

STRUCTURE DÉMOGRAPHIQUE ET ÉTAT D'EXPLOITATION DES POPULATIONS DU CORAIL ROUGE *CORALLIUM RUBRUM* (LINNAEUS, 1758) DANS LE NORD DE LA TUNISIE

Sabri JAZIRI^{1,2*}, Adel GAAMOUR¹ et Othman JARBOUI¹

1. Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, Centre La Goulette.

2. Institut National Agronomique de Tunisie (INAT), 1082 Mahrajène, Tunisie

*sabrijaziri@gmail.com

ملخص

التركيب الديموغرافية وحالة الاستغلال للمرجان الأحمر (*Corallium rubrum*) بالسواحل الشمالية للبلاد التونسية: ارتبط المرجان الأحمر بثقافة وعادات سكان البحر الأبيض المتوسط. فقد استغل هذا النوع لفترة طويلة وكان عرضة للصيد المكثف خصوصا في الأعماق التي تقل على 50 م. قامت هذه الدراسة بتحليل التركيبة الديموغرافية وحالة استغلال المرجان الأحمر بشمال البلاد التونسية بين المناطق و حسب تدرج الأعماق التي تتراوح بين 38 و 118 م. تبين هذه الدراسة أن 20% من المناطق غير مستغلة و 10% مناطق مستغلة استغلال مفرط. لقد سجلنا أن 51% من الشعب المرجانية ذات اقطار قاعدية اقل من 7 مم و أن أدنى قطر قاعدي لعينات المرجان الأحمر بالأعماق التي تقل على 50 مترا موجودة بمنطقتي بنزرت و طبرقة/سيدي مشرق بمعدل $6,24 \pm 1,6$ و $6,57 \pm 0,9$ مم على التوالي. و بالمقابل أكبر متوسط أحجام سجل بالأعماق التي تفوق 50م على غرار منطقة الاسركيس بمعدل $8,83 \pm 3,2$ مم. اخذا بعين الاعتبار اختلاف مناطق الصيد، حالة الاستغلال و التركيبة الديموغرافية للشعب المرجانية من الضروري وضع خطة استغلال حسب كل منطقة. فيالتعاون الوثيق بين الصيادين، الباحثين و الادارة بالإمكان إنشاء منظومة استغلال تحافظ على هذا المورد الهام للاقتصاد التونسي.

كلمات مفتاح: المرجان الاحمر، التركيبة الديموغرافية، حالة الاستغلال، تدرج الاعماق، الشمال التونسي.

RESUME

Le corail rouge *Corallium rubrum* est une espèce emblématique de la Méditerranée. L'exploitation de cette ressource date depuis longtemps, et elle a fait l'objet d'une pêche intensive surtout dans les profondeurs inférieures à 50m. Notre étude porte sur l'analyse par zone et par strate de profondeur de la structure démographique et de l'état d'exploitation des populations du *Corallium rubrum* au nord de la Tunisie. Indépendamment de la zone prospectée, 20 % des sites sont considérés vierges et 10 % ravagés. En outre, 51 % des colonies ont des diamètres inférieurs à 7mm (taille limite légale, recommandation CGPM-SAC). L'analyse des structures démographiques des colonies montre que *C. rubrum* échantillonné dans les strates de profondeurs inférieures à 50m dans les zones de Bizerte et Tabarka/Sidi Mechrigh possèdent les plus faibles diamètres ($6,2 \pm 1,6$ et $6,57 \pm 0,9$ mm respectivement). Par contre, les plus grands diamètres des colonies sont observés dans les strates de profondeurs supérieures à 50m notamment dans les bancs des Esquerquis où le diamètre moyen observé est de $8,83 \pm 3,2$ mm. Tenant compte de la variabilité spatiale (zone et strate de profondeur) de l'état d'exploitation et des structures démographiques des populations du corail rouge exploitées obtenue dans la présente étude. Il est recommandé de gérer et aménager les pêcheries du corail rouge par zone. Une collaboration étroite entre les pêcheurs, les scientifiques et les décideurs est nécessaire pour établir les mesures de gestion adéquates et remédier aux risques d'effondrement de cette ressource.

Mots clés : Corail rouge *Corallium rubrum*, structure démographique, état d'exploitation, strate de profondeur, région Nord de la Tunisie

ABSTRACT

Demographic structure and harvesting status of the red coral populations *Corallium rubrum* (Linnaeus, 1758) studied in the Northern coast of Tunisia: The Mediterranean red coral (*Corallium rubrum*) is emblematic species of the Mediterranean Sea. Red coral trade and its use as amulets and in jewellery industry began many millennia ago. *C. rubrum* have been the target of intensive fishing throughout the Mediterranean, especially at depths shallower than 50m. Our study focuses on the analysis of the demographic structure of *C. rubrum* at depths ranging from 38 to 118 m in order to evaluate the impact of harvesting. Results showed that for all areas combined, 20% are pristine sites and 10% are devastated. In addition, 51% of colonies diameters are fewer than 7mm (recommendation of minimum legal size, GFCM-SAC). The red coral colonies dwelling shallower than 50 meters in Bizerte and Tabarka/Sidi Mechrigh have the lowest basal diameter ($6,2 \pm 1,6$ and $6,57 \pm 0,9$ mm, respectively). However, the red coral colonies dwelling deeper than 50m including Esquerquis benches have the largest basal diameter with an average of $8,83 \pm 3,2$ mm. To preserve the red coral fishery in Tunisia, it is necessary to provide a management plan at the regional level, taking into account the specificity of each fishing area. Also a close collaboration between fishermen, scientists and policy makers is needed to establish harvesting regulation and to encourage management at the regional level. Indeed, recovery of this long-lived and slow-growing species could be detected only over decades or even centuries.

