeurs du mois de juillet (pêcheurs et chasseurs sous-marins fréquentent également le site) ;
- Port-Cros (P. Robert, communication personnelle) : il est n'est pas rare que des plongeurs "pourchassent" les mérous dans l'espoir de mieux les approcher, perturbant ainsi notamment leur comportement social ou territorial et empêchant même les interactions et parades reproductrices pour quelques cas observés le soir ;
- Lavezzi (J.-M. Culioli, communication personnelle) : la poursuite des mérous par les plongeurs est également fréquente. En une occasion où un phare sous-marin a été allumé le soir, alors que mérous mâles et femelles présentaient de nombreuses interactions, les poissons ont immédiatement rejoint des abris, et n'ont repris leur activité que deux à trois minutes après l'extinction de la lampe
- la présence d'un grand nombre de plongeurs aux îles Medes (450 par jour) n'empêche pas les mérous de s'y reproduire, mais il faut noter que la plongée y est interdite après le coucher du soleil (dans la pratique, tous les bateaux de plongée sont rentrés au port avant la tombée de la nuit).

Il semble donc que l'incidence des plongeurs sur le comportement reproducteur des mérous puisse être importante, et il est même probable que quelques plongeurs munis de lampes suffisent à inhiber totalement les parades sexuelles et les pontes. Ces observations ponctuelles ou "qualitatives" demandent à être confirmées, mais devraient néanmoins conduire les gestionnaires des espaces marins protégés à envisager le contrôle ou l'interdiction de la plongée en fin de journée sur les sites de rassemblement reproducteur à la période où des pontes pourraient intervenir (de mi-juillet à fin août environ).

Considérations sur les perspectives de recherche

En dehors de l'important travail réalisé depuis plusieurs années aux îles Medes, le comportement reproducteur et l'organisation sociale liée à la reproduction d'*Epinephelus marginatus* n'ont fait l'objet que d'observations relativement partielles, ponctuelles ou peu précises.

Parmi les points méritant l'attention, nous pouvons citer les aspects comportementaux de la repro-

duction, l'incidence des plongeurs sur le succès reproducteur ou l'approfondissement de l'étude du développement larvaire. Mais il nous semble surtout important, si l'on se place du point de vue d'une gestion raisonnée de cette espèce, d'obtenir d'abord des données plus complètes sur l'ensemble des lieux où la reproduction peut être suspectée (en particulier dans les espaces protégés), pour rechercher les phénomènes communs à tous les sites. Notons par ailleurs que nous manquons totalement d'observations pour les régions méridionales de la Méditerranée ; il serait souhaitable que des travaux soient engagés dans ce sens le long des côtes d'Afrique du Nord et du sud de l'Italie.

Il est évidemment souhaitable de coordonner les observations et échantillonnages menés par les chercheurs sur les différents sites, rôle que pourrait assumer le Groupe d'étude du mérou (GEM). Nous préconisons une certaine standardisation des relevés de paramètres hydro-climatiques lors des observations (températures en surface et sous la thermocline, profondeur de la thermocline, courant, ...), et proposons d'organiser le suivi des sites potentiels de reproduction selon deux niveaux d'observation :

-à partir de la mi-juin, suivi régulier de la démographie, de l'apparition des patrons de coloration spécifiques (CP 4, 5 et 6) et de la territorialité des mâles, en s'attachant plus particulièrement à des observations en fin d'après-midi ;

-entre le 15 juillet et le 15-25 août, de fréquentes plongées supplémentaires en fin de journée (entre une heure avant et une demi-heure après l'heure officielle de coucher du soleil) devraient permettre de repérer les pontes éventuelles.

Ce n'est que par la comparaison de données précises sur plusieurs sites, dans des régions différentes de la Méditerranée, que l'on pourra déterminer les facteurs susceptibles de déclencher ou de permettre la ponte d'*Epinephelus marginatus*. Il s'agit en effet d'une information primordiale pour répondre à la question cruciale : dans quelles régions de Méditerranée le recrutement des jeunes mérous bruns est-il assuré par la reproduction de la population locale (les préoccupations des scientifiques doivent alors se poser en terme de gestion des stocks), et dans quelles régions le succès reproducteur est-il insuffisant pour permettre ce recrutement, imposant alors de raisonner en terme de protection des populations ?

BIBLIOGRAPHIE

- Bailly N., 1999 - Current state of the "grouper" phylogeny and classification : Some thoughts on nomenclature instability (Abstract). In : Symposium international sur les Mérous de Méditerranée. Proc. of a Symposium, 5-7 nov. 1998, at Ile des Embiez, France, Mém. Inst. Océanogr. P. Ricard, pp : 187.
- Boglione C., C. Selmo, M. Contegiacomo, M.T. Spedicato, S. Cataudella, 1999 - Preliminary contribution to the knowledge of the sensory development and equipment of the dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). Mar. Life, 9 (1) : 9-17.

- Bouain A., Y. Siau, 1983 - Observations on the female reproductive cycle and fecundity of three species of groupers (*Epinephelus*) from the Southeast Tunisian seashores. *Mar. Biol.*, **73** (2) : 211-220.
- Bruslé J., 1985 - *Exposé synoptique des données biologiques sur les mérous Epinephelus aeneus (Geoffroy Saint Hilaire, 1809) et Epinephelus guaza (Linnaeus, 1758) de l'océan Atlantique et de la Méditerranée.* FAO, Synopsis sur les pêches, **129**, 64 pp.
- Bruslé J., S. Bruslé, 1976 - Contribution à l'étude de la reproduction de deux espèces de mérous, *E. aeneus* (G. Saint-Hilaire, 1809) et *E. guaza* (Linnaeus, 1758) des côtes de Tunisie. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **39** (3) : 313-320.
- Charbonnel E., 1996 - Note sur les parades nuptiales des mérous (*Epinephelus marginatus*) de la Gabinière (Parc National de Port-Cros) observées les 19, 20 et 22 juin 1996. Note interne, G.E.M. / GIS Posidonie, 8 pp.
- Chauvet C., 1991 - Statut d'*Epinephelus guaza* (Linnaeus, 1758) et éléments de dynamique des populations méditerranéenne et atlantique. In : *Les espèces marines à protéger en Méditerranée*. C.F. Boudouresque, M. Avon, V. Gravez (eds), GIS Posidonie Publ., Marseille, pp : 255-275.
- Colin P.L., 1992 - Reproduction of the Nassau grouper *Epinephelus striatus* (Pisces : Serranidae) and its relationship to environmental conditions. *Environ. Biol. Fishes*, **34** (4) : 357-377.
- Colin P.L., D.Y. Shapiro, D. Weiler, 1987 - Aspects of the reproduction of two groupers, *Epinephelus guttatus* and *E. striatus* in West Indies. *Bull. mar. Sci.*, **40** (2) : 220-230.
- Culioli J.M., 1995 - La pêche professionnelle dans la Réserve Naturelle des îles Lavezzi (Corse). Effort et productions. *Trav. sci. Parc nat. rég. Res. nat. Corse.*, **52** : 1-106.
- Culioli J.-M., J.-P. Quignard, 1999 - Suivi de la démographie et du comportement territorial des mâles de mérous bruns *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) du site du Pelleu (Réserve naturelle des Bouches de Bonifacio, Corse, Méditerranée N.O.). *Mar. Life*, **9** (2) : 3-9.
- Dantart L., A. Garcia-Rubies, K. Garrabou, B. Hereu, M. Mari, J. Pascual, A. Sabates, M. Zabala, 1997 - Reproducció del mero *Epinephelus marginatus* a les illes Medes durant l'estiu 1997. In : *Seguiment temporal de la reserva marina de les illes Medes*, informe anual, any 1997, Universitat de Barcelona, pp : 73-85.
- Dantart L., P. Rovira, B. Hereu, A. Duday, 1999 - Early development of the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*) from natural spawns. In : *Symposium international sur les Mérous de Méditerranée*. Proc. of a Symposium, 5-7 nov. 1998, at Ile des Embiez, France, Mém. Inst. Océanogr. P. Ricard, pp : 37-43.
- Desse J., N. Desse-Berset, 1999 - Préhistoire du mérou. *Mar. Life*, **9** (1) : 19-30.
- Francour P., A. Ganteaume, 1999 - L'arrivée progressive de jeunes mérous (*Epinephelus marginatus*) en Méditerranée nord-occidentale. *Mar. Life*, **9** (1) : 37-45.
- Garcia-Rubies A., M. Zabala, 1999 - The Medes Islands Marine Reserve (NW Spain) : a long term study of a *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) population (1991-1997) (Abstract). In : *Symposium international sur les Mérous de Méditerranée*. Proc. of a Symposium, 5-7 nov. 1998, at Ile des Embiez, France, Mém. Inst. Océanogr. P. Ricard, pp : 190.
- G.E.M., 1996 - *Le mérou brun en Méditerranée*. Hyères, France, 27 pp.
- Gracia V., 1996 - *Estudio de la biología y posibilidades de cultivo de diversas especies del género Epinephelus*. Thesis Doctoral unpublished. Universitat de Barcelona, 279 pp.
- Heemstra P.C., 1991 - A taxonomic revision of the eastern atlantic groupers (Pisces : Serranidae). *Bolm Mus. muníc. Funchal*, **43** (226) : 5-71.
- Hereu B., L. Dantart, D. Diez, M. Mari, J. Pascual, M. Zabala, 1999 - Aspects on the spawning activity of the dusky grouper *E. marginatus* in the Medes Islands marine reserve (Abstract). In : *Symposium international sur les Mérous de Méditerranée*. Proc. of a Symposium, 5-7 nov. 1998, at Ile des Embiez, France, Mém. Inst. Océanogr. P. Ricard, pp : 191.
- Louisy P., 1996 - Principaux patrons de coloration du mérou brun de Méditerranée *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces : Serranidae) en période d'activité reproductrice. *Rev. fr. Aquariol.*, **23** (1-2) : 21-32.
- Marino G., E. Azzurro, C. Boglione, A. Massari, A. Mandich, 1999 - Induced spawning and first larval rearing in *Epinephelus marginatus*. In : *Symposium international sur les Mérous de Méditerranée*. Proc. of a Symposium, 5-7 nov. 1998, at Ile des Embiez, France, Mém. Inst. Océanogr. P. Ricard, pp : 139-142.
- Mathieu-Tissot V., 1999 - Suivi saisonnier (printemps-été) de la population de mérous bruns *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) de la Réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls-sur-Mer. *Mar. Life*, **9** (2) : 55-62.
- Michel C., P. Lejeune, J. Voss, 1987 - Biologie et comportement des Labridés européens. *Rev. fr. Aquariol.*, **14** : 1-80.
- Pelaprat C., 1999 - Observations on the spawning behaviour of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) in the North of Corsica (France). *Mar. Life*, **9** (1) : 59-65.
- Sadovy Y., P.L. Colin, M.L. Domeier, 1994 - Aggregation and spawning in the tiger grouper *Myxteroperca tigris* (Pisces, Serranidae). *Copeia*, **1994** (2) : 511-516.
- Samoilys M.A., L.C. Squire, 1994 - Preliminary observations on the spawning behaviour of coral trout *Plectropomus leopardus* (Pisces, Serranidae), on the great Barrier Reef. *Bull. mar. Sci.*, **54** (1) : 332-342.
- Shapiro D.Y., Y. Sadovy, M.A. Mc Gehee, 1993 - Size, composition and spatial structure of the annual spawning aggregation of the red hind, *Epinephelus guttatus* (Pisces : Serranidae). *Copeia*, **1993**(2) : 399-406.
- Zabala M., A. Garcia-Rubies, P. Louisy, E. Sala, 1997a - Spawning behaviour of the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Sci. mar.*, **61** (1) : 65-77.
- Zabala M., P. Louisy, A. Garcia-Rubies, V. Gracia, 1997b - Socio-behavioural context of reproduction in the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Sci. mar.*, **61** (1) : 79-98.

Reçu en janvier 1999; accepté en février 2000.
Received January 1999; accepted February 2000.

Suivi saisonnier (printemps-été) de la population de mérous bruns *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) de la Réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls-sur-Mer.

*Seasonal monitoring (spring-summer) of the Mediterranean dusky grouper
(Epinephelus marginatus (Lowe, 1834))
population in the Cerbère-Banyuls-sur-Mer Marine Reserve*

Véronique Mathieu-Tissot
25, allée des Martagons, 38 330 Montbonnot-St Martin, France

Mots clés : *Epinephelus marginatus, réserve marine, évolution saisonnière, population, activité reproductrice.*

Key-words: *Epinephelus marginatus, marine reserve, seasonal evolution, population, reproductive activity.*

RÉSUMÉ

Mathieu-Tissot V., 1999 - *Suivi saisonnier (printemps-été) de la population de mérous bruns Epinephelus marginatus (Lowe, 1834) de la Réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls-sur-Mer.* Mar. Life, 9 (2) : 55-62.

La population de mérous bruns Epinephelus marginatus de la Réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls-sur-Mer se localise essentiellement sur le sec de Rédérès, remontée rocheuse à 5 mètres de fond située dans la réserve intégrale. L'effectif décuple de mai à juillet ; une cinquantaine de mérous, de taille moyenne pour la majorité, se rassemble l'été dans cet espace protégé dans un but reproducteur. Ils peuplent des substrats de roche en place offrant de nombreuses possibilités de gîte (failles, grottes), des chaos de blocs, ainsi que les fonds coralligènes. Le comportement évolue avec l'augmentation de température et de visibilité; les individus craintifs et au gîte en mai se rassemblent en pleine eau et deviennent pour la plupart indifférents au plongeur en été. À l'approche de la saison de reproduction, les mérous se regroupent en concentrations importantes dans des zones peu profondes où les interactions sociales sont très fréquentes (parades sexuelles, poursuites, dominance/soumission, ...). Malgré des plongées réalisées en août, au crépuscule pendant la lune noire, la ponte n'a pas été observée, ceci étant probablement dû aux raisons météorologiques défavorables.

ABSTRACT

Mathieu-Tissot V., 1999 - [Seasonal monitoring (spring summer) of the Mediterranean dusky grouper (*Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) population in the Cerbère-Banyuls-sur-Mer Marine Reserve]. Mar. Life, 9 (2) : 55-62.

*The Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* population in the Cerbère-Banyuls Marine Reserve is essentially localized on the Sec de Rédérès, situated in the non-fishing area. The number has increased tenfold from May to July: about fifty groupers, mostly medium-sized, gather in this area for reproductive purposes. They live among big boulders offering a variety of shelters with breaks, overhangs, jumbles of blocks and rocky platforms with coralligenous concretions. Behaviour patterns change with increases in temperature and visibility. Individuals that remain shyly in holes in May gather in open water and become mostly indifferent to divers in summer. As the reproduction season draws near, grouper assemble in large concentrations in shallow zones where social interactions are very frequent (courtship activities, pursuits, agonistic relations, domination/submission). In spite of dives carried out in August in twilight around the new moon, spawning has not been observed, probably due to unfavourable meteorological conditions.*

INTRODUCTION

Le mérou brun de Méditerranée, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), est une espèce relativement bien étudiée et suivie dans certaines zones de la mer Méditerranée nord-occidentale (notamment depuis la création du Groupe d'Étude du Mérou) : Parc National

de Port-Cros (Chauvet, Francour, 1989 ; Chauvet et al., 1991), Réserve des îles Medes en Espagne (Zabala et al., 1997a, 1997b), Réserves des îles Lavezzi et de Scandola (Chauvet et al., 1991).

Tel n'est pas le cas de la population de la Réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls-sur-Mer. Le mérou brun était pourtant signalé dès la mise

en réserve du sec de Rédéris, et sa population a spectaculairement augmenté en 10 ans de protection intégrale (Athias-Binche, 1996).

Quelques recensements et marquages ont été entrepris en août 1986, juin 1988 et durant l'été 1989 sans suivi, dans la zone de protection renforcée (Chauvet *et al.*, 1991). D'autre part, le comportement et les patrons de coloration de cette espèce ont fait l'objet d'une étude menée durant l'été 1995 dans la réserve intégrale, sur le sec de Rédéris (Louisy, 1996).

Dans cette optique, ce travail est le premier à apporter des éléments d'information plus complets sur la densité et la structure démographique de cette population, sur la profondeur de distribution et l'habitat de l'espèce dans cette zone, sur son comportement vis-à-vis du plongeur et entre congénères et sur la présence éventuelle d'une activité reproductive... Ces éléments ont été suivis dans le temps (du début du mois de mai à la fin du mois de juillet 1998) afin de constater d'éventuelles modifications à l'approche de la saison estivale de reproduction.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Site d'étude

Ce suivi démographique sur deux saisons (printemps-été) a été programmé du 7 mai au 31 juillet 1998. Effectué par le même observateur, l'on peut s'assurer de l'utilisation de la même méthode et de la fiabilité des comparaisons dans le temps. Il a été réalisé en plongée dans la Réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls-sur-Mer.

Cette réserve, la seule à vocation exclusivement marine de France, est située en mer Méditerranée nord-occidentale, à proximité de la frontière espagnole (approximativement 3°10'E et

42°30'N). En bordure de la côte rocheuse des Albères dans les Pyrénées Orientales, située entre l'île Grosse à Banyuls-sur-Mer et le cap Peyrefitte à proximité de Cerbère, elle s'étend jusqu'à 1,5 milles nautiques vers le large (environ 2,8 km) et couvre 650 hectares dont 6 kilomètres de rivage.

Elle dispose d'une zone de protection renforcée de 65 hectares, face au cap Rédéris où toutes les activités de pêche, chasse sous-marine, plongée en scaphandre autonome, mouillage des bateaux sont formellement interdites à l'exception de celles nécessaires au bon déroulement des études scientifiques.

La réserve partielle autorise un certain nombre d'activités la pêche de plaisance et des petits métiers y est réglementée, la plongée est tolérée. Seules la chasse sous-marine et la cueillette à pied des produits de la mer y sont interdites.

L'étude a été essentiellement menée sur le sec de Rédéris, dans la réserve intégrale (figure 1).

Le sec, situé environ 300 mètres au large du cap Rédéris, est une remontée rocheuse jusqu'à 4,7 mètres sous la surface, entourée de fonds meubles à 35 m de profondeur. La particularité de ce haut-fond, dont les eaux sont constamment renouvelées, explique son exceptionnelle richesse biologique. Sa forte densité en *Epinephelus marginatus* et la protection renforcée permettent l'observation de comportements aussi naturels que possible et de fréquentes interactions intraspécifiques malgré la présence de plongeurs.

Parallèlement, une étude menée sur deux autres stations de la réserve a permis l'obtention de données sur les mérous bruns présents en périphérie du sec (toujours dans la zone de protection renforcée), au cap Rédéris, ainsi que ceux de la réserve partielle fréquentée par les pêcheurs et les plongeurs, au cap l'Abeille.

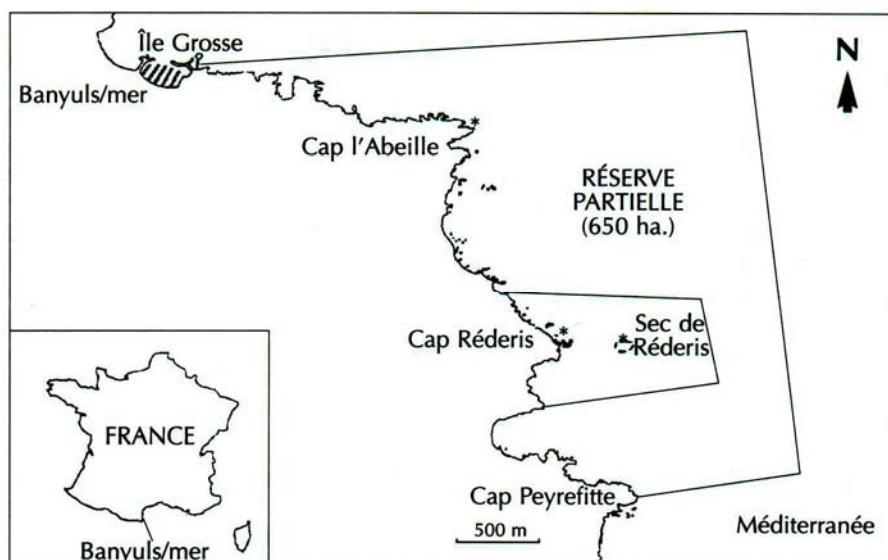


Figure 1 - Localisation de la Réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls/mer (42°30'N; 3°10'E) et des stations d'étude (*). / Location of the Cerbère-Banyuls Marine Reserve (42°30'N; 3°10'E) and of the sampling sites (*).

Tableau I - Nombre total de transects réalisés par station et par période. / Total number of census transects carried out at each site and during each period.