Keywords : red coral, *Corallium rubrum*, demographic structure, harvesting status, north coast of Tunisia, depth gradients, north coast of Tunisia.

INTRODUCTION

Les Octocoralliaires sont des espèces suspensives qui jouent un rôle important dans l'écosystème marin (Gili et Coma, 1998). Le corail rouge *Corallium rubrum*, qui appartient à cette sous-classe, fait l'objet d'une exploitation intense depuis des siècles (Tescione, 1968). L'obligation de le protéger devient une nécessité. Il a été inclus dans plusieurs conventions internationales pour la conservation de la biodiversité marine : dans l'annexe V de la Directive Habitats de l'Union européenne depuis 1992 (92/43/CEE) ; dans l'annexe III de la Convention de Berne ; dans l'annexe III du protocole relatif aux aires spécialement protégées et à la diversité biologique en Méditerranée (Convention de Barcelone). Les stratégies de conservation et de gestion à adopter par les différents pays de la Méditerranée sont en cours d'élaboration par les institutions régionales (Bruckner, 2010 ; Bussoletti et al., 2010 ; Chang et al., 2013 ; Santangelo et Bramanti, 2010).

Les études qui décrivent les structures démographiques permettent d'avoir une idée sur l'état des populations, leurs recrutements, croissances et mortalités (García-Rodríguez et Massò, 1986 ; Garrabou et Harmelin, 2002 ; Garrabou et al., 2001 ; Santangelo et Abbiati, 2001 ; Tsounis et al., 2006 ; Tsounis et al., 2007).

À l'échelle nationale, les données relatives à la biologie et la dynamique du corail rouge exploité sont rares. Elles sont limitées à quelques informations sur la répartition géographique (Ben Mustapha, 1988 ; Carpine et Grasshoff, 1985), l'âge (Jebali, 2005) ainsi qu'une évaluation du stock sur la base des modèles globaux (Chouba et Tritar, 1998). Dernièrement, une étude génétique des populations du corail rouge au nord de la Tunisie a dévoilé que ces populations se caractérisent par une faible structuration et une grande diversité génétique notamment dans les bancs des Esquerquis (Jaziri et al., 2016). Le présent travail est une première tentative de définition des zones de pêche, d'analyse des structures démographiques et de l'état d'exploitation du corail rouge par zone et par strate de profondeur en Tunisie.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Échantillonnage

Les principaux ports de débarquements du *C. rubrum* en Tunisie sont les ports de pêche de Bizerte et de Tabarka. Durant la période 2008-2013, des mensurations du diamètre basal des colonies du corail rouge ont été effectuées dans ces ports, lors des débarquements, au cours de la pêche expérimentale

ainsi que dans les entrepôts des corailleurs. Au total, 12 862 colonies ont été mesurées (Tab I). Elles sont réparties comme suit:

- 1600 colonies ont été échantillonnées dans les entrepôts des corailleurs.
- 8369 colonies ont été échantillonnées lors des débarquements, réparties sur 184 sites de plongées.
- 2893 colonies ont été échantillonnées lors de la pêche expérimentale. Les sorties ont été réalisées moyennant 16 unités de pêche au corail rouge (représentent 66,6 % des unités enregistrées en 2013). Au total, 54 jours en mer et 148 plongées professionnelles ont été réalisés.

Les données relatives à la description de l'état des sites de plongée (repousse, état d'exploitation, densité, taille et ramification des colonies) ont été collectées à partir des fiches enquêtes distribuées aux armateurs et patrons de pêche du corail rouge. Au total, 13 666 fiches ont été recueillies dont 4238 ont été retenues. Le reste des fiches présentait des données erronées ou des lacunes concernant la position ou la description de l'état d'exploitation du site de la plongée.

Zones d'étude

En Tunisie, la pêche du corail rouge est pratiquée dans la région nord. Cette région s'étend sur environ 115 miles marins soit de l'ordre de 33 % de l'ensemble des côtes Tunisiennes. Elle est limitée à l'ouest et à l'est respectivement par les méridiens 8°40'E et 11°20'E et elle est limitée au nord et au sud respectivement par les parallèles 38°50'N et 37°05'N. Sur la base des informations relatives à la répartition spatiale des plongées. En tenant compte des fiches effectuées durant la période 2008 - 2013, on a subdivisé la région nord de la Tunisie en 5 zones de pêche du corail rouge comme suit (Fig. 1) :

- Zone 1 : Bizerte, qui est limitée à l'est par les îles Cani, à l'ouest par la ligne reliant Cap Blanc et Cap Zebib et au nord par l'isobathe 100 m.
- Zone 2 : les bancs des Esquerquis, situés à 33 km au Nord-est des îles Canis. Elle comporte trois sous-bancs à savoir l'Hecate, le récif Keith et le banc Sylvia.
- Zone 3 : Fratelli/Ras enjela. Cette zone se situe entre le Cap blanc et Cap serrat.
- Zone 4 : Tabarka/Sidi mechrig : cette zone est située entre la frontière Tuniso-algérienne et Cap serrat.
- Zone 5 : La Galite : se situe à 64 km au nord Est de Tabarka. Elle est caractérisée par trois bancs à savoir les écueils des Sorelles, les bancs des Mazarilles et Spiss.

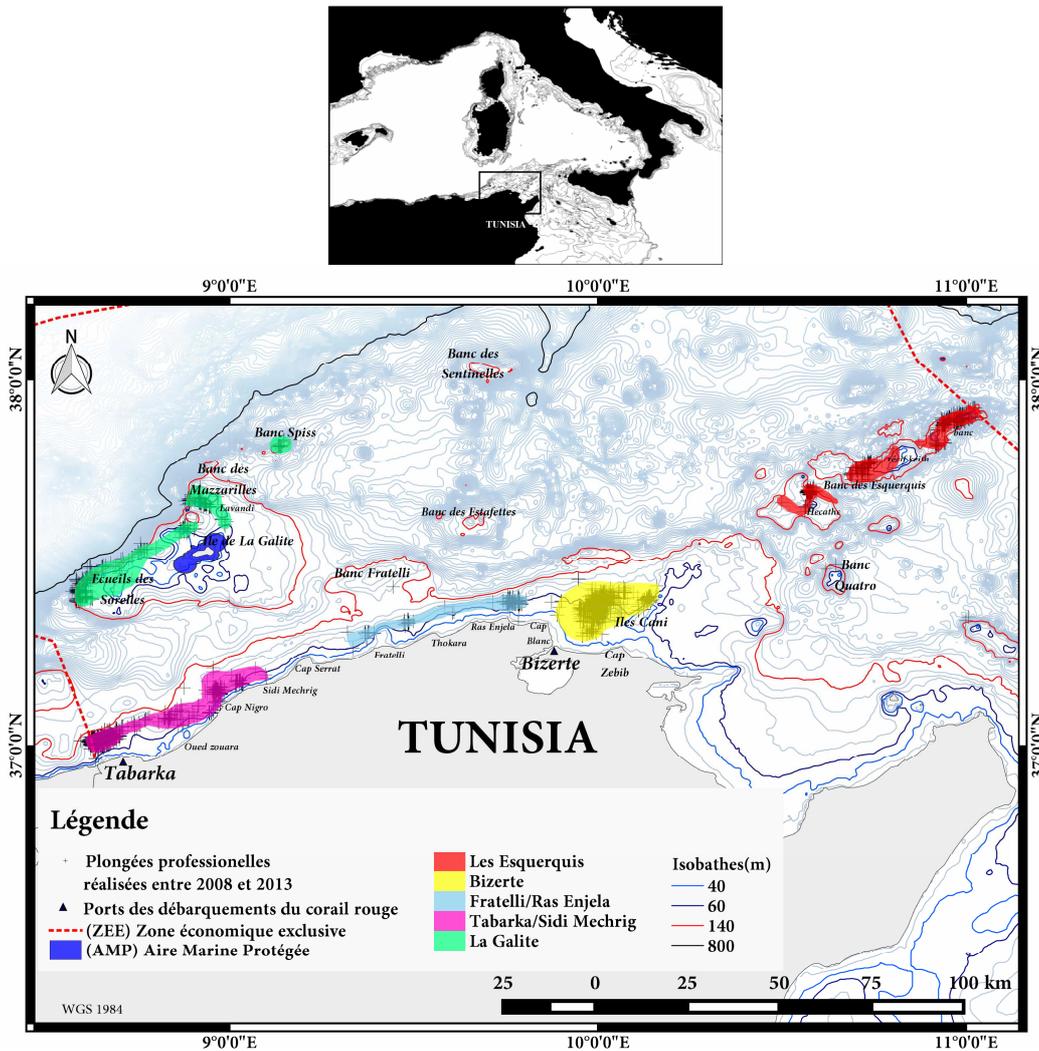


Figure 1: Distribution spatiale des plongées professionnelles effectuées entre 2008 et 2013.

Tableau I : Paramètres de la distribution des diamètres des colonies du corail rouge *C. rubrum* par zone de pêche. Avec (N) nombre de colonies, (g1) coefficient symétrie, (g2) coefficient d'aplatissement et (SE) erreur standard.

Zone	N	Profondeur (m)		Diamètre basal (mm)		Asymétries			Aplatissement		
		minimale	maximale	Moyenne	Écart-type	g1	SE g1	Sig g1 (>2)	g2	SE g2	Sig g2 (>2)
Bizerte	6679	43,8	85	6,65	1,81	1,08	0,03	36,24	2,48	0,06	41,45
Esquerquis	1303	52	91	8,83	3,26	1,49	0,06	21,99	3,77	0,13	27,89
La Galite	2834	54	118	7,97	2,69	1,41	0,04	30,73	4,92	0,09	53,58
Fratelli/Ras Enjela	178	52	72	7,52	2,16	1,19	0,18	6,56	2,36	0,36	6,52
Tabarka/Sidi Mechrig	1868	38	110	8,13	2,54	1,85	0,05	32,82	9,35	0,11	82,62

Les nombres en gras désignent les coefficients significatifs

On signale que pour la définition des zones, on n'a tenu compte que des zones où le nombre de plongées est représentatif.

Les sites de pêche ont des profondeurs allant de 38 à 118 m. On a retenu 7 strates de profondeur, à savoir : strate 1 [50 ; 60 [; strate 2 [60 ; 70 [; strate 3 [70 ; 80 [; strate 4 [80 ; 90 [; strate 5 [90 ; 100 [; strate 6 [100 ; 110 [; strate 7 >110 m.

Cette subdivision tient compte essentiellement des spécificités techniques de la plongée professionnelle ainsi que de l'exploitation de l'espèce. En effet les deux premières strates constituent la limite autorisée de la plongée à l'air comprimé. Les autres strates sont caractérisées par une élévation du gradient du mélange hélium-air

comprimé allant du 15 % jusqu'à 45 % pour les profondeurs supérieures à 100 m.