Période d'étude	Sec de Rédérès	Cap Réderis	Cap l'Abeille
7/5 au 26/5	62	52	47
2/6 au 15/6	152	-	-
17/6 au 3/7	76	54	58
16/7 au 30/7	155	-	-

Méthode

Les observations ont été effectuées en scaphandre autonome à une profondeur comprise entre 5 et 25 mètres selon l'évaluation visuelle *in situ* des peuplements et populations de poissons (Harmelin-Vivien, Harmelin, 1975 ; Harmelin-Vivien *et al.*, 1985). Cette méthode a été adoptée pour la réalisation de transects aléatoires (le mérou étant une espèce erratique) de 5 mètres de largeur et de 5 minutes selon une tranche bathymétrique de 5 mètres.

Le planning des plongées est agencé comme indiqué sur le tableau I.

Lors de chaque plongée, la date, l'heure et les paramètres environnementaux suivants étaient notés sur plaque immergée : situation météorologique, présence de courant, visibilité horizontale et température (mesurée par ordinateur de plongée au-dessus de la thermocline), ainsi que la profondeur de cette dernière, appréciée par l'auteur. D'autre part, pour chaque mérou brun rencontré, les éléments suivants étaient pris en compte :

- le temps en minutes ;
- la profondeur de rencontre en mètres ;
- la taille de l'individu, distribuée en 4 classes afin de faciliter l'estimation et la prise de notes : petits, <40 cm ; moyens, 40-60 cm ; gros, 60-80 cm ; très gros, >80 cm ;
- le type d'habitat décrit selon la granulométrie simplifiée suivante : roche massive en place ; gros blocs >1 m ; blocs moyens, de l'ordre du mètre petits blocs, ~ 50 cm ; sédiments meubles ; coralligène ;
- le gîte ;
- la localisation du mérou (pleine eau, dans le gîte, ...);
- le comportement vis-à-vis du plongeur (fuite lente/rapide, indifférence, attirance) ;
- les interactions intraspécifiques, patrons de coloration et regroupements.

RÉSULTATS

Évolution saisonnière de la population d'*Epinephelus marginatus* sur le sec de Rédérès

Effectifs et densité (tableau II)

La population d'*Epinephelus marginatus* est découpée entre le début du mois de mai et la fin du mois de juillet, atteignant une cinquantaine d'individus sur le sec de Rédérès en été. La fréquence de rencontre de mérous bruns dans les transects augmente de façon spectaculaire passant de 38% à 97%.

L'augmentation lente de la température provoque la reprise de l'activité des mérous après un hiver de vie au ralenti (G.E.M., 1996). La sortie progressive de certains individus de leur gîte, et la migration d'autres mérous bruns à partir de zones non déterminées sont à l'origine de ce recrutement sur l'aire de reproduction qu'est le sec de Rédérès. Ces nouveaux arrivants sont de toutes les classes de taille.

Structure démographique de la population de mérous bruns du sec (figure 2)

Les individus de taille moyenne (40-60 cm et 60-80 cm) sont majoritaires sur le sec de Rédérès. Ce sont des femelles matures (Chauvet, 1988). La structure démographique de la population d'*Epinephelus marginatus* est quasiment identique en juin et en juillet, elle diffère de mai à juin, les juvéniles étant 2 fois plus fréquents au détriment des plus gros en été.

Le recrutement estival des individus concerne toutes les classes de taille puisque 5 à 10 individus au maximum étaient dénombrés en mai et que la population compte une cinquantaine d'individus 3 mois plus tard.

Répartition des mérous selon la saison

Profondeur de distribution

La profondeur moyenne de rencontre sur le sec de Rédérès remonte progressivement avec la saison passant de 14 mètres en mai à 11,7 mètres en juillet. Les mérous se regroupent et se concentrent au-dessus de la thermocline progressivement établie, dans des zones peu profondes et plus chaudes à l'approche de la saison reproductive.

Habitat général et gîte (figures 3 et 4)

Dans la Réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls-sur-Mer, le sec de Rédérès offre un biotope rocheux avec la dominance de roche en place et d'éboulis de gros blocs. Les sédiments meubles font

Tableau II - Évolution saisonnière de l'effectif de la population d'*Epinephelus marginatus* du sec de Rédérès.
Seasonal evolution of *Epinephelus marginatus* population size on the Sec de Rédérès.

	Mai	Juin	Juillet
Nombre moyen de mérous	$3,7 \pm 2,2$	$15,3 \pm 7,2$	$54,4 \pm 8,3$
Fréquence de rencontre dans les transects	38%	63%	97%
Densité / transect	$0,4 \pm 0,2$	$1,5 \pm 0,6$	$4,9 \pm 0,7$

partie de l'hétérogénéité des fonds en mosaïque que présente la réserve.

Les gîtes sont de diverses natures : les cavités dans la roche en place (faille, tunnel, grotte), ainsi que les chaos de blocs sont les refuges les plus communément occupés par le mérou brun sur le sec. Quelques-uns vivent plus en profondeur dans le coralligène (substrat de bioconcréctions algales), très riche en abris et particulièrement bien développé dans la région. Les blocs de taille moyenne servent également de gîte aux mérous.

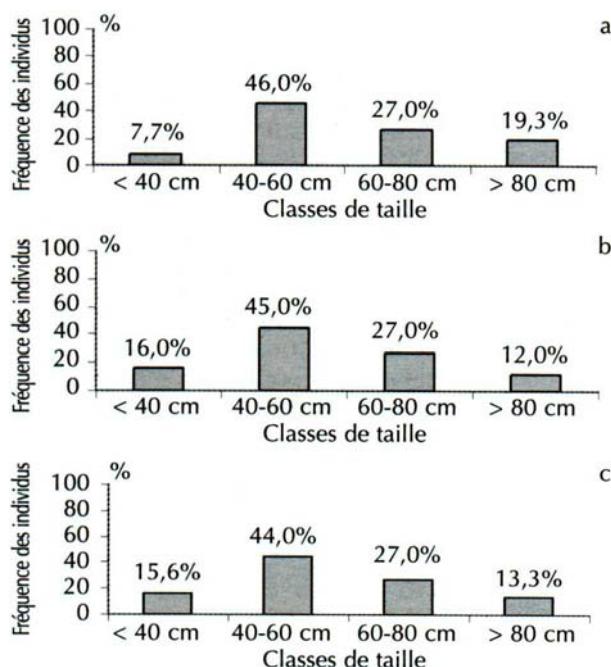


Figure 2 - Structure démographique de la population de mérous bruns du sec de Rédérès. (a) : en mai ; (b) : début juin ; (c) : fin juillet. / Demographic structure of the dusky grouper population on the Sec de Rédérès. (a): In May; (b): Beginning of June; (c): End of July.

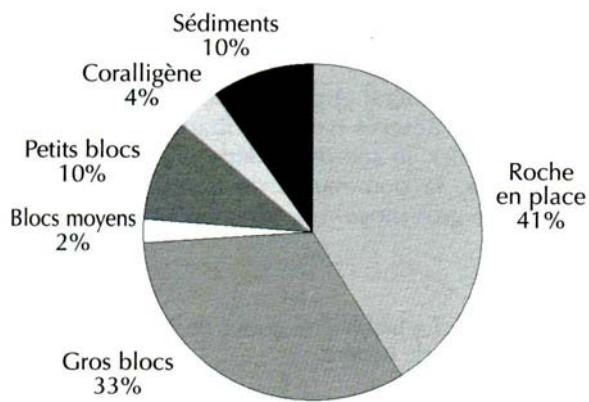


Figure 3 - Habitat général du mérou brun sur le sec de Rédérès : fréquence des différents substrats. / General habitat of the dusky grouper on the Sec de Rédérès: frequency of the different substrates.

On peut de moins en moins déterminer le gîte des individus de l'espèce *Epinephelus marginatus* vu la variation de son comportement à l'approche de la saison de reproduction avec l'augmentation de température et de visibilité. Sur le total des transects réalisés sur le sec, 34% des mérous se réfugient ou se trouvent dans leur gîte en mai, 15% en juin et 6% en juillet. En effet, on constate une nette variation de leur comportement avec la saison.

Modifications comportementales

Localisation des individus selon la saison (figure 5)

En mai, sur l'ensemble de la population, un quart des mérous sont dans leur trou, un quart fuient dans leur gîte et la moitié seulement sont en pleine eau. Les mérous de petite taille se trouvent souvent dans leur trou.

En juin, les individus sont pour la plupart (70%) rencontrés en pleine eau suite à la hausse des températures marines. Les juvéniles, plus craintifs, sont le plus fréquemment au gîte par rapport aux gros individus qui ne le sont jamais.

En juillet, la pleine période de reproduction provoque la sortie de la quasi-totalité des individus en pleine eau (95%). La fuite dans le gîte ne concerne que les individus de petite taille.

Les mérous bruns sortent progressivement de leur refuge avec l'augmentation de température et de visibilité pour se regrouper en pleine eau.

Comportement vis-à-vis du plongeur (figure 6)

Au printemps, la fuite est d'autant plus rapide que le mérou est de petite taille. Progressivement, la fuite lente devient le comportement vis-à-vis du plongeur adopté par la majorité des mérous bruns. Les petits fuient plus souvent rapidement par rapport aux gros, plus indifférents à la présence de plongeurs. En juillet, *Epinephelus marginatus* est beaucoup moins craintif vis-à-vis du plongeur: la majorité des individus de moyenne et de grosse tailles sont indifférents, les petits sont toujours les plus fuyants. Cependant quelques-uns sont curieux, voire attirés par l'homme.

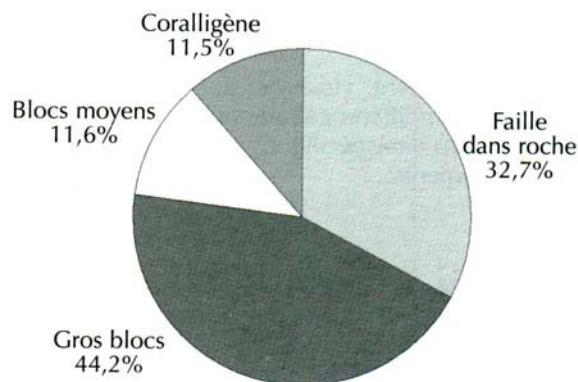


Figure 4 - Substrats occupés en guise de gîte par *Epinephelus marginatus*. / Substrates occupied as shelter by *Epinephelus marginatus*.

Évolutions des interactions intraspécifiques

En mai, les interactions intraspécifiques sont infimes ou quasiment nulles (aucun rassemblement, aucune relation sociale de hiérarchie, d'agression, de dominance/soumission, de poursuite, ...) ; la population à faible effectif est dispersée. Les individus, quelle que soit leur taille, présentent des livrées standards, classiques de la période non reproductrice : marbrée, sombre uniforme ou sombre à 3 taches dorsales.

Progressivement, la sortie des mérous bruns de leur gîte et les regroupements en pleine eau dans des zones plus superficielles s'intensifient avec l'augmentation de température. Ainsi les relations intraspécifiques sont fréquentes et facilement observables. *Epinephelus marginatus* communique essentiellement visuellement par l'intermédiaire de ses patrons de coloration et de ses postures (Louisy, 1997).

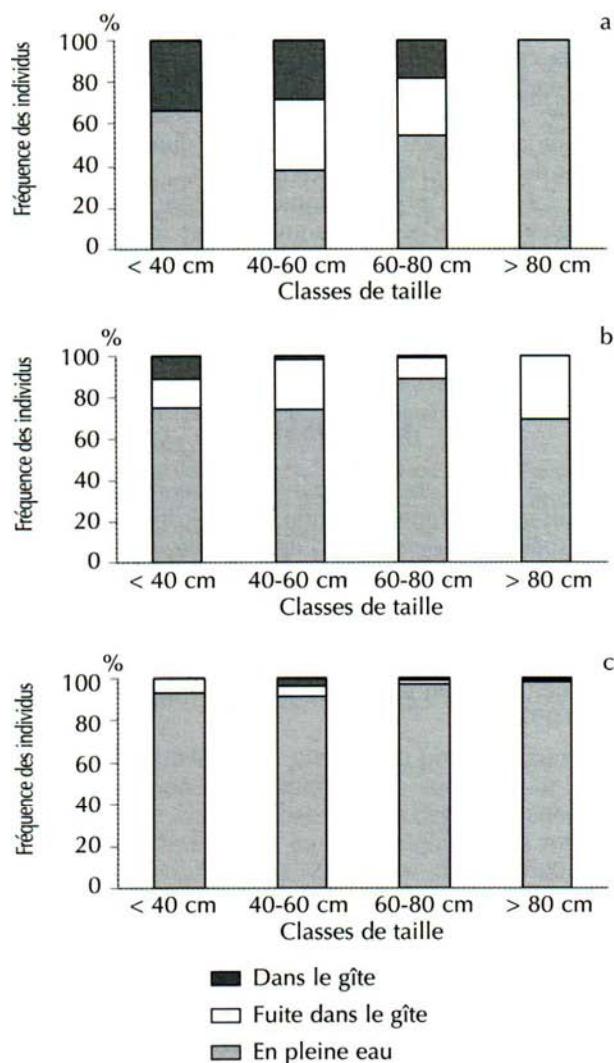


Figure 5 - Évolution saisonnière de la localisation des mérous bruns par classe de taille. (a) : en mai; (b) : début juin ; (c) : fin juillet. / Seasonal evolution of dusky grouper location according to size class. (a): In May; (b): Beginning of June; (c): End of July.

Dès le mois de juin, les premières parades sexuelles de mâles à la livrée à stries argentées avec les femelles étaient observées. Elles se sont progressivement multipliées en juillet.

L'agressivité entre mâles était constante, voire croissante au cours de l'été; les poursuites très rapides pour la défense du territoire et des femelles convoitées sont fréquentes. De rares combats peuvent survenir, les deux individus opposés se mordant la gueule de face.

Par ailleurs, une hiérarchie sociale existe entre les femelles selon leur taille. Les plus âgées, et donc les plus grosses, dominent les femelles juvéniles et les mûres de plus petite taille. La livrée claire à stries sombres est toujours adoptée par le mérou brun poursuivi par le dominant qui présente la livrée sombre à trois taches dorsales. L'approche agressive de face induit une posture de soumission sur le flanc

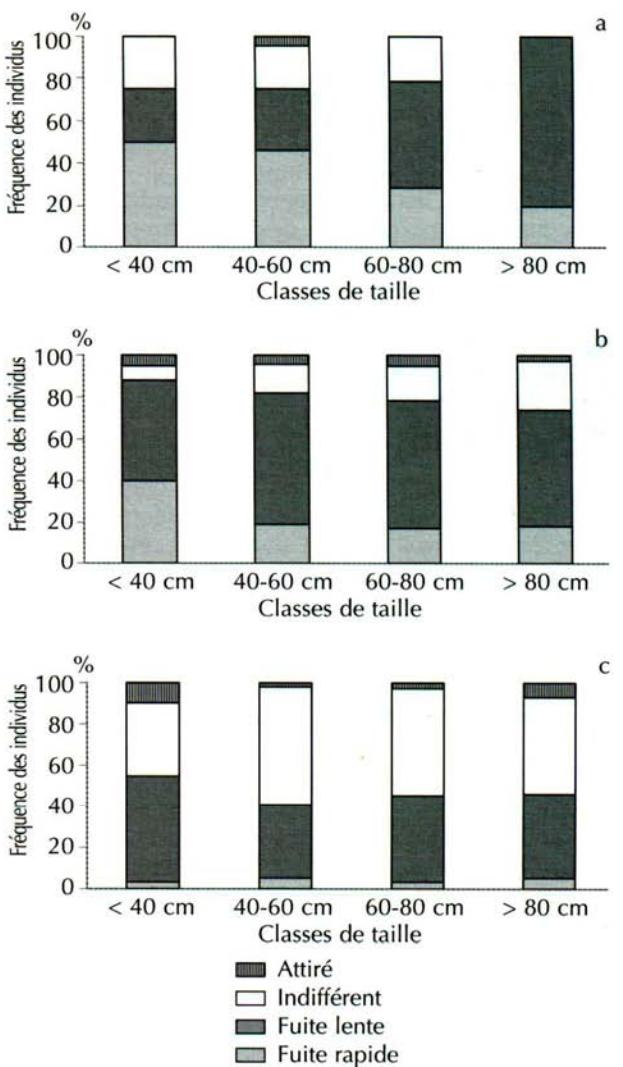


Figure 6 - Modifications comportementales du mérou brun vis-à-vis du plongeur par classe de taille, avec la saison. (a): en mai ; (b): début juin ; (c): fin juillet. / Dusky grouper behaviour changes towards divers according size class, with season. a: in May; (b): Beginning of June; c: End of July.

et un mouvement d'esquive par le plus faible. Des coups de museau dans les flancs peuvent survenir lorsqu'un des 2 adversaires qui dresse l'épine dorsale ne veut pas céder. Deux individus se mesurent et confirment leur niveau de dominance au cours d'une parade circulaire où les deux adversaires inclinent le dos l'un vers l'autre.

Pourquoi ce rassemblement sur le sec de Rédéris ?

L'augmentation de température (figure 7)

Le fort gradient de température qui se met en place entre le début du mois de mai et le mois de juillet (14°C à 22°C) provoque la reprise de l'activité du mérou brun après sa vie hivernale. Le coefficient de corrélation entre le nombre de mérous et la température, sur l'ensemble de la période d'étude, est fort (0,9). Le recrutement estival de la population semble directement lié à ce facteur abiotique.

Regroupements à but reproducteur

Les rassemblements sont plus fréquents et de plus grande importance l'été avec l'observation de 28 individus dans le même champ de vision !

Les femelles présentent des gros ventres témoignant du déclenchement de l'ovulation et se concentrent dans la zone des 10 mètres, prêtes à parader avec l'un des 8 mâles reproducteurs présents sur le sec de Rédéris.

Ceux-ci présentent une livrée à stries argentées typique d'une activité reproductrice. Les mâles s'approchent rapidement des femelles qui gardent une livrée marbrée standard ou claire, et paradent latéralement, en donnant d'énergiques coups de queue, autour de la femelle qui fuit plus ou moins rapidement. Cette nage latérale ondulante du corps argenté occasionne des flashes de lumière orientés vers la femelle et doit avoir un effet attractif sur celle-ci.

Ces parades sexuelles et ces interactions contribuent à la mise en place d'un contexte social nécessaire à une reproduction. Malgré cette activité sexuelle préparatoire, la ponte n'a pas été observée au mois d'août lors de plongées crépusculaires, à la

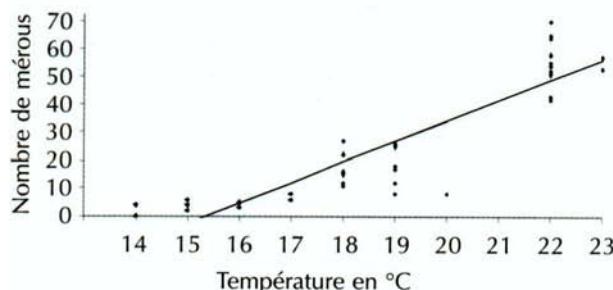


Figure 7 - Corrélation entre le nombre de mérous et la température pour la période allant de mai à la fin juillet. / Correlation between the number of grouper and the temperature for the period going from May to the end of July.

nouvelle lune (paramètre sélectionné par l'espèce pour diminuer la prédation des oeufs) (Zabala *et al.*, 1997a). Quelques jours après, les femelles présentent des abdomens nettement moins gros. La ponte a-t-elle eu lieu à notre insu ? Ou les oeufs ont-ils dégénéré *in situ* faute de conditions favorables ? Car en effet, une mauvaise météorologie avec des vents forts pendant la semaine sans lune a provoqué le mélange des eaux et la disparition de la thermocline, ainsi qu'une chute de la température à 20°C. Ceci expliquerait l'absence de ponte, les conditions nécessaires à l'émission des oeufs et à la survie des larves n'étant plus favorables.

Comparaison des autres stations de la Réserve marine de Cerbère-Banyuls-sur-Mer

Le cap Rédéris, bien que situé dans la réserve intégrale compte relativement peu d'individus du fait de sa topographie pauvre car essentiellement sédimentaire avec de très rares blocs rocheux (tableau III).

On dénombre en juillet une quinzaine d'individus, en majorité de petite taille, qui semblent avoir été rejetés à la périphérie du sec de Rédéris par les adultes reproducteurs. En effet, la structure démographique estivale du cap Rédéris diffère notablement de celle du sec (figure 8).

Au cap l'Abeille, dans la réserve partielle où les filets de pêche sont nombreux et les plongeurs fréquents toute l'année, les mérous sont absents au printemps et rares l'été, isolés en profondeur dans le coralligène. De taille moyenne, ces individus craintifs sont souvent au gîte et présentent des livrées marbrées standards.

DISCUSSION

À l'approche de la période de reproduction, se traduisant par l'augmentation estivale de la température marine, la densité de l'espèce *Epinephelus marginatus* s'accroît fortement sur le sec de Rédéris. Cette observation est similaire à celle constatée dans la Réserve marine des îles Medes en Espagne entre la mi-avril et la fin du mois de juin 1995 avec une nette augmentation de la densité des individus (Zabala *et al.*, 1997b).

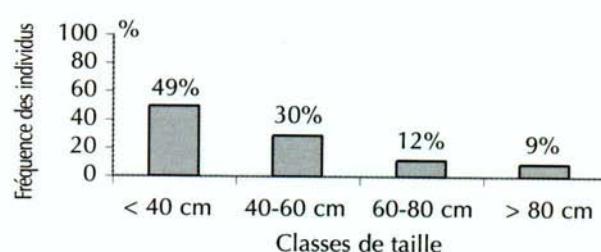


Figure 8 - Structure démographique de la population de mérous bruns du cap Rédéris en été / Demographic structure of the dusky grouper population at the Cap de Rédéris in Summer.

Tableau III - Fréquence d'*Epinephelus marginatus* dans d'autres stations de la réserve. / Epinephelus marginatus frequency in the other sampling sites of the marine reserve.

	Cap Rédérès		Cap l'Abeille	
	Mai	Juillet	Mai	Juillet
Nombre moyen de mérous	2,2 ± 1,9	9 ± 6,5	0	1,8 ± 1,4
Fréquence de rencontre	19%	54%	0%	15,5%
Densité / transect	0,3 ± 0,2	0,9 ± 0,5	0	0,2 ± 0,1
Nombre maximum de mérous	4	15	0	3

Les mérous bruns quittent leur gîte hivernal situé généralement en profondeur et migrent pour se concentrer sur le sec de Rédérès. L'effectif de la population est décuplé de mai à juillet. Les rassemblements de deux individus en mai atteignent 28 individus sur la zone du plateau rocheux du sec à 10-11 mètres de profondeur en juillet.

La structure démographique estivale de la population est complète avec 16% de femelles juvéniles, 71 % de femelles matures et 13% de mâles. Durant l'été 1995 aux îles Medes, toutes les classes de taille étaient représentées avec une nette dominance des petits individus, c'est-à-dire des femelles (Zabala *et al.*, 1997b). Ce qui n'était pas le cas de la population de mérous du Parc national de Port-Cros en 1988 avec un plus grand nombre de gros individus (>85 cm) que de moyens (>60 cm) et de petits (Chauvet, Francour, 1989).

La sex-ratio est de 1 mâle territorial pour 5,5 femelles matures sur le sec de Rédérès ; elle est de 1 pour 7 aux îles Medes (Zabala *et al.*, 1997b).

La population de mérous bruns localisée sur le sec est estimée (puisque aucun marquage ni aucune reconnaissance individuelle n'ont été réalisés) à une cinquantaine d'individus. Cela constitue une importante concentration de mérous bruns en comparaison avec d'autres zones recensées couvrant une plus grande surface ; 106 mérous dénombrés à Port-Cros en 1996 (Louisy, 1997) et un maximum de 109 individus en août 1995 aux îles Medes (Zabala *et al.*, 1997b).

Les individus, en pleine eau pour la majorité, deviennent peu à peu indifférents au plongeur ; ce qui concorde avec les observations des îles Medes où les mérous devenaient moins craintifs voire même attirés par les plongeurs (Zabala *et al.*, 1997b) ; ou avec celles des mérous de Port-Cros, ceux-ci adoptant une distance d'approche plus faible et une fuite plus lente par rapport aux plongeurs en période estivale (Chauvet, Francour, 1989).

Les interactions agonistiques, à caractère sexuel ou non, deviennent très fréquentes. Une activité reproductrice a réellement lieu dans cette zone de la Réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls-sur-Mer qu'est le sec de Rédérès avec l'observation de parades sexuelles de mâles au patron de coloration à stries argentées avec de nombreuses femelles présentant un gros ventre. Des

signes de comportement reproducteur avaient déjà été notés dans d'autres zones de la mer Méditerranée nord-occidentale notamment dans le Parc national de Port-Cros, dans la Réserve des Lavezzi (Zabala *et al.*, 1997b), ainsi qu'aux îles Medes où la ponte avait été observée (Zabala *et al.*, 1997a).

CONCLUSION

La population de mérous bruns de la Réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls-sur-Mer compte environ 70 individus qui se concentrent essentiellement sur le sec de Rédérès situé dans la zone de protection intégrale. De par son éloignement de la côte (300 m du bord), ce site bénéficie d'un renouvellement constant de ses eaux en matières organiques, nécessaires à la base des chaînes trophiques. De par sa grande richesse biologique et sa topographie rocheuse, le sec s'est avéré être un site de prédilection pour ce grand prédateur de l'écosystème littoral.

La création de zones à protection renforcée contribue fortement à l'établissement d'une population d'*Epinephelus marginatus* suffisamment abondante et avec une structure démographique complète, permettant ainsi la mise en place d'un contexte social nécessaire à une activité reproductive.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier Jean-Louis Binche, directeur de la Réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls-sur-Mer, ainsi que André Cazeilles pour leur accueil et leur soutien logistique. De sincères remerciements pour le Professeur Jean-Pierre Quignard, Patrick Louisy, Patrick Lelong, ainsi que Serge Planes pour leurs conseils et leurs suggestions lors de cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

- Athias-Binche F., 1996 - Programme NATMAR 1992/1996, *Rapport final : Impact d'une réserve naturelle marine sur les zones périphériques - Domaine public maritime et littoro-bathyal*. Réserve marine de Cerbère-Banyuls/mer - Ministère de l'environnement - Conseil général des Pyrénées-Orientales : 27 pp. + annexes.

- Chauvet C., 1988 - Etude de la croissance du mérou *Epinephelus guaza* (Linné, 1758) des côtes tunisiennes. *Aquat. Living Resour.*, **1** (4) : 277-288.
- Chauvet C., P. Francour, 1989 - Les mérous *Epinephelus guaza* du Parc National de Port-Cros (France) : Aspects socio-démographiques. *Bull. Soc. zool. Fr.*, **114** (4) : 5-13.
- Chauvet C., G. Barnabé, J. Bayle Sempere, C.H. Bianconi, J.L. Binche, P. Francour, A. Garcia Rubies, J.G. Harmelin, R. Miniconi, A. Pais, P. Robert, 1991 - Recensement du mérou *Epinephelus guaza* (Linnaeus, 1758) dans les réserves et parcs marins des côtes méditerranéennes françaises. In : *Les espèces marines à protéger en Méditerranée*. C.F. Boudouresque, M. Avon, V. Gravez (eds), GIS Posidone Publ., Marseille, pp : 277-290.
- G.E.M., 1996 - *Le mérou brun en Méditerranée*. Hyères, France, 27 pp.
- 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** : 47-53.
- Harmelin-Vivien M., J.G. Harmelin, C. Chauvet, C. Duval, R. Galzin, P. Lejeune, G. Barnabé, F. Blanc, R. Chevalier, J. Duclerc, G. Lasserre, 1985 - Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons : méthodes et problèmes. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, **40** : 467-539.
- Louisy P., 1996 - Principaux patrons de coloration du mérou brun de Méditerranée *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces : Serranidae) en période d'activité reproductive. *Rev. fr. Aquariol.*, **23** (1-2) : 21-32.
- Louisy P., 1997 - *Le mérou*. BT, magazine documentaire **1087**, Publ. Ecole Moderne Française, Mouans-Sartoux, 48 pp.
- Zabala M., A. Garcia-Rubies, P. Louisy, E. Sala, 1997a - Spawning behaviour of the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Sci. mar.*, **61** (1) : 65-77.
- Zabala, M., P. Louisy, A. Garcia-Rubies, V. Gracia, 1997b - Socio-behavioural context of reproduction in the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Sci. mar.*, **61** (1) : 79-98.
- Zar J.H., 1984 - *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliff, New Jersey, 718 pp.

Reçu en novembre 1998 ; accepté en mars 2000.

Received November 1998; accepted March 2000.

Observations on the spawning behaviour of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) in the North of Corsica (France)

Observations du comportement reproducteur du mérou brun Epinephelus marginatus (Lowe, 1834) dans le nord de la Corse (France)

Corinne Pelaprat

STARESO, pointe de la Revellata, BP 33 - 20260 Calvi, France

Key-words: *Epinephelus marginatus, Mediterranean Sea, behaviour, reproduction, spawning.*

Mots clés : *Epinephelus marginatus, mer Méditerranée, comportement, reproduction, ponte.*

ABSTRACT

Pelaprat C., 1999 - *Observations on the spawning behaviour of the dusky grouper Epinephelus marginatus (Lowe, 1834) in the North of Corsica (France).* Mar. Life, 9 (1) : 59-65.

Both our observations and the observations of sport-divers have shown, in the last ten years, an increase in grouper density at the Punta Revellata site near the fishing reserve of Calvi, especially for small individuals (5-30 cm long). From late June to late August 1997 and 1998, gatherings of about 20 individuals were observed there, even though the site is frequently visited by scuba divers and spear-fishermen. The individuals were gathered between 8 and 30 m of depth over an area of about 400 m². Among these individuals, 12 individuals have been clearly identified by morphological characteristics. Swimming activity, site occupation and socio-behavioural trends have been monitored by visual census surveys. Only one dominant male has been observed at the site, identified by the silver streaked colour pattern characteristic of reproductive activity. Courtship activities have been observed from 08:00 to 09:30 and from 18:00 to 21:00. Despite the changes in the groupers' behaviour due to human presence, spawning events have been observed at sunset, on 02/08/98 and 04/08/98, for the first time in Northern Corsica and outside a marine protected area.

RÉSUMÉ

Pelaprat C., 1999 - [Observations du comportement reproducteur du mérou brun Epinephelus marginatus (Lowe, 1834) dans le nord de la Corse (France)]. Mar. Life, 9 (1) : 59-65.

Les observations des nombreux plongeurs cumulées aux nôtres, ont montré depuis dix ans sur le site de la Punta Revellata à proximité du cantonnement de pêche de Calvi, une augmentation de la densité de mérous, principalement des petits individus (5-30 cm). Au cours des années 1997 et 1998, de fin juin à fin août, des rassemblements d'environ 20 individus ont été observés sur ce site très fréquenté par les plongeurs et chasseurs sous-marins. Les individus étaient rassemblés entre 8 et 30 mètres de profondeur sur une surface d'environ 400 m². Douze des plus grands individus ont été identifiés par des caractéristiques morphologiques. Leurs comportements sociaux, les trajets, l'occupation des sites ont été surveillés et répertoriés en plongée sous-marine. Un seul mâle à été observé sur le site, repéré principalement par sa livrée argentée, caractéristique d'une activité reproductrice. Des parades nuptiales ont été observées de 8h à 9h30 et de 18h à 21h. Malgré les changements comportementaux induits par la présence humaine, pour la première fois dans le nord de la Corse et en dehors d'une zone protégée, deux pontes ont été observées au coucher du soleil le 02 et le 04/08/98.

INTRODUCTION

The dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) is certainly for spear-fishermen and scuba divers the most popular of littoral fishes along Mediterranean coasts. After a severe reduction of NW

Mediterranean stocks in the past decades, marine protected areas are now the only places where grouper can be seen in relatively high densities (Gracia, 1996; Zabala et al., 1997a, 1997b). For several authors (Harmelin, Robert, 1992; GEM, 1993) intensive spear-fishing is one of the most important causes

of this decline in grouper density. Today *E. marginatus* is protected, and the spear-fishing of this species is banned throughout French coastal waters.

Reproduction of *E. marginatus* was thought to occur only south of 41.5° north (Chauvet, Francour, 1989), but recent sightings of young grouper (less than 10 cm long) and the observations of reproductive behaviour along the Northern Mediterranean coasts in Spain and France over the last five years (Harmelin, Robert, 1992; Lelong, 1993; Zabala *et al.*, 1997a, 1997b; Francour, Ganteaume, 1999), raise the possibility that reproduction now occurs on these coasts. This hypothesis was confirmed by direct observations of actual spawning in the Medes Island Marine Reserve (Zabala *et al.*, 1997a).

At Punta Revellata, in Northern Corsica, both our observations and those of other divers show a regular increase of the dusky grouper population over the last five to ten years, especially of small individuals (about 10-30 cm TL). This study concerns the group of dusky grouper which has gathered at the Punta Revellata site during the reproduction period since 1997.

MATERIAL AND METHODS

Observations were carried out at the site known as Punta Revellata near the fishing reserve of Calvi in Corsica which is well known for the large numbers of fishes. The grouper have been observed in an area of about 400 m², between 8 and 30 m of depth. The bottom topography is characterised by a mix of boulders and several narrow valleys between steep rocky slopes. The shallow waters reach the highest temperature in August (up to 25°C), and the lowest in February-March (down to 12.5°C). This site is frequently visited by scuba divers and spear-fishermen, especially during the tourist season (150 to 200 divers per day). All individuals of the dusky grouper assemblage observed showed signs of fear, especially the larger individuals. Nevertheless a solitary diver can with care approach some of them to within 5 m.

Table I - Proportions (%) of each size class of dusky grouper for the different Colour Patterns observed during the observation period. According to the CP described by Louisy (1996). / Proportions (%) de chaque classes de taille de mérou brun pour les différentes livrées (CP) observées durant la période d'étude. Livrées décrites par Louisy (1996).

Colour patterns	Size classes (cm)					
	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	80 - 90
Standard mottled (CP 1)	21.7	15.9	23.2	24.6	14.5	-
Dark with three blotches (CP 2)	-	-	33.3	46.7	20.0	-
Uniformly dark (CP 3)	-	-	-	-	100.0	-
Light (CP 4)	-	-	55.5	25.9	18.5	-
Dark streaked light (CP 5)	-	-	54.6	27.3	18.2	-
Silver streaked (CP 6)	-	-	-	-	-	100.0
Basic male (CP 7)	-	-	-	-	-	100.0
Light male (CP 8)	-	-	-	-	-	100.0
Rounded abdomen	-	-	-	50.0	50.0	-

A group of about twenty individuals has been observed gathering in the same area in 1997 and 1998 during the reproduction period. Focal observations on the behaviour of single individuals were made from late June to late August 1998. Swimming activity, site occupation and socio-behavioural trends were monitored by visual census surveys. At each dive the observer always followed the same itinerary, visiting each identified home range. For each grouper encountered, size, site, depth and colour pattern were noted. The sizes observed were between 20 and 85 cm, which were then divided into height classes (<20; 21-30; 31-40; 41-50; 50-60; 60-70; 70-80; 80-90). To identify the main colour patterns of *E. marginatus* during the reproductive activities, we have used the same code as that described by Louisy (1996) with eight different types. The depth was taken by a dive computer.

Each dive was made by only one observer. From late May to late October nineteen dives were made between 08:00 and 09:00 in the morning, nine between 20:00 and 21:00 in order to avoid the presence of other divers and in order to observe natural grouper behaviour. Three dives were carried out between 15:00 and 16:00 in the presence of many other divers at the site in order to verify changes in grouper behaviour patterns.

RESULTS

Spawning aggregation of the dusky grouper

From late May to late August 1998, about 20 individuals were observed at the Punta Revellata site (figure 1), within an area of about 400 m². The group observed was characterised (figure 2) by the lack of old individuals (specimens smaller than 40 cm represented 45% of the group) and the presence of only one dominant male (80-90 cm) identified by morphological characteristics and the silver streaked colour pattern, CP 6 (Zabala *et al.*, 1997b).

Individuals observed were distributed at 9 different sites between 8 and 30 m depth (table I). The

Table II - Percentage of site occupation for the twelve grouper identified by their morphological characteristics during the period of this study (from May to October 1998). / Pourcentage d'occupation des sites durant la période d'étude (de mai à octobre 1998) pour chacun des 12 individus identifiés par des caractéristiques morphologiques.

Individuals size classes	A 30-40	B 30-40	C 40-50	D 40-50	E 50-60	F 50-60	G 50-60	H 60-70	I 60-70	J 60-70	K 60-70	L 80-90
Depth	Site											
8-10 m	1				20		10	36	50			18.6
10-15 m	2	33	44.5	40				9			33	9
10-15 m	3		11			60	40	36				16.2
15-20 m	4				50			9				2.3
20-25 m	5	17	44.5	20	20				50		22.3	11.6
20-25 m	6					20	20	9				16.2
20-25 m	7					20	20			50	50	18.6
20-25 m	8	50			40	10					22.3	2.3
25-30 m	9						10				22.3	4.7

biggest gathering of grouper was observed during the beginning of July (figure 1), with a maximum of 9 individuals at only one site (about 25 m², 5 of which were larger than 40 cm). From May to July the number of grouper larger than 40 cm observed during each dive increased gradually before it decreased in August (figure 3). During some dives carried out in November we observed no courtship behaviour, since the male had disappeared; only tree individuals of size classes 30-40 cm were observed.

The small individuals (< 40 cm long) were always observed with the CP 1 colour pattern. This

colour pattern and the colour pattern with three blotches (CP 2) were observed for all individuals larger than 40 cm. CP 5, the dark streaked light colour pattern, was mainly observed (from the 25/06/98), in the size class 40-50 cm. Typical of these individuals was the fact that they remained solitarily 50 cm above the bottom. We were unable to link this solitary behaviour to this particular colour pattern. CP 4 appeared the first time on the 16/05/98 and as for CP 5, was observed only for individuals larger than 40 cm. All these observations are summarised in the table II.

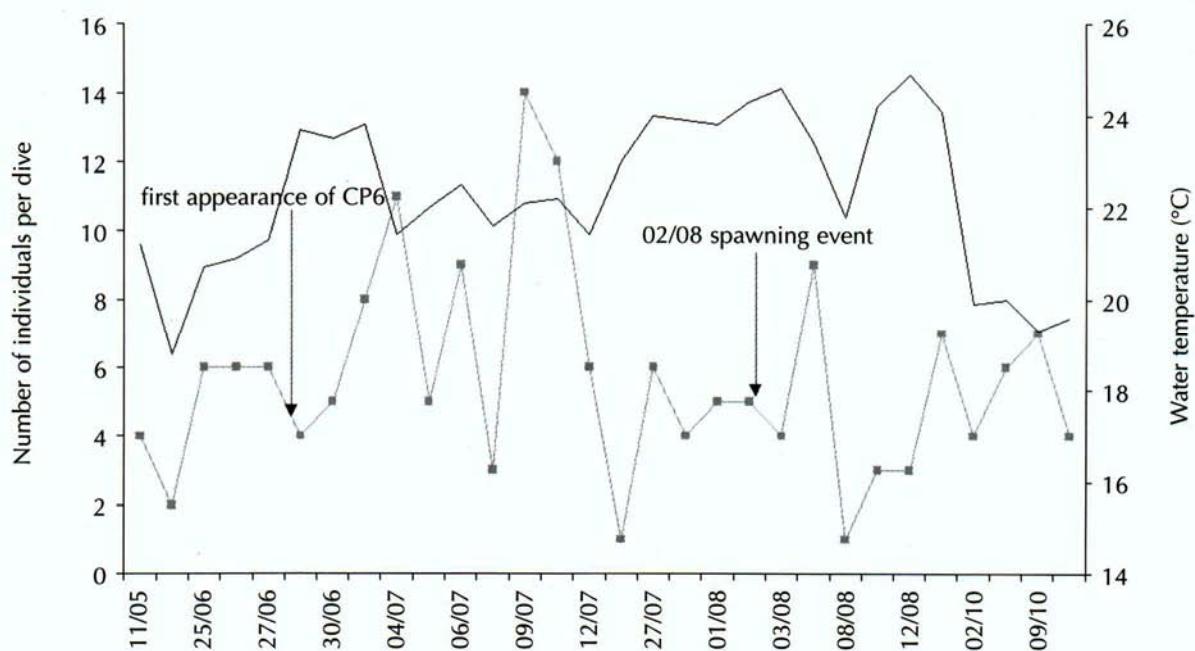


Figure 1 - Number of individuals (■) observed for each dive - water temperature (°C) noted at each dive (-3 m of depth, from May to October 1998). / Nombre d'individus (■) observés à chaque plongée - Température de l'eau relevée à chaque plongée (à -3 m de profondeur, de mai à octobre 1998).