Analyse des données

Le diamètre basal des colonies est retenu pour l'analyse des structures démographiques des populations du corail rouge. En effet, ce paramètre morphométrique est le moins biaisé et le plus simple à prélever. Le diamètre basal du corail rouge présente une forme sphérique irrégulière, le diamètre moyen est calculé à partir de 2 mensurations perpendiculaires (Bramant et al., 2014 ; Priori et al., 2013 ; Santangelo et al., 2003). Les diamètres des colonies sont ensuite classés par classe de 1 mm. On a eu recours aux statistiques descriptives pour l'analyse des structures démographique des populations du corail rouge notamment les deux paramètres de distribution à savoir l'aplatissement et l'asymétrie. L'asymétrie (g1) est la mesure de la symétrie de la distribution par rapport à sa moyenne ; si l'asymétrie est significative alors la distribution est asymétrique. Si l'asymétrie est positive, la population est caractérisée par des petites classes de diamètres, alors qu'une asymétrie négative révèle une dominance des larges classes de diamètres. L'aplatissement (g2) est la mesure d'une distribution par rapport à son modèle normal. Une valeur significative de l'aplatissement indique que la variable a une tendance plus allongée que celle d'une distribution normale, alors on déduit que la dominance d'une classe de taille particulière de la population. Les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement sont significatifs si (g1) par rapport à son erreur standard ou (g2) par rapport à son erreur standard sont supérieurs à 2 (Sokal et Rohlf, 1995).

Les distributions des diamètres basales des échantillons dans les différents sites ne sont pas homogènes et elles ne suivent pas une distribution normale. La distribution normale et l'homogénéité de variances ne sont atteintes qu'après une transformation, de type Box-Cox dont la formule est la suivante :

$$x' = \frac{(x^\lambda - 1)}{\lambda}$$

Avec $\lambda = -0,16$

Une ANOVA à un facteur a été utilisée pour tester l'effet du facteur « zone » sur les diamètres des colonies. Le modèle a été équilibré par un sous-échantillonnage aléatoire, qui correspond au nombre minimum par strate de profondeur et par zone.

RESULTATS

Dans la région nord de la Tunisie les diamètres moyens des colonies de corail rouge oscillent entre 0,9 et 34,6 mm avec une moyenne de $7,39 \pm 2,4$ mm. Les fréquences des diamètres inférieurs à 7 mm sont de l'ordre de 51 %. Indépendamment de la zone et la profondeur, la région nord de la Tunisie se caractérise par une grande repousse de nouvelles colonies, des sites exploités, de grandes densités des colonies, des tailles et des ramifications moyennes (Figs. 4 a, 5 a, 6 a, 7 a, 8 a).

Analyse par zone

Bizerte

Les diamètres des colonies du corail rouge échantillonnées dans la zone Bizerte oscillent entre 1 et 17,4 mm avec une moyenne de $6,65 \pm 1,8$ mm (Fig. 3a) où les faibles classes dominent la distribution (coefficients d'asymétrie g1 positifs et significatifs, Tab I).

La répartition des diamètres selon la profondeur montre que la pêche est répartie sur les 5 premières strates (de 1 à 5), soit pour les profondeurs inférieures à 90 m. En effet, 81,84 % des colonies échantillonnées appartiennent aux strates 2 et 3, dont 52,84 % ont des diamètres inférieurs à 7 mm (Fig. 2a et Tab II). Ces deux strates se caractérisent par une grande repousse, des densités moyennes à denses, des tailles et des ramifications moyennes ainsi qu'un état d'exploitation à un degré exploité (Figs. 4 b, 5 b, 6 b, 7 b, 8 b).

Les diamètres moyens les plus élevés sont enregistrés dans la strate 4 ($7,16 \pm 1,9$ mm) (Tab I, Fig. 3a). Une grande quantité de repousses de nouvelles colonies, des densités faibles, des tailles et des ramifications moyennes avec un niveau d'exploitation faible sont observées dans cette strate (Figs. 4 b, 5 b, 6 b, 7 b, 8 b). Les plus faibles diamètres sont enregistrés dans la strate 1 ($6,2 \pm 1,6$ mm) qui représente 1 % des colonies échantillonnées. L'absence des repousses des nouvelles colonies, un état d'exploitation ravagé, des populations peu denses, avec des petites tailles et faibles ramifications, caractérisent cette strate de profondeur (Tab I et Fig. 4b).

Les bancs des Esquerquis

Les diamètres des colonies oscillent entre 2,51 et 28,7 mm avec une moyenne de $8,83 \pm 3,26$ mm (Fig. 3 b).