Courtship behaviour

The male (80-90 cm) which appeared at the beginning of June took the bright silver colour pattern (CP 6), characteristic of the reproductive activity, only at the end of the month (figure 1). From the 29 June to the beginning of October, the male exhibited intense courting activity. Females were dispersed at different sites, each of them within their home range (except when a diver or the male came to disturb it). The male visited all sites in order to try to find a

receptive female. This difference in frequency of visits between the male and the females appear clearly in the table II; whereas the female visited three or four sites during the entire period of this study, the male was observed at all sites during the reproductive period. When the male found a receptive female, it placed itself above its mate, approaching it from behind. Then flapping its tail, it tilted sideways to an almost horizontal position. After that the male pursued the receptive female across different sites until it

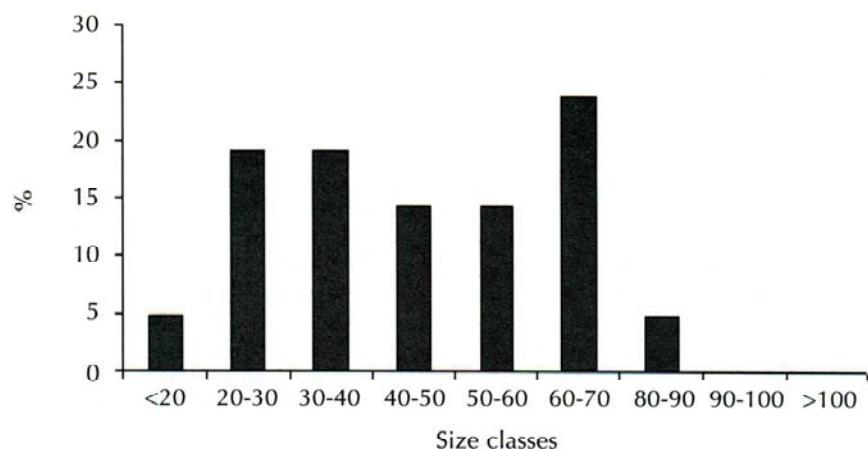


Figure 2 - Demographic structure of the grouper assemblage observed at the Punta Revellata site during the entire period of this study (from May to October 1998). / Structure démographique de la population de mérous observée sur le site de la Punta Revellata pour toute la période d'étude (de mai à octobre 1998).

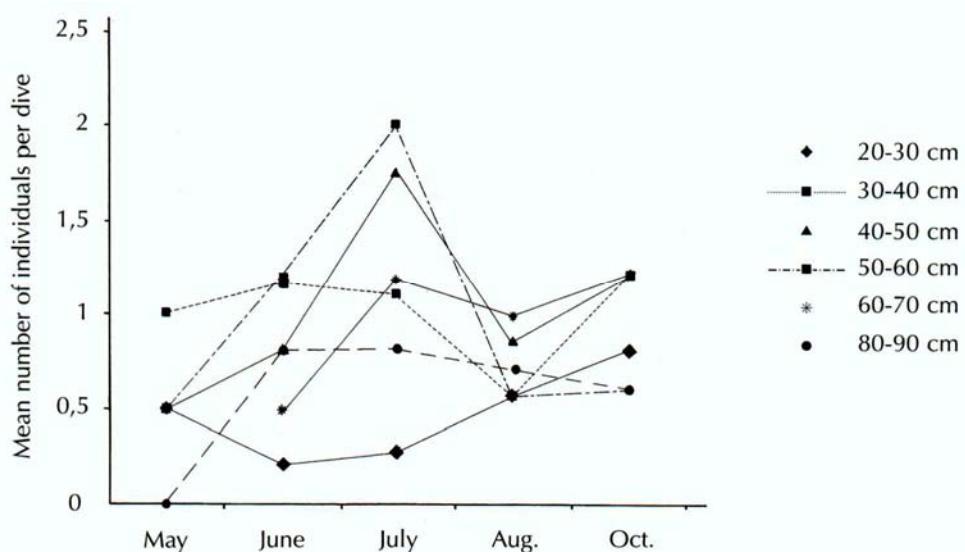


Figure 3 - Progression patterns of dusky grouper numbers observed per dive for each size class from May to October 1998. / Évolution du nombre de mérous observés par plongée pour chaque classe de taille de mai à octobre 1998.

found another female and then started again (the females involved are always larger than 40-50 cm). During this behaviour the male kept the bright silver CP 6 (Zabala *et al.*, 1997b) while the female shows CP 1 or 2. This behaviour, already observed in July and August 1997, was only observed after 18:00 and in the morning until 09:00.

Occurrence of spawning

Among the fishes observed, only 12 individuals were identified by their individual morphological characteristics, which made it possible to study them.

From 31/07/98 the male remained within a smaller area (Site 7) than before at a depth of 25-27 m and seemed to be less active during daytime. But on 02/08/98 and 04/08/98 a spawning event was observed at sunset (21:00) within this small area (concerning only two individuals; thermocline deeper than 30 m). During the entire spawning there were no changes of the colour pattern, the male kept the bright silver CP 6 and the female the standard CP 1.

We observed the male turning around a female of 50-60 cm (female E on 02/08 and F on 04/08, table I), performing rapid small gyres (5-7 m of diameter, counterclockwise). After two circles the male approached the female with the usual caudal flapping. They described two circles together and ascended in parallel, belly to belly, to 6-7 m above the bottom. After this ascent both individuals stayed there, side by side for 30 seconds above the bottom, then separated and came back to the bottom. They resumed this procedure three times, each time remaining longer at the top of the ascent. Actual spawning occurs after these three false rises. Both the individuals ascent once more, but this time with a frenetic acceleration to about 10 m above the bottom. At the top of the ascent there was an immediate separation of the pair, each mate returning to the bottom. At the top of this last ascent, the gamete release was not observed, but was confirmed by the rapid arrival of some *Oblada melanura* at the top of the ascent. This predatory behaviour of saddled breams on eggs just after their release has already been observed in the Medes island (Zabala *et al.*, 1997a).

It is important to note that during this period of actual spawning the water temperature was at its maximum (figure 1).

Human influence on reproductive behaviour

Scuba divers and spear-fishermen frequently visit the Punta Revellata site from the beginning of July to the end of August. Until the end of June, 80% of the individuals observed were spread over sites between 8 and 15 m depth (figure 4) and were relatively easy to observe. But during the tourist season (July-August), individuals went deeper (20-30 m), and only 47% of individuals were observed between 8 and 15 m depth. At 09:00 corresponding to the divers' arrival, the male grouper stopped all reproductive behaviours and some individuals were observed taking refuge within the reserve.

Another change of behaviour observed was the stopping during the spawning event of any activity of the female in order to observe the diver, when he was not discreet enough.

DISCUSSION

Observations of courtship behaviour as well as the increase of dusky grouper density, especially for individuals of 1 or 2 years old (5-10 cm long), are more and more frequent in various marine-reserves of the North-Western Mediterranean sea (Chauvet, Francour, 1989; Chauvet, 1991; Harmelin, Robert, 1992; GEM, 1993; Lelong, 1993; Garcia Rubies, Zabala, 1994; Louisy, 1996; Zabala *et al.*, 1997b; Francour, Ganteaume, 1999). Even though we lack precise data at the Punta Revellata site, it is obvious that grouper density has also increased over the last five years (divers and personal observations). This increase of the dusky grouper density in the Northern Mediterranean sea is probably due to three phenomena: the protection of the dusky grouper by the creation of several marine reserves, the ban on spearfishing on French coasts for the past few years and finally the increase of the water temperature in recent years (Lelong, 1993).

But all these observations do not in themselves prove that actual reproduction occurs in these areas, because the juveniles observed at these sites could have arrived after larval transportation and because courtship behaviour could be observed without actual spawning (false rises). The few direct proofs of reproductive activity on the Northern Mediterranean coasts are spawning observations in which gametes were clearly observed in the Medes Island Marine Reserve (Zabala *et al.*, 1997a). This paper provides a

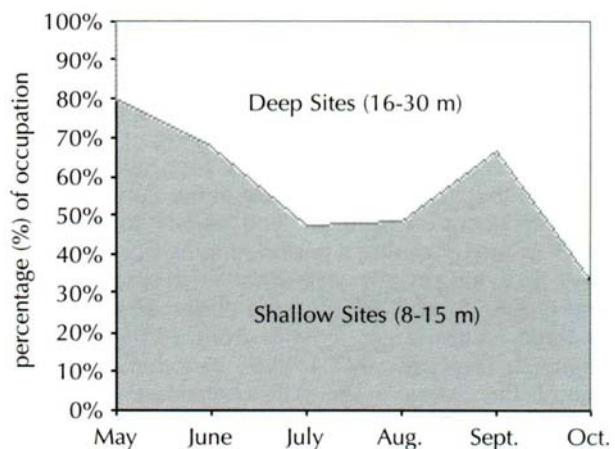


Figure 4 - Percentage of deep and shallow site occupation by all individuals observed during the entire study period (from May to October 1998). / Pourcentage d'occupation des sites profonds et superficiels par l'ensemble des individus observés durant toute la période d'étude (de mai à octobre 1998).

supplementary proof. Furthermore the observations were made for the first time outside a protected area.

The most important parameter to explain the grouper gatherings on the Punta Revellata, is certainly the cape effect observed at this site (confirmed by a large quantity of fishes). Grouper probably find at this site a quantity of food and a topography which suit them. The topography of the Punta Revellata site seems to be similar to those observed for the grouper gatherings within the Cerbère-Banyuls and Medes Island marine reserves (Zabala *et al.*, 1997b). But in contrast to these protected areas, human presence has led to deeper distribution of the home range of grouper. Moreover the Punta Revellata site is situated near the fishing reserve of Calvi, and the possibility of taking refuge within the reserve to escape divers and spear-fishermen is probably an additional explanation for the grouper gatherings at this site.

As for tropical grouper species, the reproduction of the dusky grouper *E. marginatus* occurs inside polygynic systems (Zabala *et al.*, 1997a, 1997b). If reproduction behaviour was not previously observed at Punta Revellata site, despite grouper gatherings, it was certainly because individuals were much too young for sexual reversion. So in agreement with various authors (Gracia, 1996), this study confirms that in natural conditions, sexual reversion is not possible before fishes reach the size of 80-90 cm long corresponding to individuals 14-17 years old (Bruslé, Bruslé, 1976; Bruslé, 1985; Chauvet, 1991; Gracia, 1996).

As for the other studies on the reproduction of the dusky grouper (GEM, 1993; Louisy, 1996; Zabala *et al.*, 1997a, 1997b), the reproduction period is characterised intensive courtship activity of the male during several month. This period (from June to late October in 1997 and 1998), seems to be the same in the majority of studies (Zabala *et al.*, 1997a; Hereu, personal communication).

Nobody has really any idea of the exact duration of the period of actual spawning in the Northern Mediterranean sea. Nevertheless, certain observations within the Medes Island Marine reserve suggest that spawning occurs at sunset during a period of about 10 days at the beginning of August (Zabala, personal communication). Several facts allow us to suppose that actual reproduction at the Punta Revellata site occurred from the end of July to the first week of August during a period ranging from 7 to 15 days. Spawning events were observed at sunset on 02 and 04/08/98, and the rounded abdomen observed in three of the larger females from 25/06/98, had begun to disappear by 01/08/98. Another essential point is the change in the male's behaviour observed from the end of July to the first week of August. It remains within its home range and it decreases its activity during the daytime. Even though the spawning period seems to occur between July and August, as all observations mentioned for the Northern Mediterranean sea are of a sporadic nature (Louisy, Culoli, 1999), it is not possible to define the precise duration of the spawning period. In addition, other authors have

mentioned longer periods in the Southern Mediterranean sea (Barnabé, 1974; Bouain, 1980; Bruslé, 1985; Chauvet, 1988).

Certain authors thought that, as for some tropical grouper (Colin *et al.*, 1987; Shapiro *et al.*, 1993), the reproduction period was related to the lunar cycle. However, our observations as well as those made on the grouper assemblages of the South of Corsica (Culoli, personal communication) or of the Medes Island marine reserve (Zabala, personal communication) for the years 1997 and 1998 show no relation between these two parameters.

Certain authors (Zabala *et al.*, 1997b) have also observed a particular pattern of distribution of individuals in relation to the thermocline. Since high temperatures favour the maturation of the gonads (Gracia, 1996), females could prefer to stay at the top of the thermocline, while the males could be less sensitive to this parameter and establish their territory deeper. Before the tourist season females at Punta Revellata were also observed at the top of the thermocline with a home range ranging from 8 to 15 m depth. But as we have seen in this study, human presence has led at the Punta Revellata site to a change in individual behaviour, which certainly explains the absence of a direct relation between the distribution of individuals and the thermocline.

This study allows us to confirm the effectiveness of the protection measures for dusky grouper on the French Mediterranean coasts. Reproduction and an increase in dusky grouper density may be observed not only within marine reserves, but also outside protected areas.

ACKNOWLEDGEMENTS

The research was supported in part by funds provided by the Collectivité territoriale de Corse. We also thank the Director of the STARESO for his practical help, and collaborators at the Station for their support.

BIBLIOGRAPHY

- Barnabé G., 1974 - La reproduction du mérou *Epinephelus gigas* : observations préliminaires de terrain. *Aquaculture*, 4 : 363-367.
- Bouain A., 1980 - Sexualité et cycle sexuel des mérous (Poissons, Téléostéens, Serranidés) des côtes du sud tunisien. *Bull. Off. Natn. Pêche, Tunisie*, 4 (2) : 215-229.
- Bruslé J., 1985 - *Exposé synoptique des données biologiques sur les mérous Epinephelus aeneus (Geoffroy Saint Hilaire, 1809) et Epinephelus guaza (Linnaeus, 1758) de l'océan Atlantique et de la Méditerranée*. FAO, Synopsis sur les pêches, 129, 64 pp.
- Bruslé J., S. Bruslé, 1976 - Contribution à l'étude de la reproduction de deux espèces de mérous, *E. aeneus* (G. Saint-Hilaire, 1809) et *E. guaza* (Linnaeus, 1758) des côtes de Tunisie. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 39 (3) : 313-320.
- Chauvet C., 1988 - Etude de la croissance du mérou *Epinephelus guaza* (Linné, 1758) des côtes tunisiennes. *Aquat. Living Resour.*, 1 (4) : 277-288.

- Chauvet C., 1991 - Statut d'*Epinephelus guaza* (Linnaeus, 1758) et éléments de dynamique des populations méditerranéenne et atlantique. In : *Les espèces marines à protéger en Méditerranée*. C.F. Boudouresque, M. Avon, V. Gravez (eds), GIS Posidone Publ., Marseille, pp : 255-275.
- Chauvet C., P. Francour, 1989 - Les mérous *Epinephelus guaza* du Parc National de Port-Cros (France) : Aspects socio-démographiques. *Bull. Soc. zool. Fr.*, **114** (4) : 5-13.
- Colin P.L., D.Y. Shapiro, D. Weiler, 1987 - Aspects of the reproduction of two groupers, *Epinephelus guttatus* and *E. striatus* in West Indies. *Bull. mar. Sci.*, **40** (2) : 220-230.
- Francour P., A. Ganteaume, 1999 - L'arrivée progressive de jeunes mérous (*Epinephelus marginatus*) en Méditerranée nord-occidentale. *Mar. Life*, **9** (1) : 37-45.
- Garcia-Rubies A., M. Zabala, 1994 - Seguiment de la població de meros *Epinephelus marginatus* y d'altres espècies de peixos vulnerables de les Illes Medes. In : *Seguiment temporal de la reserva marina de les illes Medes. Informe anual (Any 1994)*. Informe tècnic per a la Direcció General de Pesca Marítima, Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca, Generalitat de Catalunya, pp : 51-64.
- G.E.M., 1993 - *Inventaire des mérous du Parc National de Port-Cros : Campagne d'octobre 1993, 11-15.10.1993*. Rapport Groupe d'Etude du Mérou, 9 + 6 pp.
- Gracia V., 1996 - *Estudio de la biología y posibilidades de cultivo de diversas especies del género Epinephelus*. Thesis Doctoral unpublished. Universitat de Barcelona, 279 pp.
- Harmelin J.G., P. Robert, 1992 - Mérou brun. Ses origines, sa vie, sa protection. *Océanorama*, **18** : 3-7.
- Lelong P., 1993 - Présence de juvéniles du mérou brun (*Epinephelus guaza*) sur le littoral méditerranéen français. In : *Qualité du milieu marin – Indicateurs biologiques et physicochimiques*. C.F. Boudouresque, M. Avon, C. Pergent-Martini (eds), GIS Posidone Publ., Marseille, pp : 237-242.
- Louisy P., 1996 - Principaux patrons de coloration du mérou brun de Méditerranée *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces : Serranidae) en période d'activité reproductrice. *Rev. fr. Aquariol.*, **23** (1-2) : 21-32.
- Louisy P., J.-M. Culjoli, 1999 - Synthèse des observations sur l'activité reproductrice du mérou brun *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) en Méditerranée nord-occidentale. *Mar. Life*, **9** (1) : 47-57.
- Shapiro D.Y., Y. Sadovy, M.A. Mc Gehee, 1993 - Size, composition and spatial structure of the annual spawning aggregation of the red hind, *Epinephelus guttatus* (Pisces : Serranidae). *Copeia*, **1993**(2) : 399-406.
- Zabala M., A. Garcia-Rubies, P. Louisy, E. Sala, 1997a - Spawning behaviour of the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Sci. mar.*, **61** (1) : 65-77.
- Zabala, M., P. Louisy, A. Garcia-Rubies, V. Gracia, 1997b - Socio-behavioural context of reproduction in the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Sci. mar.*, **61** (1) : 79-98.

Received December 1998; accepted March 2000.

Reçu en décembre 1998; accepté en mars 2000.

Effects of protection on the demographic structure and abundance of *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). Evidence from Cabrera Archipelago National Park (West-central Mediterranean)

Effets de la protection sur la structure démographique et l'abondance d'Epinephelus marginatus (Lowe, 1834). L'exemple du Parc national de l'archipel des îles Cabrera (Méditerranée centre-ouest)

Olga Reñones*, Raquel Goñi*, Miguel Pozo*, Salud Deudero**, Juan Moranta**

*Centro Oceanográfico de Baleares, Instituto Español de Oceanografía,

Apdo. 291, E-07080 Palma de Mallorca, Spain - e-mail: olga.renones@ba.ieo.es

**CSIC - Institut Mediterrani d'Estudis Avançats, Miquel Marquès, 21, 07190 Esporles, Mallorca, Spain

Key-words: Epinephelus marginatus, effects of protection, marine reserve, Mediterranean Sea.

Mots clés : Epinephelus marginatus, effets de la protection, réserve marine, mer Méditerranée.

ABSTRACT

Reñones O., R. Goñi, M. Pozo, S. Deudero, J. Moranta, 1999 - Effects of protection on the demographic structure and abundance of *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). Evidence from Cabrera Archipelago National Park (West-central Mediterranean). Mar. Life, 9 (2) : 45-53.

This study investigates the effects of the cessation of fishing on the density, size structure and depth distribution of dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (formerly *E. guaza*) in the Cabrera Archipelago National Park (Balearic Islands, Western Mediterranean). Underwater visual counts of *E. marginatus* were carried out on rocky substrates at depths of 5-10 m and 20-25 m during the summers of 1996 and 1998. Counts were done in areas of the Park closed to all fishing (since 1995) and closed only to sport fishing (since 1991) and in locations outside the Park open to all fishing. The two depth strata were chosen to evaluate possible bathymetric changes in distribution and size structure of *E. marginatus* as a result of the protection measures. In the Park, mean density of dusky grouper was higher in 1998 than in 1996. The size distribution also differed between the two time periods exhibiting a tendency towards rebuilding the natural size structure over time. The comparison of the *E. marginatus* population in the Park with those in areas open to all fishing corroborates the increase in mean density reported in other studies of Mediterranean marine protected areas. The size composition in exploited areas evidences a narrowing of the size structure with the virtual disappearance of small and large individuals. The results of the temporal and spatial comparisons suggest a strong response to protection or "reserve effect" in the population of *E. marginatus* in the Cabrera Archipelago National Park.

RÉSUMÉ

Reñones O., R. Goñi, M. Pozo, S. Deudero, J. Moranta, 1999 - [Effets de la protection sur la structure démographique et l'abondance d'Epinephelus marginatus (Lowe, 1834). L'exemple du Parc national de l'archipel des îles Cabrera (Méditerranée centre-ouest)]. Mar. Life, 9 (2) : 45-53.

Cette étude évalue les effets de la protection (cessation de la pêche sportive et professionnelle) sur la densité, la structure démographique et la distribution bathymétrique du mérou *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (anciennement *E. guaza*) dans le Parc national de Cabrera (îles Baléares, Espagne.). Pendant les étés 1996 et 1998, des recensements visuels de mérous ont été réalisés sur des fonds rocheux, à des profondeurs comprises entre 5-10 m et 20-25 m. Les recensements ont été effectués dans les secteurs du parc où toute sorte de pêche est interdite (depuis 1996) ; dans les secteurs où seule la pêche sportive est interdite (depuis 1991) ; et hors du parc, dans deux secteurs-témoins, ouverts à toutes les activités de pêche. Les deux fourchettes de profondeur ont été considérées afin d'évaluer les changements éventuels de la distribution bathymétrique des mérous associés avec les mesures de protection. Dans le parc, la densité moyenne des mérous était plus importante en 1998 qu'en 1996. La distribution des tailles est aussi différente pour ces deux périodes et elle montre une tendance vers la "naturalisation" de la structure de la population. La comparaison entre les populations dans le parc et dans les secteurs ouverts à la pêche confirme les accroissements de densité de mérous notés dans d'autres études des aires marines protégées en Méditerranée. La composition des tailles dans les zones exploitées montre une meilleure homogénéité de la structure de la population avec la disparition virtuelle des grands et des petits individus. Les résultats des comparaisons temporelle et spatiale suggèrent une forte réponse à la protection -ou "effet réserve"- des peuplements de mérous dans le Parc national de Cabrera.

INTRODUCTION

Epinephelus marginatus (Lowe, 1834) (formerly *E. guaza*) (Pisces: Serranidae) is a sequential protogynous hermaphrodite fish with slow growth, relatively long life-span and sedentary habits (Chauvet, 1988). In the Atlantic Ocean its range extends from the British Isles to South Africa in the East and from Bermuda to Brazil in the West (Heemstra, Randall, 1993). It also occurs throughout the Mediterranean Sea, but it is absent from the Black Sea.

Like most other species of this genus, *E. marginatus* is of considerable importance to sport and commercial fisheries in the Mediterranean Sea, being one of the most emblematic, sought-after fish species. Its vulnerability to fishing, especially to spear fishing, together with variable recruitment and absence of juveniles in the North-Western Mediterranean (Chauvet, 1991), have lead to its designation as a species in need of special protection in the Mediterranean (Boudouresque *et al.*, 1991) and to the establishment of a spear fishing moratorium in France. Most of the studies aimed at evaluating the effects of protection (i.e. cessation or reduction of fishing) in Mediterranean fish assemblages have evidenced a positive response (increased abundance and size) of *E. marginatus* populations (García-Rubíes, Zabala, 1990; Harmelin, 1990; Bayle-Sempere, Ramos-Espal, 1993; Dufour *et al.*, 1995).

The Cabrera Archipelago National Park was created in 1991 (Balearic Islands, Western Mediterranean). Composed of 19 small islands, it is one of the largest marine reserves in the Mediterranean with a coastline of 54 km and 87 km² of marine protected area. Since the creation of the Park the marine area has been subject to two types of fishery regulations. In 1991 trawling and all sport fishing were banned, leaving the Park open only to small-scale fishing. In 1995 some areas were set aside as integral reserves where only scientific activities were permitted, while the remainder of the Park continued to be open to small-scale fishing (figure 1).

In 1989, two years before the creation of the National Park, García-Rubíes (1993) studied the bathymetric distribution of *E. marginatus* in Cabrera waters between 5 and 40 m of depth. This author found low densities of *E. marginatus* with small specimens present in shallow waters and large individuals exhibiting a deeper distribution. In 1993, only two years after sport fishing had been banned, this species already appeared in the National Park in higher densities (Coll *et al.*, 1995; Reñones *et al.*, 1997) than those reported by García-Rubíes (1993).

The present study set out to investigate the population dynamics of *E. marginatus* population protected in the park and to identify the changes which may be associated with the protective measures (cessation of all fishing and sport fishing).

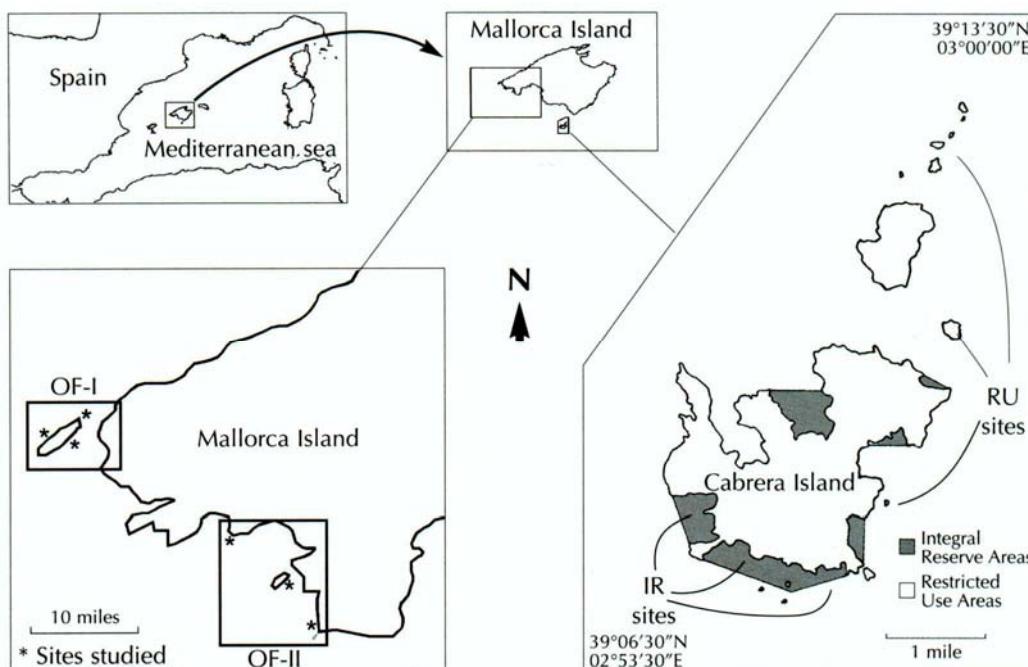


Figure 1 - Location of the study areas in Mallorca and Cabrera Islands (Balearic Islands, Western Mediterranean). IR: integral reserve areas where only scientific activities are allowed; RU: restricted use areas where only small-scale fishing is allowed. / Localisation des zones d'étude aux îles de Majorque et de Cabrera (îles Baléares, Méditerranée occidentale.). IR : réserve intégrale où seules les activités scientifiques sont autorisées ; RU : zones à utilisation restreinte où seule la pêche artisanale est autorisée ; OF-I et OF-II: zones ouvertes à la pêche, en dehors du parc, où toutes les pêches sont autorisées.

Specifically, we wanted to know if dusky grouper were larger and more abundant inside the Park than in areas open to all fishing and if there were differences between areas of the Park open to small-scale fishing and areas closed to all fishing. We were also interested in ascertaining possible changes in bathymetric distribution of *E. marginatus* associated with the various fishing regulations.

MATERIAL AND METHODS

Study locations

Visual counts were carried out in areas subject to the following management regimes: integral reserve (IR) where no fishing is allowed, restricted use areas (RU) where only small-scale fishing is allowed, and areas open to fishing (OF) where commercial and sport fishing are allowed. In 1998 two OF locations were surveyed (OF-I and OF-II) while in 1996 only one OF location was studied (OF). The Cabrera Archipelago National Park, where the IR and RU study areas are located, lies 5 miles South of Mallorca Island (Balearic Islands). The OF study areas are located about 23 nautical miles from the National Park on the South-West coast of Mallorca Island (figure 1). The OF locations were chosen on the basis of their similarity to those of the National Park in relief, substrate, oceanographic regime and bathymetric distribution of benthic communities. Hydrographically, all locations belong to the Algerian Basin, characterised by the presence of Modified-Atlantic-Water, which is warmer and less saline surface water than that of the Catalano-Balear Basin to which the North and West coasts of Mallorca Island belong (López-Jurado, 1990).

To assess bathymetric differences in distribution and abundance of *E. marginatus* and possible changes due to protection, two depth strata were considered: shallow (5-10 m) and deep (20-25 m). Similarly, to account for possible differences in density due to orientation, exposure or small-scale variability within each study area and depth stratum sampling was repeated at three sites chosen at random.

Sampling

Abundance and size of *E. marginatus* were estimated by underwater visual censuses along random 50 x 5 m transects in extended zones of medium to large boulders (less than 4 m high). The specimens detected out of the holes were recorded by a diver swimming slowly along the transect 1 m above the bottom. A second diver examining the holes under the blocks completed this census. To correct possible biases in density estimation due to different behaviour of *E. marginatus* in areas with and without spear fishing, in the OF locations the counts made by both divers were pooled to calculate the density in each transect. In the IR and RU locations only the specimens recorded out of the holes were taken into account. This correction does not interfere with the main results because the numbers of fish in the OF locations were always lower than in the IR and RU

locations. Density was expressed as number of individuals per 250 m². The mean precision obtained in estimating fish size underwater was 4 and 8 cm for fish smaller and larger than 50 cm respectively. All sampling was done between 9 and 14 h GMT on clear days with a minimum horizontal underwater visibility of 20 m.

Spatial comparison

In 1996 three areas (IR, RU, OF) and two depth strata (shallow: 5-10 m and deep: 20-25 m) were surveyed. Three sites per study area and depth stratum combination were sampled and at each site 3 replicate transects were done over the period of 23 July-20 August. In 1998 four areas (IR, RU, OF-I and OF-II) and the same depth strata were sampled over the period of 7 July - 10 August. Three sites were randomly chosen within each study area and depth stratum combination and at each site 6 replicate transects were sampled.

The effects of location, depth and site on density of *E. marginatus* were tested by a three-factor partially hierarchical ANOVA. Location and depth were considered fixed factors and site was random and nested within location and depth. Tukey's test was used for comparison of significant effects after ANOVA (Zar, 1984). Before applying parametric tests the assumptions of normality and homoscedasticity were tested by Kolmogorov-Smirnov and Cochran's tests, respectively. When these assumptions were not met, data were transformed by Ln (x+1) (Underwood, 1981). Since the number of study locations (1996: 3; 1998: 4) and of replicate transects per site (1996: 3; 1998: 6) in the two study years differed, to avoid problems associated with unbalanced analysis of variance (Underwood, 1997) the spatial comparisons were carried out for 1996 and 1998 separately.

Marine reserve temporal comparisons

Differences of density of *E. marginatus* between 1996 and 1998 were assessed using visual count data from the IR and RU areas of the Park. To obtain equal sample sizes for the two years, 3 replicate samples were drawn from the 6 censuses carried out in 1998 at each site. Since the spatial analyses did not detect significant differences of density among sites, censuses from the 3 sites within each location and depth stratum combination were pooled. The effects of time and depth (fixed factors) on density were tested by a two-factor ANOVA.

Size frequency distribution

To assess depth related differences in size structure as well as their evolution over time, the length frequency distributions of *E. marginatus* were compared by the Kolmogorov-Smirnov test (Zar, 1984). A level of p=0.05 was used for significant differences between size distributions. The statistic used in the comparison is D_{max} largest absolute difference in any one category of the cumulative frequencies of the two size distributions compared. Due to the low number of specimens observed, counts from

the OF-I and OF-II areas sampled in 1998 were pooled. The number of specimens observed in the OF area surveyed in 1996 was very low and these size data were excluded from the analysis.

RESULTS

A total of 54 and 144 visual censuses of *E. marginatus* were carried out in 1996 and 1998 respectively. Mean densities (number of specimens per 250 m²) by study area, depth stratum and year are presented in figure 2.

Spatial comparison

The spatial comparison yielded different results in the two time periods studied (table I). In 1996 there

were significant differences in density of *E. marginatus* between areas with different fishery regulations and also between depths. Densities were significantly lower in the open fishing area (OF) than in the two areas inside the park (IR and RU) in which dusky grouper density was similar (table I). The density of *E. marginatus* was also significantly higher in the deep stratum than in the shallow one. These bathymetric differences were more pronounced in the RU area than in the IR area (figure 2). Site-related differences in density of *E. marginatus* were not significant.

For the 1998 data transformation did not entirely eliminate heterogeneous variances. Nevertheless ANOVA was carried out as it is robust to minor violations of this assumption (Underwood, 1981). The analysis revealed that dusky

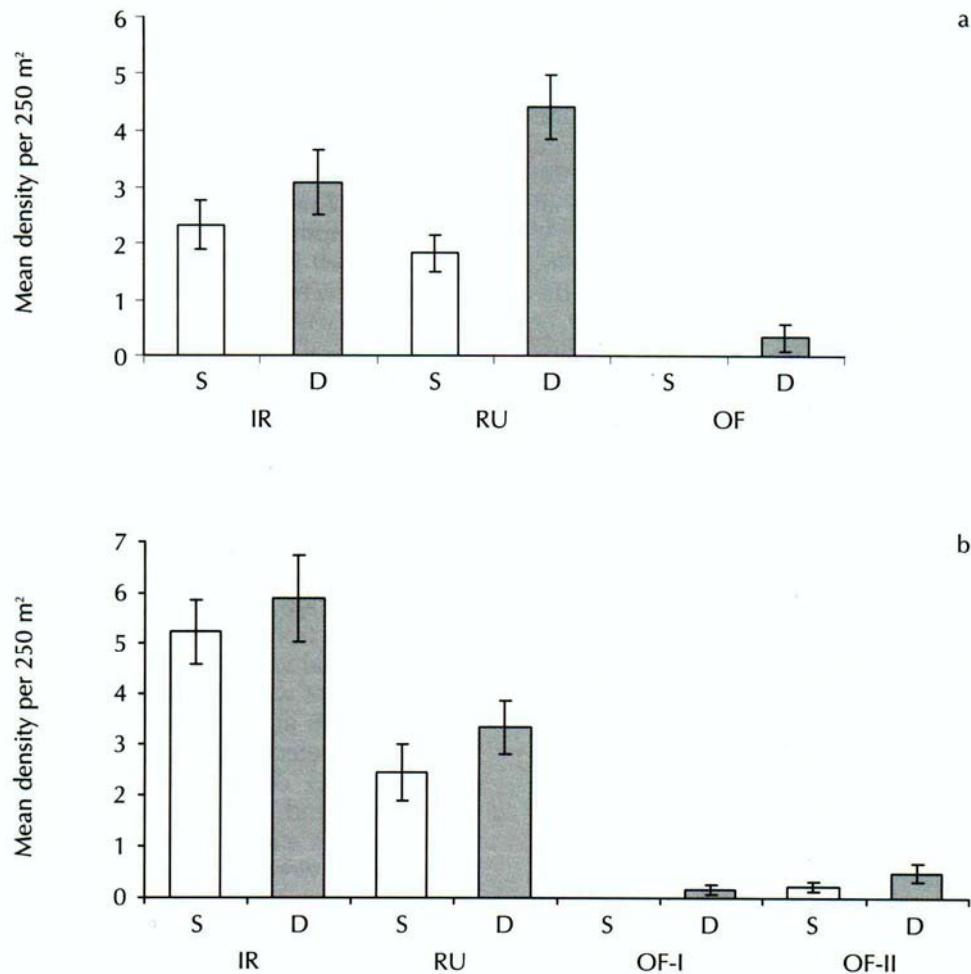


Figure 2 - Mean number of *E. marginatus* by 50 x 5 m transects in the integral reserve (IR) and in the restricted use (RU) areas of the Cabrera Archipelago National Park and in the open fishing (OF) areas studied off the Island of Mallorca in 1996 (a) and 1998 (b). S = shallow (from 5 to 10 m); D = deep (from 20 to 25 m). / Nombre moyen de *E. marginatus* par transects de 50 x 5 m au sein des zones de réserve intégrale (IR) et à utilisation restreinte (RU) du Parc national de l'archipel de Cabrera, et dans les zones ouvertes à la pêche (OF), étudiées au large de l'île de Majorque en 1996 (a) et en 1998 (b). S = zone peu profonde (5 - 10 m) ; D = zone profonde (20 - 25 m).

EFFECTS OF PROTECTION ON *E. marginatus* / EFFETS DE LA PROTECTION SUR *E. marginatus*

Table I - Effects of location, depth and site (nested within location and depth) on density of *Epinephelus marginatus* in Cabrera Archipelago National Park and Mallorca Island in 1996 (a) and 1998 (b). Analysis was a three-factor partially hierarchical ANOVA. The factors location and depth are fixed. Data were Ln (x+1) transformed. The results of the Tukey's test (p critical: 0.05) are given. DF: degrees of freedom, MS: mean squares, n.s.: non significant at p=0.05. / *Effets de la position géographique, de la profondeur et du site sur la densité de E. marginatus dans le Parc national de l'archipel de Cabrera et à l'île de Majorque en 1996 (a) et en 1998 (b). L'analyse est une ANOVA partiellement hiérarchique à trois facteurs. Les facteurs de localisation et de profondeur sont fixes. Les données sont transformées par Ln (x+1). Les résultats du test de Tukey (p critique : 0,05) sont donnés. DF : degrés de liberté ; MS : carrés moyens ; ns : non-significatif à p=0,05.*

a

Source of variation	DF	MS	F - ratio	Probability	Tukey's test
Location	2	8.231	38.50	p < 0.001	(IR = RU) > OF
Depth	1	1.733	8.105	p < 0.025	Depth > Shallow
Location x Depth	2	0.729	3.409	n.s.	
Site (Location, depth)	12	0.214	1.398	n.s.	
Residual	36	0.153			
Total	53				

b

Source of variation	DF	MS	F - ratio	Probability	Tukey's test
Location	3	23.184	90.80	p < 0.001	IR > RU > OF-I = OF-II
Depth	1	1.015	3.98	n.s.	
Location x Depth	3	0.070	0.78	n.s.	
Site (Location, depth)	16	0.255	1.33	n.s.	
Residual	120	0.192			
Total	143				

grouper density was higher in the IR than in the RU areas and that in both was higher than in the OF areas studied (table I). Mean density of *E. marginatus* was slightly higher in the deep than in the shallow stratum (figure 2), but the difference was not significant. For the two depth strata combined, mean density in the IR area was about twice that in the RU area and 30 times that found in the OF areas. As in 1996, site-related differences in density were not significant.

Marine reserve temporal comparison

The density of *E. marginatus* in the IR and the RU areas of the National Park present different trends during the study period. In the integral reserve the density was significantly higher in 1998 than 1996 and this was consistent in the two depths examined (table II). In both years the mean density of *E. marginatus* was higher in the deep stratum than in the shallow one, although not significantly (table II and figure 2). Pooling the data from the two depths, in 1998 the mean density of *E. marginatus* in the integral reserve was about 5.5 individuals per 250 m², a two-fold increase since 1996.

In contrast, in the restricted use area mean density of *E. marginatus* did not change over time, with the overall mean values remaining around 3 individuals per 250 m². However, here density in the deep stratum was significantly higher than in the shallow one (table II). These bathymetric differences were more pronounced in 1996 than in 1998 (figure 2).

Table II - Effects of year and depth on density of *E. marginatus* in the integral reserve (IR) and restricted use (RU) locations of Cabrera Archipelago National Park. Analysis was a two factor ANOVA. The factors depth and year are fixed. Data were Ln (x+1) transformed which eliminated heterogeneous variances at a significance level of p = 0.05. DF: degrees of freedom, MS: mean squares, n.s.: non significant at p=0.05. / *Effets de l'année et de la profondeur sur la densité de E. marginatus dans les zones de réserve intégrale (IR) et d'utilisation restreinte (RU) du Parc national de l'archipel de Cabrera. L'analyse est une ANOVA à deux facteurs. Les facteurs profondeur et année sont fixes. Les données sont transformées par Ln (x+1), ce qui élimine les variances hétérogènes à un niveau de signification de p=0,05. DF : degrés de liberté ; MS : carrés moyens ; ns : non-significatif à p=0,05.*

IR

Source of variation	DF	MS	F - ratio	Probability
Year	1	2.169	8.75	P < 0.025
Depth	1	0.298	1.21	n.s.
Year x Depth	1	0.392	1.58	n.s.
Residual	24	0.134		
Total	35			

RU

Source of variation	DF	MS	F - ratio	Probability
Year	1	0.079	0.484	n.s.
Depth	1	3.570	21.768	p < 0.05
Year x Depth	1	0.152	0.928	n.s.
Residual	24	0.368		
Total	35			

Table III - Mean total length (TL), standard deviation (SD) and length range of *Epinephelus marginatus* observed in 1996 and 1998 in the locations studied under different fishing regulations. / Longeur totale moyenne (TL), écart type (SD) et éventail de longueurs des *Epinephelus marginatus* observés en 1996 et en 1998 dans les sites étudiés sous les différentes réglementations.