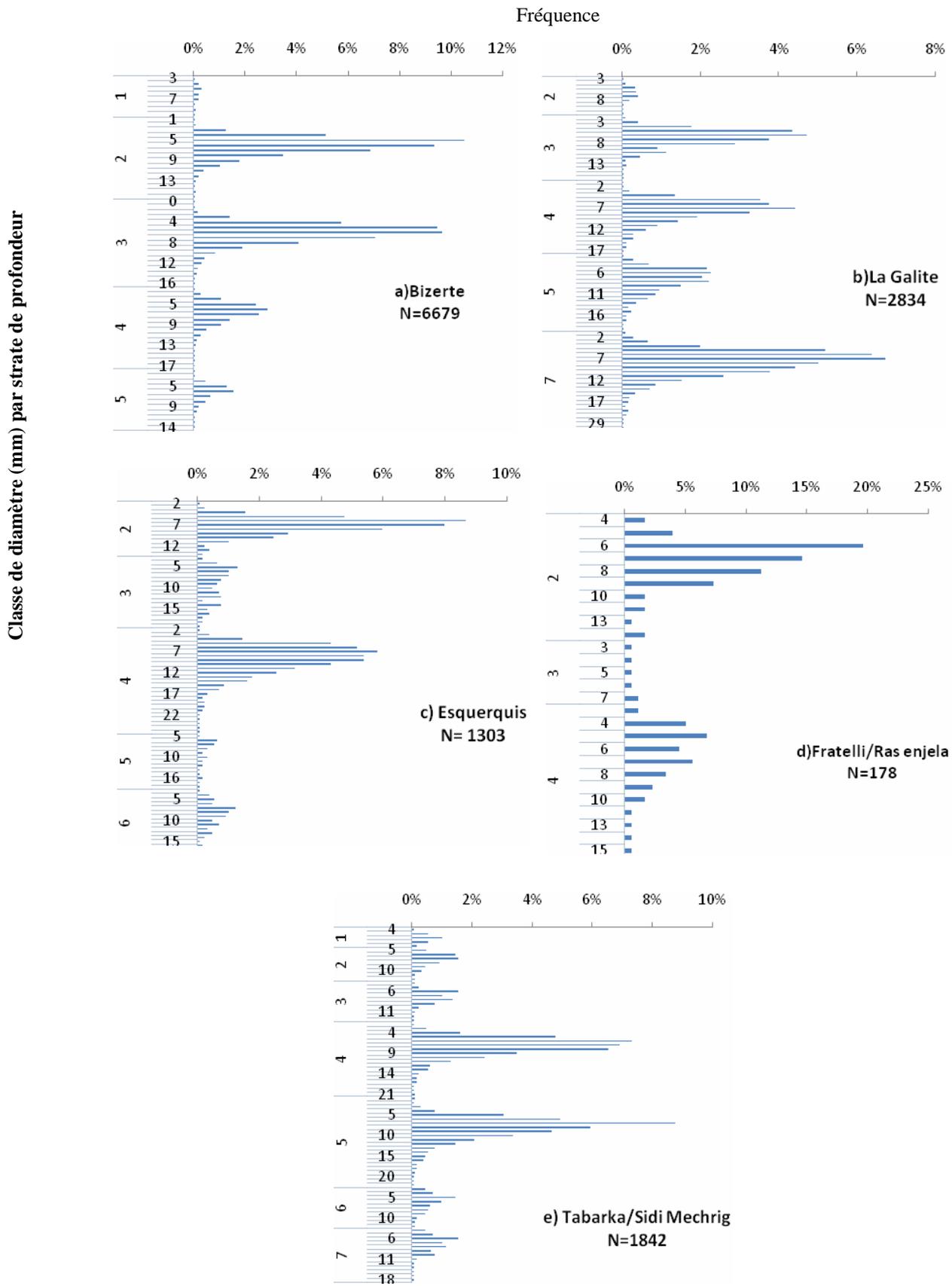
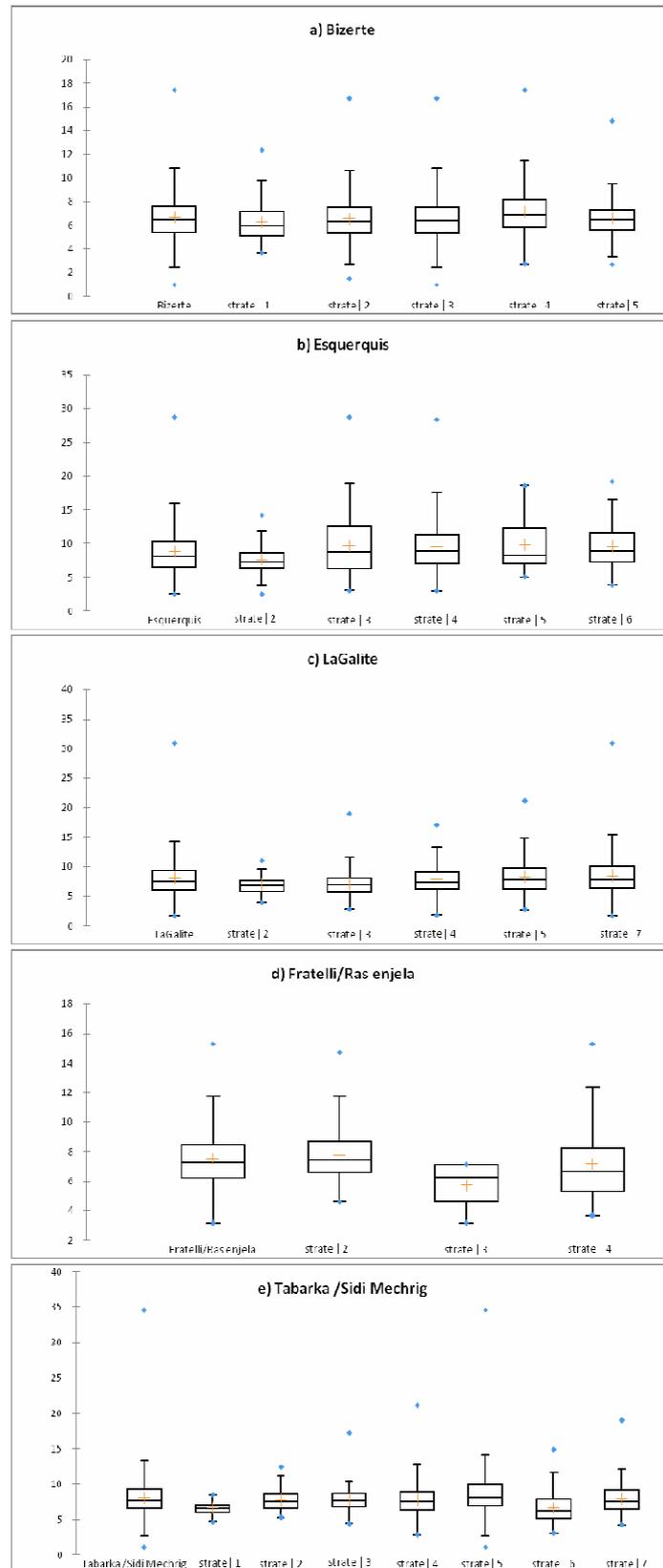


Figure 2 : Distribution des fréquences des diamètres basales des colonies du corail rouge dans le nord de la Tunisie par strate de profondeur et zone de pêche pour la période 2008-2013.