Year	Regulation	Depth	Mean TL (cm)	SD	Length range (cm)
1996	Integral Reserve	Shallow	28.9	7.09	16 - 40
		Deep	37.8	13.15	16 - 92
	Restricted Use	Shallow	25.8	8.35	12 - 40
		Deep	40.3	11.60	24 - 76
1998	Integral Reserve	Shallow	33.1	12.52	8 - 60
		Deep	49.2	15.44	20 - 92
	Restricted Use	Shallow	34.0	12.05	12 - 60
		Deep	45.1	11.93	20 - 76
	Open Fishing	Shallow	25.0	6.00	20 - 32
		Deep	36.3	8.26	24 - 48

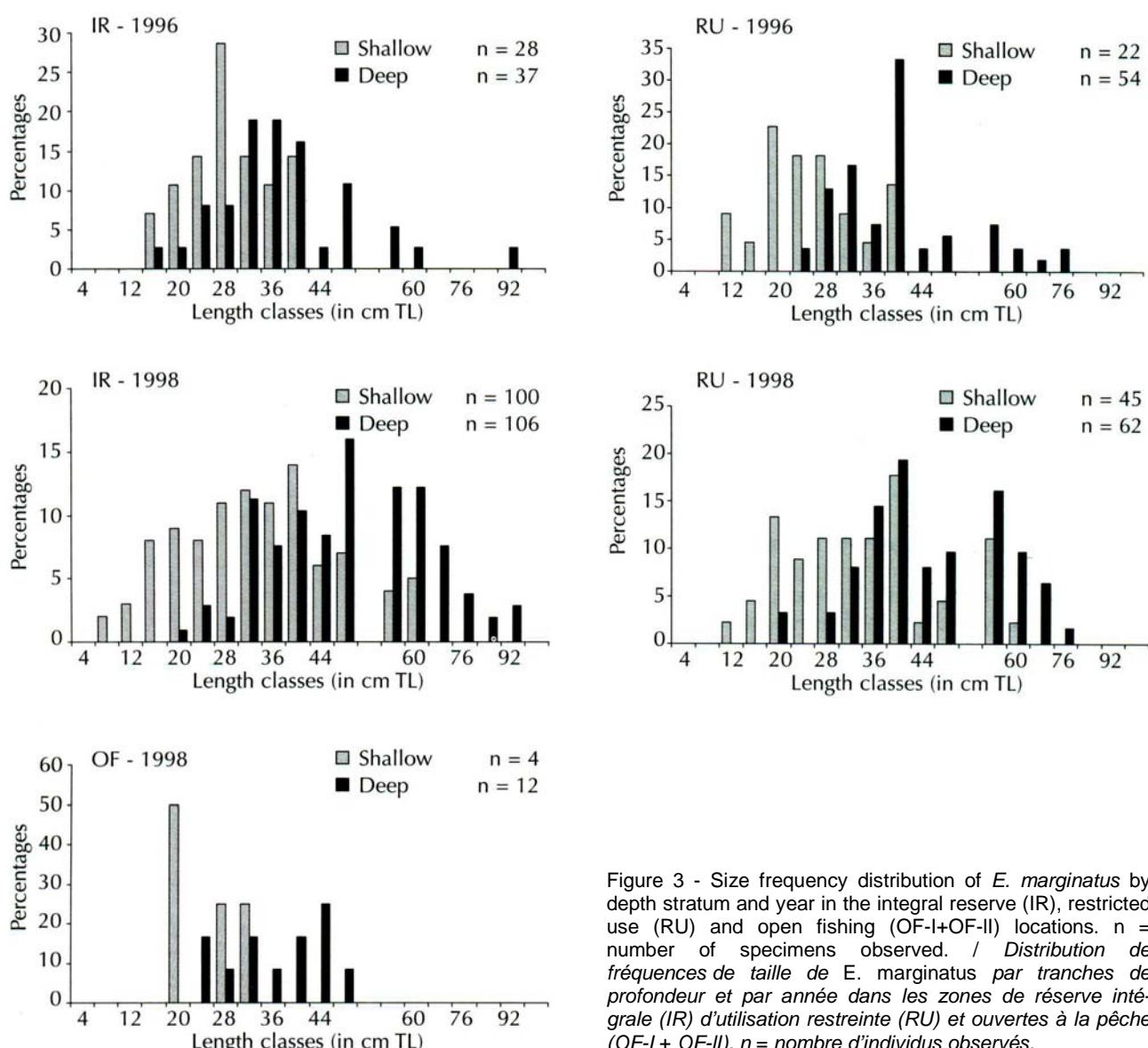


Figure 3 - Size frequency distribution of *E. marginatus* by depth stratum and year in the integral reserve (IR), restricted use (RU) and open fishing (OF-I+OF-II) locations. n = number of specimens observed. / Distribution de fréquences de taille de *E. marginatus* par tranches de profondeur et par année dans les zones de réserve intégrale (IR) d'utilisation restreinte (RU) et ouvertes à la pêche (OF-I + OF-II). n = nombre d'individus observés.

Size distribution

In the integral reserve the population of *E. marginatus* showed a different size distribution pattern with depth (1996: $D_{\max}=0.63$, $p>0.05$; 1998: $D_{\max}=0.6$, $p<0.05$). In 1996 the size range comprised specimens from 16 to 92 cm TL. All individuals observed in the shallow stratum were smaller than 40 cm TL and the modal length was 28 cm, whereas in the deep stratum the maximum and modal sizes were 92 cm and 32-36 TL respectively. Similar trends were observed in 1998 but with a widening of the range and a clear displacement of the modal and mean sizes towards higher values (table III and figure 3). This year, the length range was 8 to 92 cm TL, with maximum and modal sizes of 60 cm and 40 cm TL in shallow waters and of 92 cm and 48 cm in deep waters.

In the restricted use area, bathymetric differences in size structure were detected only in 1996 ($D_{\max}=0.58$, $p<0.05$). The maximum size observed was 40 cm TL in the shallow stratum and 76 cm TL in the deep one, with the modal lengths at each depth clearly separated (figure 3). Relative to 1996, a net increase in modal and mean size was observed in the 1998 size distributions (table III, figure 3). In 1998 the size range in the shallow stratum was 12 to 60 cm TL, while in the deep stratum it was 20 to 76 cm TL, and the modal length in both strata was 40 cm TL.

The maximum difference ($D_{\max}=0.84$, $p<0.05$) was found between the size distributions in the open fishing areas and those in the Park in 1998. When compared to the open fishing areas (OF-I + OF-II), size distributions in the IR and RU locations were characterised by a wider size range and a larger mean size, regardless of depth (table III and figure 3). The only three individuals observed in the OF location in 1996 were comprised between 40 and 48 cm TL.

DISCUSSION

The spatial comparisons show that the density and the mean and modal sizes are greater in the populations of *E. marginatus* in the Cabrera Archipelago National Park where sport fishing is forbidden (IR and RU areas) than in comparable areas open to all fishing outside the Park. With variations, these differences are maintained over time. Since this species is not affected by trawl fishing, this result suggests that protection from sport fishing has led to the recovery of the local population of *E. marginatus* in the National Park. This is not unexpected given the strong fishing pressure to which this species is subject throughout its Western Mediterranean range (Chauvet, 1991). The observed increase in density and mean size of *E. marginatus* as a result of reduced fishing pressure is consistent with results reported in most studies aimed at assessing the effects of protection on fish assemblages in temperate and tropical areas (e.g. Bell, 1983; Cole *et al.*, 1990; García-Rubíes, Zabala, 1990; Bayle-Sempere, Ramos-Espala, 1993; Polunin, Roberts, 1993; Watson, Ormond, 1994; Harmelin *et al.*,

1995; Roberts, 1995; Jennings *et al.*, 1996). The present study is based on data collected 5 and 7 years after the creation of the National Park, and 1 and 3 years after the creation of the integral reserves. Given that no comparable data are available from protected and control sites before fishing restrictions were in place (see below), the above statements are not conclusive and the possibility that differences between fished and unfished areas existed prior to the establishment of the Park cannot be ruled out.

The result of the temporal comparison indicates that the abundance of *E. marginatus* is growing in the areas of the Park where all fishing is banned (IR), whereas in the locations open to small-scale (RU) or to both small-scale and sport fishing (OF), density has remained constant during the study period. These results suggest that the differences observed between fished and unfished areas are mainly due to increased survivorship in the IR areas. To be sure, a longer time-series of standardised density estimates would be required to assess the extent to which inter-annual variability in population distribution also plays a role in the observed abundance trends. Density of *E. marginatus* in the Park was estimated two years before (García-Rubíes, 1993) and two years after its creation in 1991 (Coll *et al.*, 1995; Reñones *et al.*, 1997) and in one open fishing area off Mallorca Island in 1994 (Moranta *et al.*, 1997). However the use of repeated sampling of fixed transects in these studies, rather than of random transects as in the present study, precludes quantitative comparisons between the two sets of data.

The higher density observed in the IR areas relative to the UR areas indicates that the impact of small-scale fishing on the population of *E. marginatus* in the Park may be significant. This impact would be responsible for the lower densities of *E. marginatus* in RU areas relative to IR areas only 3 years after they were established. Since overall fishing effort (number of units) in the Park appears to have remained unchanged since 1995 (Park wardens' sighting data), an indirect effect of the reduction of fishing grounds caused by the creation of IR areas may have been a displacement of fishing effort towards the nearby RU areas. The lower abundance of *E. marginatus* in the RU areas is consistent with widely reported responses of populations of target species to increased exploitation (e.g. Koslow *et al.*, 1988; Russ, Alcalá, 1989, 1996; Alcalá, Russ, 1990; Watson, Ormond, 1994; Jennings, Lock, 1996; Goñi, 1998). However, in spite of this plausible increase in effort in RU areas, on board sampling in fishing units operating in the Park does not suggest a high fishing mortality of this species by the small-scale fishing. A certain degree of poaching by spear fishers is another factor that may have contributed to the stabilisation of *E. marginatus* in RU areas. Most of the RU areas lie in the Northern part of the Park that is closer to Mallorca harbours and relatively isolated from the core of the Park. We believe that the Park wardens have difficulty controlling poaching by sport fishers in these areas. During our

surveys it was not rare to observe specimens with spear marks in some RU sites.

The narrow size distribution and low density of *E. marginatus* observed in the exploited areas outside the Park is indicative of a strong, non size-selective fishing pressure exerted on this species by a wide variety of fishing activities in Mallorca island. In contrast, examination of the size distributions of *E. marginatus* in IR versus RU areas and in 1996 versus 1998 indicates of a swift response of local populations to the cessation of fishing. Accordingly, the size distribution in IR areas has evolved to include most of the age classes and probably in proportions approaching those of unfished, natural populations. The progressive colonisation of shallow habitats by larger specimens has also taken place together with an increase in mean size in shallow and deep waters, as has been found in other protected populations (e.g. Buxton, Smale, 1989; Roberts, Polunin, 1991; Harmelin et al., 1995). Inspection of the size distributions of *E. marginatus* in the shallow stratum indicates that only specimens below 16 cm total length (age classes 0 and 1 according to Chauvet, 1988), are restricted to shallow habitats, and the size increases with depth.

The size frequency distributions observed in all areas of the Cabrera National Park is very different from those reported in other Western Mediterranean marine reserves (Chauvet, Francour, 1989; Chauvet et al., 1991; García-Rubíes, Zabala, 1995). In Cabrera the population is dominated by specimens smaller than 60 cm TL whereas the largest ones (above 85 cm TL) are infrequent. In the marine reserves located North of the Cabrera Archipelago, such as the Medes Islands, Port-Cros or Carry-le-Rouet, the local populations of *E. marginatus* appear to be mainly composed of specimens in the medium and larger size classes. This size structure has been attributed to the absence of recruitment in these populations, which would depend on recruitment taking place further South and by the immigration of subadults. In contrast the size structure of *E. marginatus* observed in the Cabrera National Park suggests that the population is self-recruiting. Young of the year can be easily observed from 0.5 to 2 m of depth in rocky littoral areas all around Mallorca and Cabrera Islands (personal observations). This fact may have contributed to the rapid build-up of the *E. marginatus* populations only seven years after the first protective measures were introduced.

Ongoing assessment of *E. marginatus* populations in the different areas of the National Park and adjacent fishing grounds using standardised methods should help determine the extent of the population build-up, possible spill-over effects and the impact of small-scale fishing. An important but as yet little tested prediction made for marine reserves is that catches surrounding a marine reserve will increase due to net movement out of the protected area (Roberts, Polunin, 1993; Russ, Alcalá, 1996). If true, this would compensate fishermen for

possible lost production in the integral reserve areas and make maintenance of fishing restrictions in the Cabrera Archipelago National Park economically and socially attractive.

ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to express our gratitude to the wardens and guides of the Cabrera Archipelago National Park, as well as to P. Sanchez, skipper of the B/O "Arola", for their inestimable help during the field-work. We also owe thanks to the Management of the Park, Dr. J. Moreno and J. Pino and to Dr. J. Mas for their support. This work has been encouraged and funded by the Secretaría General de Pesca Marítima and the Instituto Español de Oceanografía.

BIBLIOGRAPHY

- Alcalá A.C., G.R. Russ, 1990 - A direct test of the effects of protective management on abundance and yield of tropical marine resources. *J. Cons. C.I.E.M.*, **47** (1) : 40-47.
- Bayle-Sempere J.T., A.A. Ramos-Espal, 1993 - Some population parameters as bioindicators to assess the "reserve effect" on the fish assemblage. In : *Qualité du milieu marin – Indicateurs biologiques et physicochimiques*. C.F. Boudouresque, M. Avon, C. Pergent-Martini (eds), GIS Posidonia Publ., Marseille, pp : 189-214.
- Bell J.D., 1983 - Effects of depth and marine reserve fishing restrictions on the structure of a rocky reef fish assemblage in the north-western Mediterranean sea. *J. appl. Ecol.*, **20** : 357-369.
- Boudouresque C.F., M. Avon, V. Gravez (eds), 1991 - *Les espèces marines à protéger en Méditerranée*. GIS Posidonia Publ., Marseille, 448 pp.
- Buxton C.D., M.J. Smale, 1989 - Abundance and distribution patterns of three temperate marine reef fish (Teleostei : Sparidae) in exploited and unexploited areas off the Southern Cape coast. *J. appl. Ecol.*, **26** : 441-451.
- Chauvet C., 1988 - Etude de la croissance du mérou *Epinephelus guaza* (Linnaeus, 1758) des côtes tunisiennes. *Aquat. Living Resour.*, **1** (4) : 277-288.
- Chauvet C., 1991 - Statut d'*Epinephelus guaza* (Linnaeus, 1758) et éléments de dynamique des populations méditerranéenne et atlantique. In : *Les espèces marines à protéger en Méditerranée*. C.F. Boudouresque, M. Avon, V. Gravez (eds), GIS Posidonia Publ., Marseille, pp : 255-275.
- Chauvet C., P. Francour, 1989 - Les mérous *Epinephelus guaza* du Parc National de Port-Cros (France) : Aspects socio-démographiques. *Bull. Soc. zool. Fr.*, **114** (4) : 5-13.
- Chauvet C., G. Barnabé, J. Bayle Sempere, C.H. Bianconi, J.L. Binche, P. Francour, A. Garcia Rubies, J.G. Harmelin, R. Miniconi, A. Pais, P. Robert, 1991 - Recensement du mérou *Epinephelus guaza* (Linnaeus, 1758) dans les réserves et parcs marins des côtes méditerranéennes françaises. In : *Les espèces marines à protéger en Méditerranée*. C.F. Boudouresque, M. Avon, V. Gravez (eds), GIS Posidonia Publ., Marseille, pp : 277-290.
- Cole R.G., T.M. Ayling, R.G. Creese, 1990 - Effects of marine reserve protection at Goat Island, northern New Zealand. *N. Z. J. mar. Freshwat. Res.*, **24** : 197-210.

- Coll J., O. Reñones, J. Moranta, B. Morales-Nin, 1995 - Base study for monitoring the reserve effects in the Cabrera national park, Balearic Islands. An indicator species example : *Epinephelus guaza* (L.). *Rapp. P.-v. Réun. CIESM*, **34** : 240.
- Dufour V., J.Y Jouvenel, R. Galzin, 1995 - Study of a Mediterranean reef fish assemblage. Comparisons of population distributions between depths in protected and unprotected areas over one decade. *Aquat. Living Resour.*, **8** : 17-25.
- García-Rubíes A., 1993 - Distribució batinètrica dels peixos litorals de substrat rocos a l'illa de Cabrera, In : *Història Natural de L'Arxipèlag de Cabrera*. J.A. Alcover, E. Ballesteros, J.J. Fornós (eds), Mon. Sco. Hist. Nat. Baleares, **2**. CSIC-Moll. Mallorca, pp : 645-661.
- García-Rubíes A. , M. Zabala, 1990 – Effects of the total fishing prohibition on the rocky fish assemblages of medes islands marine reserve (NW Mediterranean). *Sci. mar.*, **54** (4) : 317-328.
- García-Rubíes A. , M. Zabala 1995 - Seguiment de la població de meros (*Epinephelus guaza*) i d'altres espècies de peixos vulnerables de les illes Medes. In : *Seguiment Temporal de la reserva marina de les illes Medes. Informe anual (Any 1995)*. Informe Tècnic per a la Direcció General de Pesca Marítima, Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca, Generalitat de Catalunya, pp : 67-91.
- Goñi R., 1998 – Ecosystem effects of marine fisherie : an overview. *Ocean coast. Mgmt*, **40** : 37-64.
- Harmelin J.G., 1990 - Ichtyofaune des fonds rocheux de Méditerranée : structure du peuplement du coralligène de l'Ile de Port-Cros (Parc National, France). *Mésogée*, **50** : 23-30.
- Harmelin J.G., F. Bachet, F. Garcia, 1995 – Mediterranean marine reserves : Fish indices as tests of protection efficiency. *P.S.Z.N.I : Mar. Ecol.*, **16** (3) : 233-250.
- Heemstra P.C., J.E. Randall, 1993 - *Groupers of the world (Family Serranidae, Subfamily Epinephelinae). An annotated and illustrated catalogue of the grouper, rockcod, hind, coral grouper and lyretail species known to date*. FAO Fisheries Synopsis, **16** (125), 382 pp.
- Jennings S., J.M. Lock, 1996 – Population and ecosystem effects of reef fishing. In : *Reef fisheries*. N.V.C. Polunin, C.M. Roberts (eds), Chapman and Hall, pp : 193-218.
- Jennings S., S.S Marshall, N.V.C. Polunin, 1996 – Seychelles' marine protected areas : comparative structure and status of reef fish communities. *Biol. Conserv.*, **75** : 201-209.
- Koslows J.A., F. Hanley, R. Wicklund, 1988 – Effects of fishing on reef fish communities at San Pedro and Port Royal Cays, Jamaica. *Mar. Ecol.- Prog. Ser.*, **43** : 201-212.
- López-Jurado J.L., 1990 - Masas de agua alrededor de las Islas Baleares. *Boln Inst. esp. Oceanogr.*, **6** (2) : 3-20.
- Moranta J., B. Reviriego, J. Coll, 1997 - Contribución al conocimiento de la estructura de la comunidad íctica asociada a los fondos rocosos litorales de las islas del Toro y d' Es Malgrat (sudoeste de Mallorca, islas Baleares). *Publ. espec. Inst. esp. oceanogr.*, **23** : 143-152.
- Polunin N.V.C., C.M. Roberts, 1993 - Greater biomass and value of target coral-reef fished in two small Caribbean marine reserves. *Mar. Ecol.-Prog. Ser.*, **100** : 167-176.
- Reñones O., J. Moranta, J. Coll, B. Morales-Nin, 1997 - Rocky bottom fish communities of Cabrera Archipelago National Park (Mallorca, Western Mediterranean). *Sci. mar.*, **61** (4) : 495-506.
- Roberts C.M., 1995 – Rapid build-up of fish biomass in a Caribbean marine reserve. *Conserv. Biol.*, **9** (4) : 815-826.
- Roberts C.M., N.V.C. Polunin, 1991 – Are marine reserves effectives in management of reef fisheries ? *Rev. Fish Biol. Fish.*, **1** : 65-91.
- Roberts C.M., N.V.C. Polunin, 1993 – Marine reserves : simple solutions to managing complex fisheries. *Ambio*, **22** (6) : 363-368.
- Russ G.R., A.C. Alcala, 1989 – Effects of intensive fishing pressure on an assemblage of coral reef fishes. *Mar. Ecol.-Prog. Ser.*, **56** : 13-27.
- Russ G.R., A.C. Alcala, 1996 - Do marine reserves export adult fish biomass ? Evidence from Apo Island, central Philippines. *Mar. Ecol.-Prog. Ser.*, **132** : 1-9.
- Underwood A.J., 1981 - Techniques of analysis of variance in experimental marine biology and ecology. *Oceanogr. mar. Biol. a. Rev.*, **19** : 513-605.
- Underwood A.J., 1997 - *Experiments in ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press, UK, 499 pp.
- Watson M., R.F. Ormond, 1994 - Effects of an artisanal fishery on the fish and urchin populations of a Kenyan coral reef. *Mar. Ecol.-Prog. Ser.*, **109** : 115-129.
- Zar J.H., 1984 - *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliff, New Jersey, 718 pp.

Received December 1998; accepted March 2000.

Reçu en décembre 1998 ; accepté en mars 2000.

Genetic characterisation of *Epinephelus marginatus* through cytogenetic, allozyme and microsatellite analyses: preliminary results

Caractérisation génétique d'*Epinephelus marginatus* par analyses cytogénétique, enzymatique et des microsatellites : résultats préliminaires

Luciana Sola*, Silvia Papalia*, Anna Rita Rossi*, Ekaterina Gornung*, Sabina De Innocentiis*, Giovanna Marino**, Patrizia Di Marco***, Stefano Cataudella***

*Dept. Animal and Human Biology, University of Rome 1, Via A. Borelli 50 - 00161 Rome, Italy
e-mail : sola@uniroma1.it

**ICRAM Via di Casalotti, 300 - 00166 Rome, Italy

***Dept. Biology, University of Rome 2, Via Passolombardo, 430 - 00133 Rome, Italy

Key-words: dusky grouper, Serranidae, genetic variability.

Mots clés : mérou, Serranidae, variabilité génétique.

ABSTRACT

Sola L., S. Papalia, A.R. Rossi, E. Gornung, S. De Innocentiis, G. Marino, P. Di Marco, S. Cataudella, 1999 - Genetic characterisation of *Epinephelus marginatus* through cytogenetic, allozyme and microsatellite analyses: preliminary results. Mar. Life, 9 (1) : 67-68.

Karyological, allozyme and microsatellite surveys of Mediterranean populations of the dusky grouper, *Epinephelus marginatus*, were undertaken, in order to contribute to the genetic characterization of the species, which is of use for the proper planning of restocking programmes. Samples have been so far collected along the coast of Cagliari (Sardinia, Central Thyrrenian Sea), Messina (Sicily, South Thyrrenian Sea), Porto Cesareo (Apulia, Ionian Sea) and Lampedusa (African continental shelf, Mediterranean Sea). All specimens show a 48 acrocentric chromosomes karyotype and Ag- and CMA₃-NORs located in subcentromeric position of the smallest chromosome pair. However, after in situ hybridization (FISH) with a 18S rDNA probe, additional NORs on chromosome pair number 2 were found in specimens from Sardinia. The (TTAGGG)_n telomeric sequences, identified by FISH, were found to be restricted to the telomeres and no interstitial sites were detected. Starch gel electrophoresis conditions for 32 isozyme loci, which encode 22 enzymes, were developed. At least 10 of these enzyme loci show more than one allele. PCR amplifications were carried out on *E. marginatus* total DNA extracts, using primers originally designed to amplify 7 microsatellite loci in *Dicentrarchus labrax* (Moronidae). Five of these primer pairs gave PCR products.

RÉSUMÉ

Sola L., S. Papalia, A.R. Rossi, E. Gornung, S. De Innocentiis, G. Marino, P. Di Marco, S. Cataudella, 1999 - [Caractérisation génétique d'*Epinephelus marginatus* par analyses cytogénétique, enzymatique et des microsatellites : résultats préliminaires]. Mar. Life, 9 (1) : 67-68.

Des analyses génétiques (caryotypes, allozymes et microsatellites) ont été réalisées sur des populations méditerranéennes de mérou (*Epinephelus marginatus*) en vue de mettre en place des programmes de repeuplement. Les poissons ont été échantillonnés en mer Thyrénienne centrale (Cagliari, Sardaigne), et sud (Messine, Sicile), en mer Ionienne (Porto Cesareo, Apulia) et à Lampedouze (Méditerranée sud, plateau continental africain). Tous les individus possèdent un karyotype de 48 chromosomes acrocentriques, les Ag- et CMA₃-NORs étant situés dans la région subcentromérique de la plus petite paire de chromosomes. Cependant, par hybridation in situ (FISH) d'une sonde ADNr 18S, des NORs supplémentaires ont été mis en évidence sur la deuxième paire de chromosomes des individus de Sardaigne. Les séquences téloïdiennes (TTAGGG)_n, identifiées par FISH, sont limitées aux téloïdes et aucun site interstitiel n'a été détecté. Les conditions d'électrophorèse enzymatique sur gel d'amidon ont été mises au point pour 32 loci codant pour 22 enzymes. Au moins 10 de ces loci allozymiques montrent plus d'un allèle. Des amplifications PCR ont été réalisées à partir d'ADN total d'*E. marginatus*, à l'aide de 7 paires d'amorces initialement définies chez le loup (*Dicentrarchus labrax*, Moronidae) pour la détection des microsatellites. Cinq de ces paires ont donné des produits d'amplification.

In order to contribute to the genetic characterisation of the dusky grouper, *Epinephelus marginatus*, karyological, allozyme and microsatellite surveys were undertaken, aimed at analysing the genetic variability and the degree of genetic structuration in the species and at identifying possible population-specific genetic molecular markers.

Specimens of *E. marginatus* were collected along the coast of Cagliari (SEM, Central Thyrrenian Sea), Messina (MEM, South Thyrrenian Sea), Porto Cesareo (BEM, Ionian Sea) and Lampedusa (LEM, Mediterranean Sea). Somatic metaphases were prepared using conventional air-drying techniques. Ag-staining, C-banding and fluorescent staining with chromomycin A₃ (CMA₃) and DAPI were carried out as reported in Sola *et al.* (1992). For FISH, a 2 kb fragment of human 18S rDNA and a (TTAGGG)_n repeat were used as probes (Lawrence *et al.*, 1988).

Allozymes were detected by horizontal starch gel electrophoresis and visualised using enzyme specific stains. Alleles at each locus were designated by their anodic mobilities (x 100) relative to the most frequent allele in the LEM population. Nuclear DNA from 93 specimens was extracted from muscle as described in Maniatis *et al.* (1982) and PCR amplifications were carried out using primers originally designed to amplify 7 microsatellite loci in *Dicentrarchus labrax* (Moronidae) (Garcia de León *et al.*, 1995).

In the populations investigated (SEM, MEM and LEM), the chromosome complement is composed of 48 acrocentric chromosomes uniformly decreasing in size. Chromosome pair number 24 can be easily identified because of its smallest size and because it is unique in showing differential staining. Indeed, two Ag- and CMA₃-positive NORs can be observed in subcentromeric position of this chromosome pair. At the same location a slightly negative heteropycnosis after DAPI-staining and C-positive signals after C-banding are observed. The constitutive heterochromatin shows centromeric distribution. Except for NORs, neither eu- or heterochromatin show differential increase of AT- or GC-rich DNA. In all populations, the (TTAGGG)_n telomeric sequences are restricted to the telomeres and no additional interstitial sites were detected.

In specimens from MEM and LEM, FISH with 18S rDNA detects a single location of NORs on chromosome pair number 24 whereas, in specimens from SEM, additional, though weaker, hybridization signals on telomeric regions of both homologues of chromosome pair 2 can be observed. Thus, chromosome pair 24 is likely the species-specific NOR-bearing chromosome pair, but additional and variable NORs may exist.

A subset of 60 individuals from SEM, LEM and BEM populations have so far been assayed for genetic variation at 32 gene loci, which encode 22 enzymes. Ten enzyme loci show more than one allele. Levels of genetic variability seem high enough to investigate genetic structure and gene flow among

populations.

Five of the *D. labrax* primers pairs used gave PCR products in *E. marginatus*. However, most of these microsatellite loci show a lower level of polymorphism in the dusky grouper than in the source species.

On the basis of these preliminary results, both chromosomes, allozymes and microsatellites seem to be promising genetic markers to investigate dusky grouper population structure.

BIBLIOGRAPHY

- García de León F.J., J.F. Dallas, B. Chatain, M. Cannone, J.J. Versini, F. Bonhomme, 1995 - Development and use of microsatellite markers in sea bass, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) (Perciformes: Serranidae). *Mol. mar. Biol. Biotechnol.*, **4** : 62-68.
 Lawrence J.B., C.A. Villnave, R.H. Singer, 1988 - Sensitive, high-resolution chromatin and chromosome mapping *in situ*: presence and orientation of two closely integrated copies of EBV in a lymphoma line. *Cell*, **52** : 51-61.
 Maniatis A.M., E.F. Fritsch, J. Sambrook, 1982 – *Molecular cloning*. Cold Spring Harbor Laboratory, New York, 545 pp.
 Sola L., A.R. Rossi, V. Iaselli, E.M. Rasch, P.J. Monaco, 1992 - Cytogenetics of bisexual / unisexual species of *Poecilia*. II. Analysis of heterochromatin and nucleolar organizer regions in *Poecilia mexicana mexicana* by C-banding and DAPI, quinacrine, chromomycin A₃, and silver staining. *Cytogen. Cell Genet.*, **60** : 229-234.

Received January 1999; accepted January 2000.
 Reçu en janvier 1999 ; accepté en janvier 2000.

Protection measures and juveniles of dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae), in the Marine Reserve of Ustica Island (Italy, Mediterranean Sea)

Mesures de protection et juvéniles de mérou, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834)
(Pisces, Serranidae), dans la Réserve marine de l'île d'Ustica (Italie, mer Méditerranée)

Marino Vacchi, Gabriele La Mesa, Maria Grazia Finoia, Paolo Guidetti, Simona Bussotti
Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica Applicata al Mare
Via di Casalotti, 300 - 00166 Roma, Italy
e-mail : vacchim@tin.it

Key-words: *Epinephelus marginatus, juveniles, marine reserve, Ustica Island, Mediterranean Sea.*

Mots clés : *Epinephelus marginatus, juvéniles, réserve marine, île d'Ustica, mer Méditerranée.*

ABSTRACT

Vacchi M., G. La Mesa, M.G. Finoia, P. Guidetti, S. Bussotti, 1999 - Protection measures and juveniles of dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae), in the Marine Reserve of Ustica Island (Italy, Mediterranean Sea). Mar. Life, 9 (2) : 63-70.

The density and the spatial distribution of juveniles of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) was assessed from September 1995 to September 1997 in the Marine Reserve of Ustica. Visual censuses were seasonally carried out in the shallow coastal waters of the island. The study area was constituted by several sampling sites in the three zones of the reserve that are characterised by different levels of protection. The influence of protection level, sampling period and bottom morphology on the density of grouper juveniles was evaluated by means of statistical analysis. No significant difference in abundance was detected among the three zones for the smallest size class (0-10 cm TL) whereas the number of the larger juveniles (11-30 cm TL) was positively correlated with the protection level. The grouper density showed seasonal variations, with the lowest values occurring in winter. Neither the substratum morphology and the bottom slope seemed to affect the distribution pattern of juveniles.

RÉSUMÉ

Vacchi M., G. La Mesa, M.G. Finoia, P. Guidetti, S. Bussotti, 1999 - [Mesures de protection et juvéniles de mérou, *Epinephelus marginatus* (Lowe. 1834) (Pisces, Serranidae), dans la Réserve marine de l'île d'Ustica (Italie, mer Méditerranée)]. Mar. Life, 9 (2) : 63-70.

Le mérou *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) a été étudié de septembre 1995 à septembre 1997 dans la Réserve marine de l'île d'Ustica par des recensements visuels saisonniers, afin d'évaluer la densité et la distribution des juvéniles dans les eaux côtières superficielles. Le recensement a été effectué dans plusieurs sites, dans les trois zones de la Réserve caractérisée par différents niveaux de protection. L'analyse statistique des données d'abondance a permis d'évaluer l'influence du niveau de protection, de la période d'échantillonnage et de la morphologie du fond sur les juvéniles de mérou. Pour la plus petite classe de taille considérée (0-10 cm LT), on n'a pas enregistré de différence significative d'abondance entre les trois zones, tandis que le nombre des autres juvéniles (11-30 cm LT) est positivement corrélé au niveau de protection. La densité des petits mérous a montré des différences saisonnières, avec une diminution en hiver. Par contre, la morphologie du fond ou la pente semblent peu influencer la distribution des petits mérous.

INTRODUCTION

The dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) is one of the most popular Mediterranean littoral fishes. During the last decades,

this species has suffered increasing levels of fishing pressure because of its high commercial value, resulting in the dramatic decline of dusky grouper stocks in the NW Mediterranean aggravated by further decline due to its ecological and biological fea-

tures. In such a context, this serranid has become more and more bashful and fearful thus shifting to deeper bottoms (Bruslé, 1985).

However, the prohibition or the regulation of the fishing activities in the marine protected areas allowed the dusky grouper to reach a reasonable population density at very shallow depth as well (Harmelin *et al.*, 1995; Zabala *et al.*, 1997). Such a situation was observed in the marine reserve of Ustica, during a study carried out on the fish assemblage of the island (La Mesa, Vacchi, 1999).

Starting from our first findings, we have collected data on the distribution pattern and density of the juveniles of *E. marginatus* in the shallowest coastal zone of the island.

In this paper the role of protection level, seasonality and habitat features on grouper abundance variability was evaluated.

MATERIAL AND METHODS

Ustica is a small volcanic island (area 8 Km²) in the Southern Tyrrhenian Sea (Mediterranean Sea), 36 miles North of the Sicilian coast. Established in 1986, the reserve of Ustica is one of the most important Italian marine protected areas, in terms of size and management efficiency. The coastal area of the island is divided into three different zones, A, B and C, characterised by a decreasing level of protection (figure 1).

In zone A (integral reserve), a small area (350 m offshore) located along the Northwestern coast, all fishing activities and navigation are forbidden. This core zone is surrounded by zone B (general reserve), in which local small-scale fishing, angling and diving are permitted. In zone C (partial reserve), which includes the South coastal area of the island, local small-scale fishing (with municipal authorization) and all types of recreational fishing (including spear fishing) are allowed.

During five surveys carried out from September 1995 to September 1997, the shallow-water population of dusky grouper (*E. marginatus*) was visually censused at several sites in the three reserve zones (figure 1). Overall, 145 censuses were performed using the random time-transect technique (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985; Harmelin, Marinopoulos, 1993) along strips of 5 m width, randomly placed between the coastline and 3 m depth. For each time-transect, the observer snorkelled during 15 min and recorded the number and size (total length, TL) of individuals and some bottom features (slope, type of substratum). The length of each time-transect ranged from 30 m to 45 m (from 150 m² to 225 m² censused surface areas).

Three types of hard substratum covered by photophilic algae have been identified: rocks (RAF), boulders (diameter larger than 30 cm) (BAF) and pebbles (diameter smaller than 30 cm) (PAF). The bottom slope (a) was defined as gentle ($0 < a < 23^\circ$),

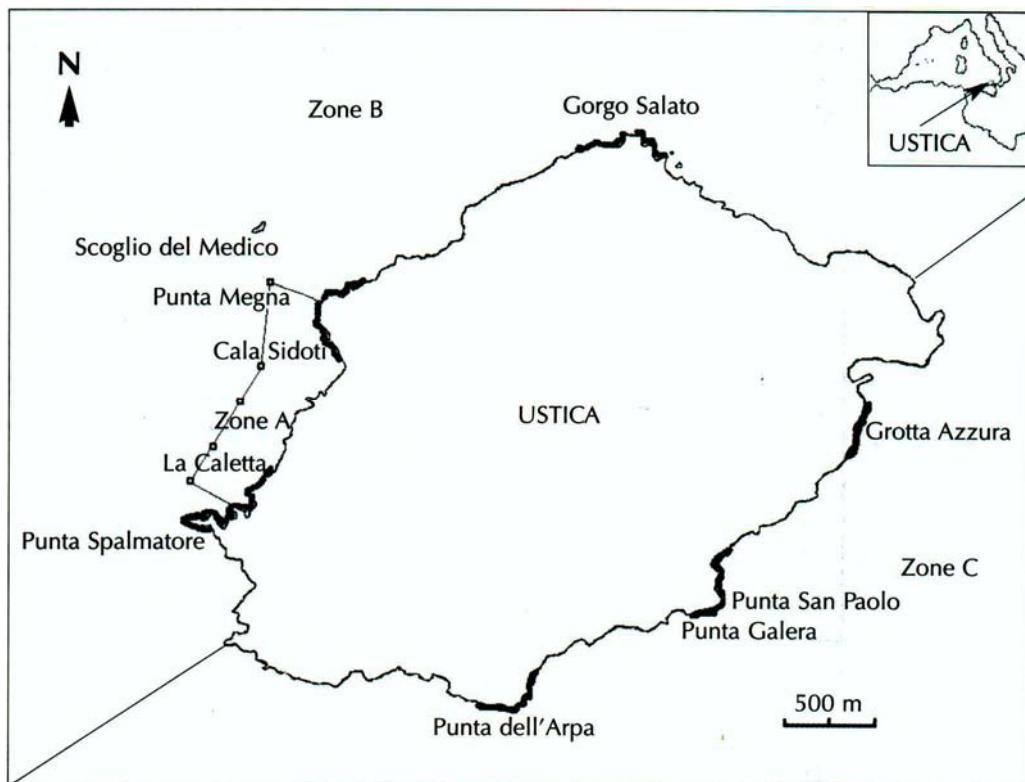


Figure 1 - Study area and location of sampling sites. / Zone d'étude et localisation des sites de prélèvements.

medium ($23 < a < 45^\circ$), steep ($45 < a < 67^\circ$) and sheer ($67 < a < 90^\circ$) (Harmelin-Vivien *et al.*, 1995).

Although the surface area censused during each transect was variable, a constant value, 150 m^2 , was used for calculating the mean density of grouper. The censused individuals were grouped into three size classes 5-10 cm, 11-20 cm and 21-30 cm. The whole data set has been analyzed by means of a discriminant analysis. The influence of protection level on grouper density was evaluated by comparing the mean density of individuals estimated in the three reserve zones. To evaluate the abundance variability in time and according to the type of substratum and bottom slope, data collected in zones A, B and C was analyzed separately. The bottom slope data were grouped into two classes (gentle-medium and steep-sheer) and separately analyzed for the different substrata, when sampling was statistically sufficient. All statistical comparisons were performed by means of a Mann-Whitney U test.

RESULTS

Most of the grouper (95%) censused in the 0-3 m depth zone were young individuals (TL = 5-30 cm). As few individuals larger than 30 cm TE were observed, they were not considered in the analysis of data. The smallest grouper (TL = 5 cm) were sampled on September 1995 and were the early post-settlement individuals (0^+ age class) of that year (Chauvet, 1988).

The discriminant analyses attest that abundance was significantly related ($p < 0.0001$) to the protection level (*i.e.* the sampling zone) (figure 2) or to the sampling period (tested as dependent variables). The factor scores assigned to zones A and C

Table I - Results of the Mann-Whitney U test for the differences in density among the three zones of the reserve.
 $*P < 0.05$; $**P < 0.01$; $***P < 0.001$. / Résultats du test Mann-Whitney U des différences de densité entre les trois zones de la réserve. $*P < 0.05$; $**P < 0.01$; $***P < 0.001$.

Size class	Zones			
	11-20 cm	A	B	C
21-30 cm		A	>	C
		"	A	C
		"	B	C
				*

are clearly separated, whereas those of zones C and B partially overlap. The greatest contribution to this zone discrimination comes from the abundance data of the 21-30 cm size class.

An evident shift can be detected between the factor scores of August 1996 and those of the other periods (mainly March 1997 and September 1997) which partially overlap. The 5-10 cm size class was mainly responsible for this shift.

In order to investigate the results of the discriminant analysis, the Mann-Whitney Test has been applied to the abundance data of the three size classes.

The mean density of grouper recorded in zones A, B and C during the whole study period has been calculated (figure 3). Density increased significantly with protection level for the 11-20 and 21-30 cm size classes, whereas it tended to decrease for the 5-10 cm class size (table I).

There is a notable variability in time of the mean density of grouper censused in the three zones of the Ustica reserve (figure 4). A remarkable decrease of grouper abundance in winter was the main seasonal

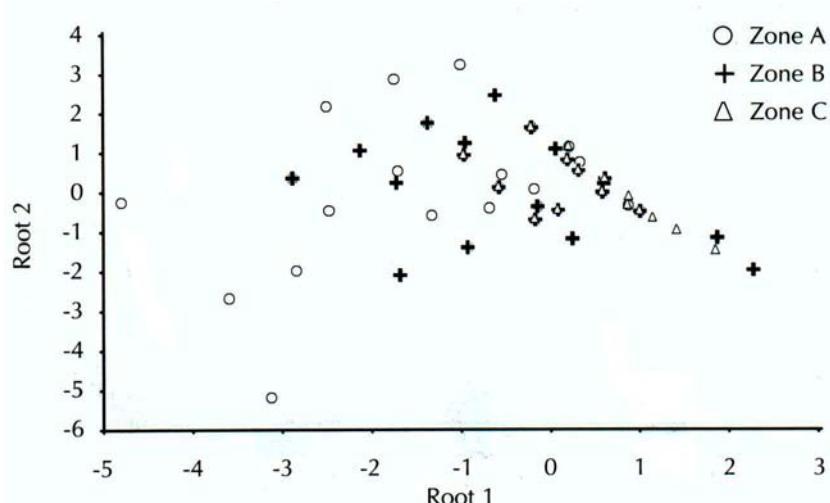


Figure 2 - Discriminant analysis of the whole abundance data. Scatter plot of discriminant functions among the three zones of the Ustica Reserve. / Analyse discriminante de l'ensemble des données d'abondance. Courbe de dispersion des fonctions discriminantes entre les trois zones de la Réserve d'Ustica.