Diamètre moyen en mm



Strate de profondeur

Figure 3 : Répartition des diamètres moyens des colonies du corail rouge *C. rubrum* par zone de pêche et strates de profondeurs de 2008 à 2013. La croix orange indique la moyenne, la barre centrale horizontale est la médiane, les limites inférieures et supérieures des boîtes sont les premiers et troisièmes quartiles.

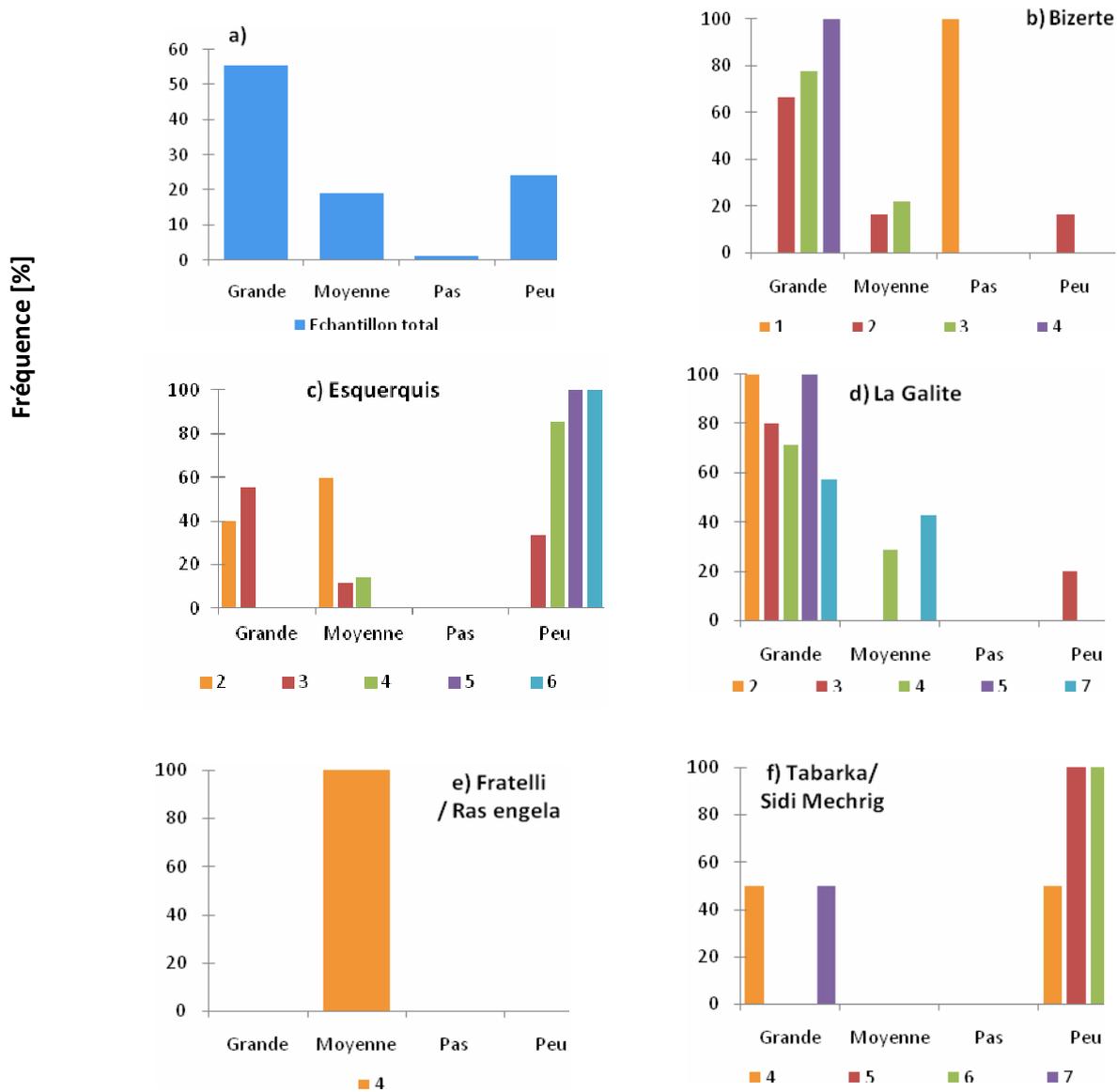


Figure 4 : Distribution des fréquences de repousse des colonies du corail rouge *C. rubrum* dans les différentes zones par strate de profondeur, pour la période 2008-2013.

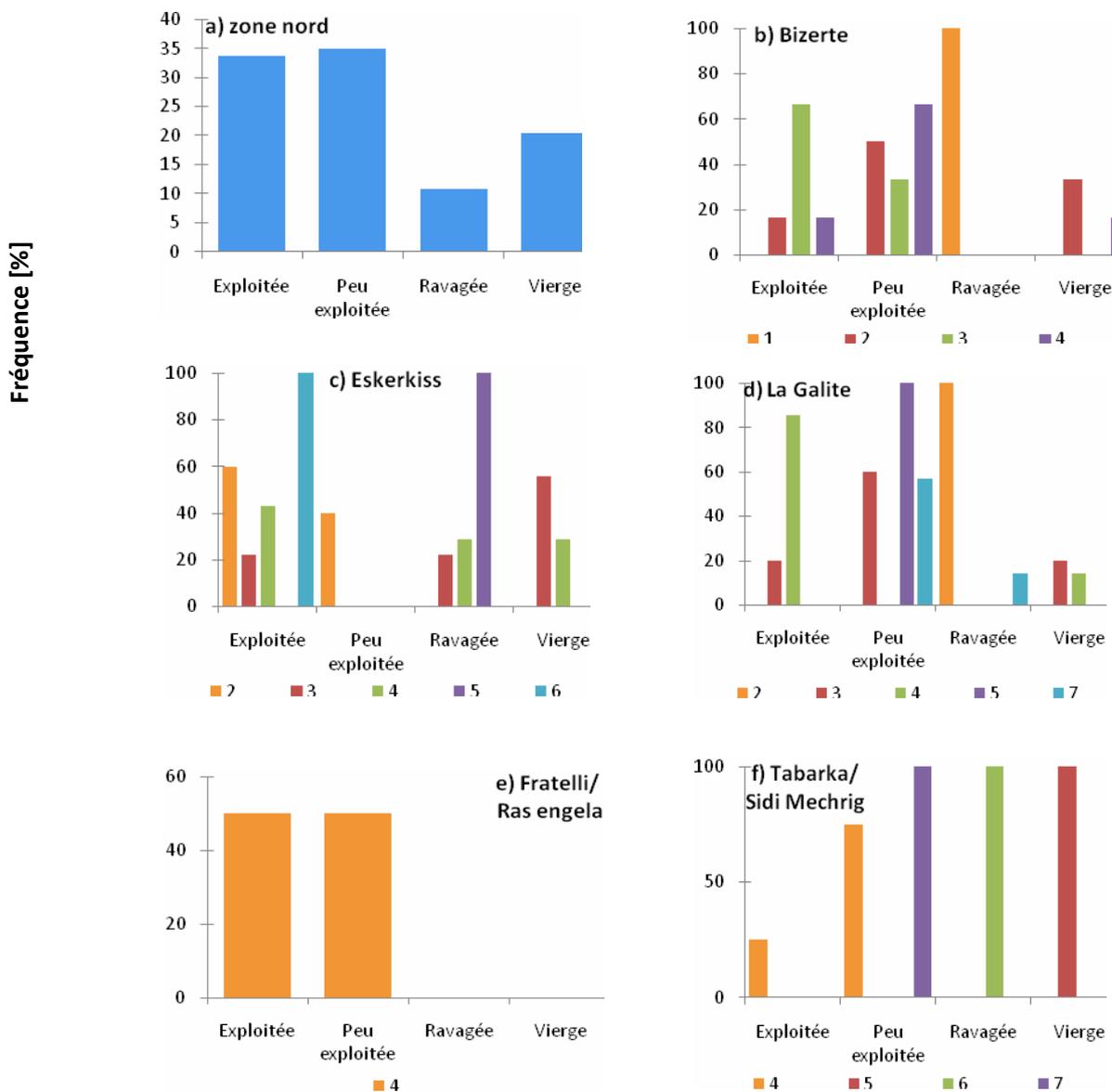


Figure 5 : Distribution des fréquences de l'état d'exploitation du site de pêche du corail rouge *C. rubrum* dans les différentes zones par strate de profondeur pour la période 2008-2013.