Table II - Results of the Mann-Whitney U test for the difference in density among the sampling periods in the three zones of the reserve. *P<0.05; **P<0.01. / Résultats du test Mann-Whitney U des différences de densité entre les périodes de prélèvement dans les trois zones de la réserve. *P<0.05 ; **P<0.01.

Zone	Size class	Sampling periods				
		0-10 cm	August 1996	>	March 1997	*
A	"	"	"	>	September 1997	*
	11-20 cm	September 1995		>	March 1997	*
	"	June 1996		>	March 1997	*
	"	August 1996		>	March 1997	*
	21-30cm	September 1995		>	June 1996	*
	"	"		>	August 1996	*
	"	"		>	March 1997	*
	"	June 1996		>	March 1997	*
	"	September 1997		>	March 1997	*
B	0-10 cm	August 1996		>	September 1995	**
	"	"		>	June 1996	*
	"	"		>	March 1997	*
	11-20 cm	June 1996		>	September 1997	**
C	0-10 cm	August 1996		>	March 1997	*
	0-10 cm	August 1996		>	September 1997	**

trend, as evidenced by the significant differences among the surveys (table II). As for yearly differences, the comparison between the warm seasons shows that the highest density of individuals of the 0-10 cm size class was recorded on August 1996 (table II).

The mean density of grouper in relation to the type of substratum, calculated for the whole study period in zones A, B and C, is reported in figure 5. The highest number of individuals of 21-30 cm size class was everywhere observed in the BAF substratum, while the highest density of grouper of 5-10 and 11-20 cm size classes was registered on a different substratum within each zone. In zone A, a significantly higher number of individuals (the median) of 11-20 cm was censused on the RAF than on the PAF

Table III - Results of the Mann-Whitney U test for the difference in density among the different bottom types in the three zones of the reserve. BAF: boulders with photophilic algae; PAF: pebbles with photophilic algae; RAF: rock with photophilic algae. *P<0.05. / Résultats du test Mann-Whitney U des différences de densité entre les différents types de fonds dans les trois zones de la réserve. BAF : éboulis rocheux à algues photophiles ; PAF : galets à algues photophiles. RAF: rochers à algues photophiles. *P<0.05.

ZONE	SIZE CLASS	BOTTOM TYPES				
		A	11-20 cm	RAF	>	PAF
C	0-10 cm	PAF	>	BAF		*

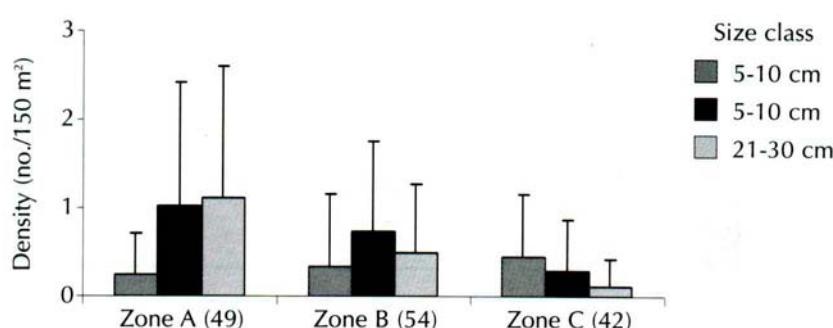


Figure 3 - Mean density (+ SD) of grouper in the three zones of the reserve. In brackets: number of performed time-transect. / Densité moyenne (+ écart-type) de mérous dans les trois zones de la réserve. Entre parenthèses : nombre de transects-temps réalisés.

substratum (table III). Conversely, in zone C the density of grouper of the 0-10 cm size class was higher on PAF than on RAF substratum.

The mean density of grouper calculated for the different bottom slope categories (figure 6) generally peaks on bottoms with gentle-medium slope in the three zones of the reserve. To evaluate the influence of bottom slope on grouper density, only one substratum has been considered for each zone, namely the RAF substratum for zones A and C and the BAF substratum for zone B. None of the comparisons showed any significant difference.

DISCUSSION

In the present study conducted in the marine reserve of Ustica Island the abundance of dusky grouper was assessed on a 0-3 m depth range. The location of recruitment habitats in such a shallow coastal area justified our sampling strategy.

The sampling design allowed us to evaluate differences in abundance in relation to protection degree, sampling season and bottom topography that characterise each zone of the marine reserve.

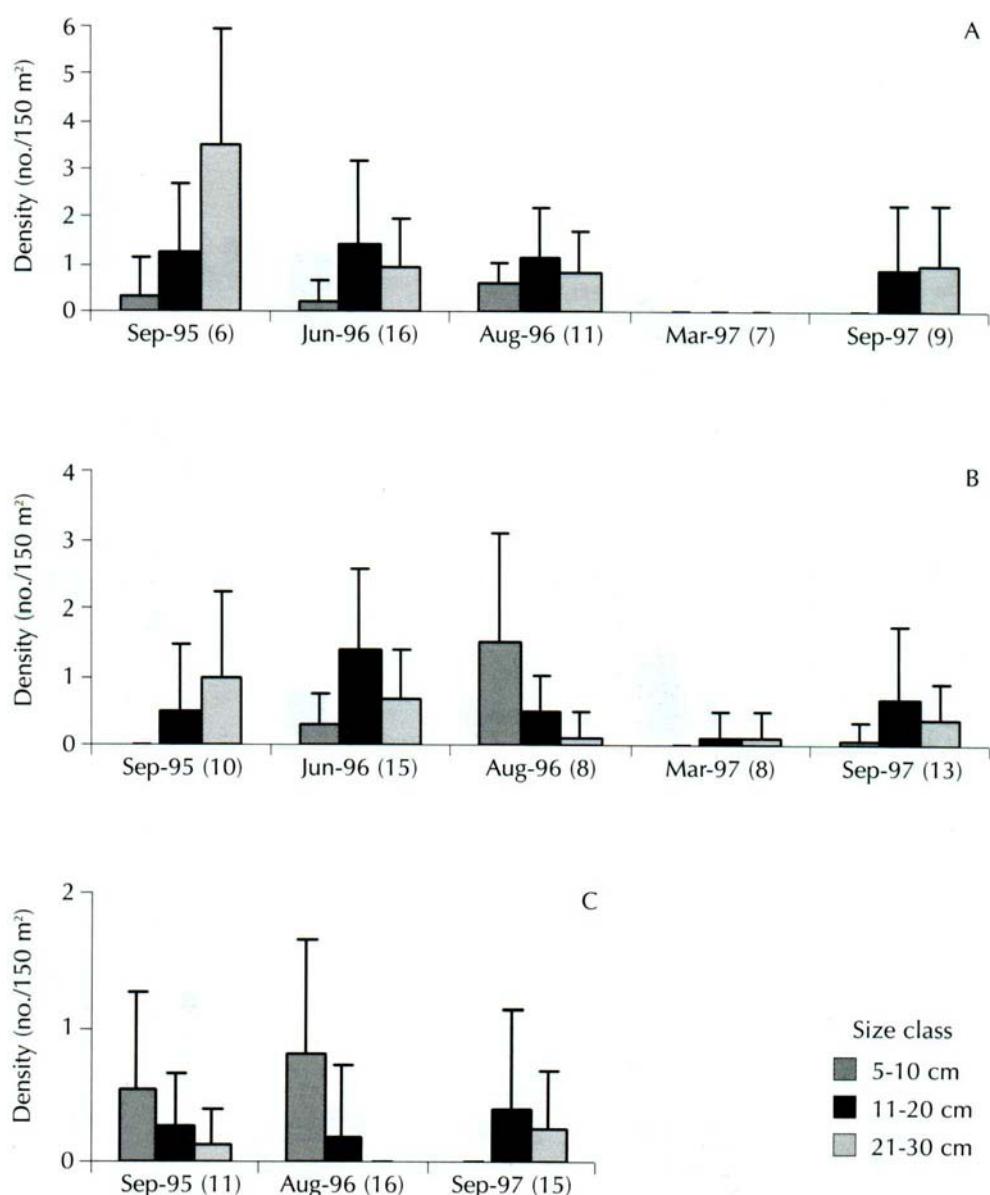


Figure 4 - Mean density (+ SD) of grouper in the three zones (A, B and C) of the reserve during each sampling period. In brackets: number of performed time transects. / Densité moyenne (+ écart type) de mérous dans les trois zones de la réserve (A, B et C) pendant chaque période de prélèvements. Entre parenthèses : nombre de transects-temps réalisés.

The discriminant analysis applied on the whole abundance data shows that both the protection level and the sampling season influenced the population density. The most relevant protection-related differences were between zones A and C. Zone A contrasts with the other zones mainly because of the frequency of the 21-30 cm size class. This finding is probably due to the reserve effect in zone A on the larger grouper which, in the other zones, can be caught by the fishermen. The comparable density of the smaller individuals among zones suggests that they have a similar potential for recruitment.

As regards the variability in time of grouper abundance, the discriminant analysis indicates a partial overlap between the different surveys, except for August 1996. The significant yearly differences observed among the summer surveys for the smallest size class could be due to changes in post-settlement survival, for instance.

As suggested by our data, the decrease of grouper occurrence in the coastal area during winter, already observed for adults in some areas of North Western Mediterranean (Chauvet, Francour, 1989; Chauvet, 1991; Chauvet *et al.*, 1991), seems to be an

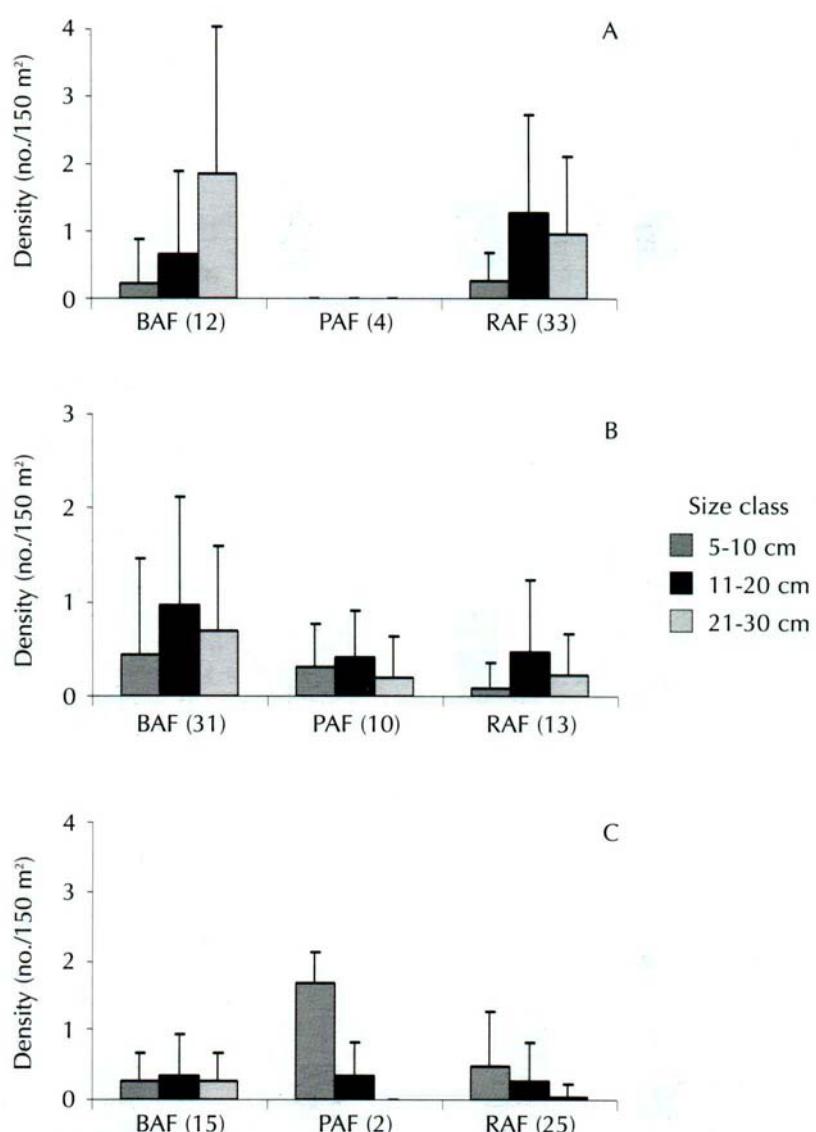


Figure 5 - Mean density censused on different substrata in the three zones (A, B and C) of the reserve. BAF: boulders with photophilic algae; PAF: pebbles with photophilic algae; RAF: rock with photophilic algae. In brackets: number of performed time-transect. / Densité moyenne (+ écart-type) recensée sur différents substrats dans les trois zones de la réserve (A, B et C). BAF : éboulis rocheux à algues photophiles ; PAF : galets à algues photophiles; RAF : rochers à algues photophiles. Entre parenthèses : nombre de transects-temps réalisés.

age-independent phenomenon, concerning also juveniles.

Although the discriminant analysis did not provide a significant model for the substratum type variable, the differences in abundance between the different substrata tested by means of the Mann-Whitney test were sometimes significant. Nevertheless, the above results should be considered with caution due to the small number of censuses for some substrata. However, the observed juveniles seemed to have no clear preference for substrate topography or bottom slope.

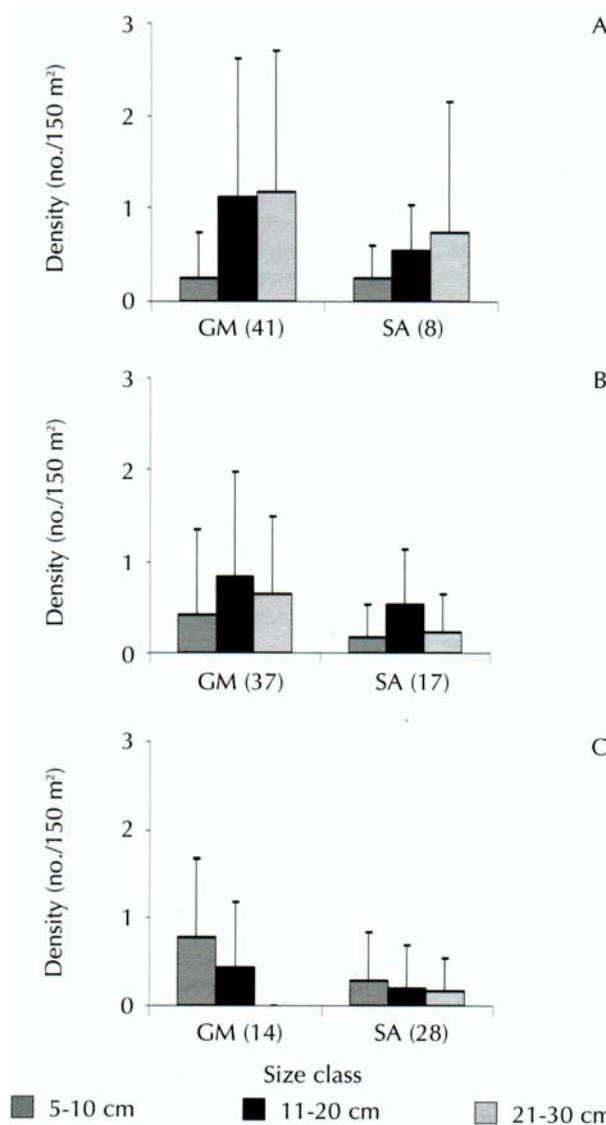


Figure 6 - Mean density (+ SD) of grouper censused on different bottom slope categories in the three zones (A, B and C) of the reserve. GM: gentle-medium slope; SA: steep-abrupt slope. In brackets: number of performed time-transect. / Densité moyenne (+ écart type) recensée sur des différentes catégories de pentes de fond dans les trois zones de la réserve (A, B et C). GM : pente douce-moyenne ; SA : pente raide-abrupte. Entre parenthèses : nombre de transects-temps réalisés.

CONCLUSION

The widespread distribution of dusky grouper in the shallow coastal zone of the Ustica marine reserve represents the most interesting finding revealed by the present study. The habitat suitability and the enforcement of restrictive measures on fishing activities probably interact in promoting this process.

The shallow rocky shores of all the three zones of the reserve seem to be suitable for the post-settlement phase of early juveniles. Conversely, the density of the larger young grouper increases with the level of protection, probably as a consequence of fishery exploitation (e.g. spear fishing).

The habitat suitability does not seem to be affected by the bottom heterogeneity defined on a large spatial scale (150 m² transect). Thus, holes and crevices in the rocky plateau could provide to young individuals the same shelter opportunities as offered by more uneven substrata (e.g. with boulders or pebbles).

The scarcity of records of grouper during winter is not still fully understood. An offshore migration or a stronger tendency to stay inside shelters in the wintertime could be hypothesized to explain such a phenomenon.

ACKNOWLEDGEMENTS

The research was supported by funds provided by the Natural Marine Reserve of Ustica Island. We are indebted to two anonymous referees who helped to significantly improve this paper.

BIBLIOGRAPHIE

- Bruslé J., 1985 - Exposé synoptique des données biologiques sur les mérous *Epinephelus aeneus* (Geoffroy Saint Hilaire, 1809) et *Epinephelus guaza* (Linnaeus, 1758) de l'océan Atlantique et de la Méditerranée. FAO, Synopsis sur les pêches, **129**, 64 pp.
- Chauvet C., 1988 - Étude de la croissance du mérou *Epinephelus guaza* (Linné, 1758) des côtes tunisiennes. *Aquat. Living Resour.*, **1** (4) : 277-288.
- Chauvet C., 1991 - Statut d'*Epinephelus guaza* (Linnaeus, 1758) et éléments de dynamique des populations méditerranéenne et atlantique. In : *Les espèces marines à protéger en Méditerranée*. C.F. Boudouresque, M. Avon, V. Gravez (eds), GIS Posidonie Publ., Marseille, pp : 255-275.
- Chauvet C., P. Francour, 1989 - Les mérous *Epinephelus guaza* du Parc National de Port-Cros (France) : Aspects socio-démographiques. *Bull. Soc. zool. Fr.*, **114** (4) : 5-13.
- Chauvet C., G. Barnabé, J. Bayle Sempere, C.H. Bianconi, J.L. Binche, P. Francour, A. Garcia Rubies, J.G. Harmelin, R. Miniconi, A. Pais, P. Robert , 1991 - Recensement du mérou *Epinephelus guaza* (Linnaeus, 1758) dans les réserves et parcs marins des côtes méditerranéennes françaises. In : *Les espèces marines à protéger en Méditerranée*. C.F. Boudouresque, M. Avon, V. Gravez (eds), GIS Posidonie Publ., Marseille, pp : 277-290.

- Harmelin J.G., J. Marinopoulos, 1993 - Recensement de la population de corbs (*Sciaena umbra* Linnaeus, 1758 : Pisces) du Parc National de Port-Cros (Méditerranée, France) par inventaires visuels. *Trav. sci. Parc natl Port-Cros*, **15** : 265-276.
- Harmelin J.G., F. Bachet, F. Garcia, 1995 – Mediterranean marine reserves : Fish indices as tests of protection efficiency. *P.S.Z.N.I : Mar. Ecol.*, **16** (3) : 233-250.
- Harmelin-Vivien M., J.G. Harmelin, C. Chauvet, C. Duval, R. Galzin, P. Lejeune, G. Barnabé, F. Blanc, R. Chevalier, J. Duclerc, G. Lasserre, 1985 - Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons : méthodes et problèmes. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, **40** : 467-539.
- Harmelin-Vivien M.L., J.G. Harmelin, V. Leboulleux, 1995 - Microhabitat requirements for settlement of juvenile sparid fishes on Mediterranean rocky shores. *Hydrobiologia*, **300/301** : 309-320.
- La Mesa G., M. Vacchi, 1999 - An analysis of the coastal fish assemblage of the Ustica Island marine reserve (Mediterranean Sea). *P.S.Z.N.I : Mar. Ecol.*, **20** (2) : 147-165.
- Zabala, M., P. Louisy, A. Garcia-Rubies, V. Gracia, 1997 - Socio-behavioural context of reproduction in the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Sci. mar.*, **61** (1) : 79-98.

Received January 1999; accepted February 2000.

Reçu en janvier 1999 ; accepté en février 2000.