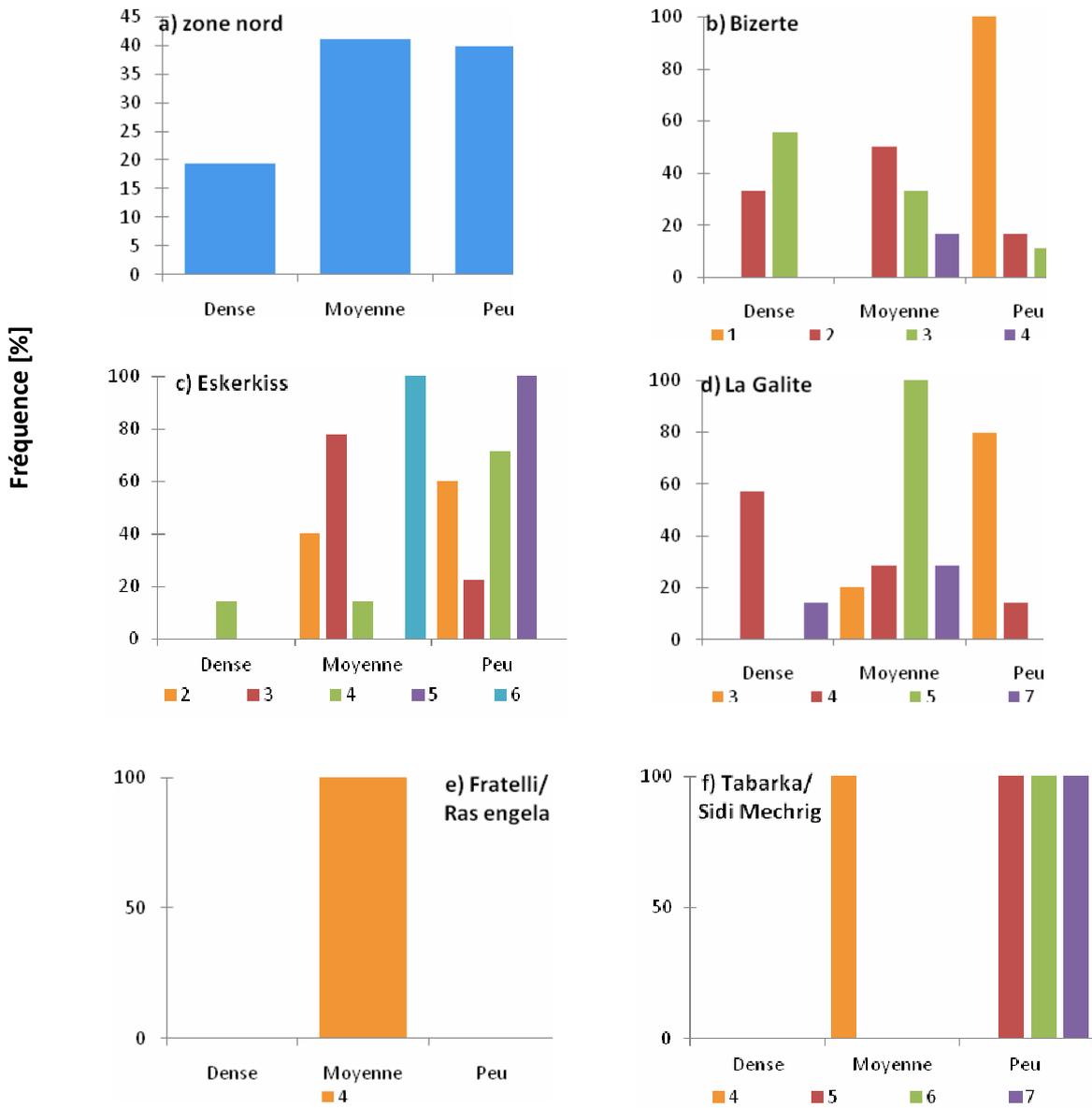


Figure 6 : Distribution des fréquences de Densité des colonies du corail rouge *C. rubrum* pour les différentes zones de pêche par strate de profondeur, pour la période 2008-2013.

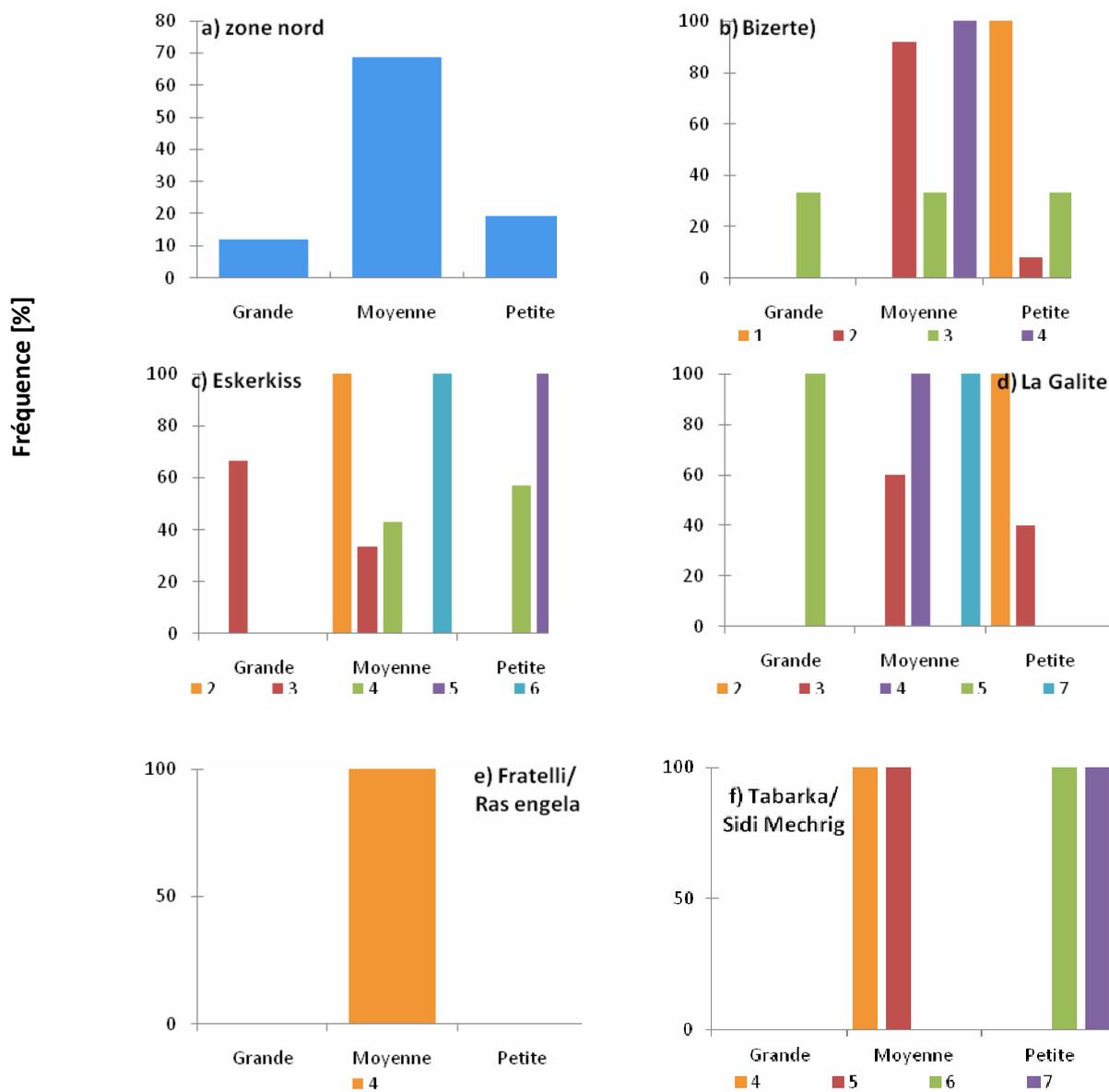


Figure 7 : Distribution des fréquences des Tailles des colonies du corail rouge *C. rubrum* pour les différentes zones de pêche par strate de profondeur pour la période 2008-2013.

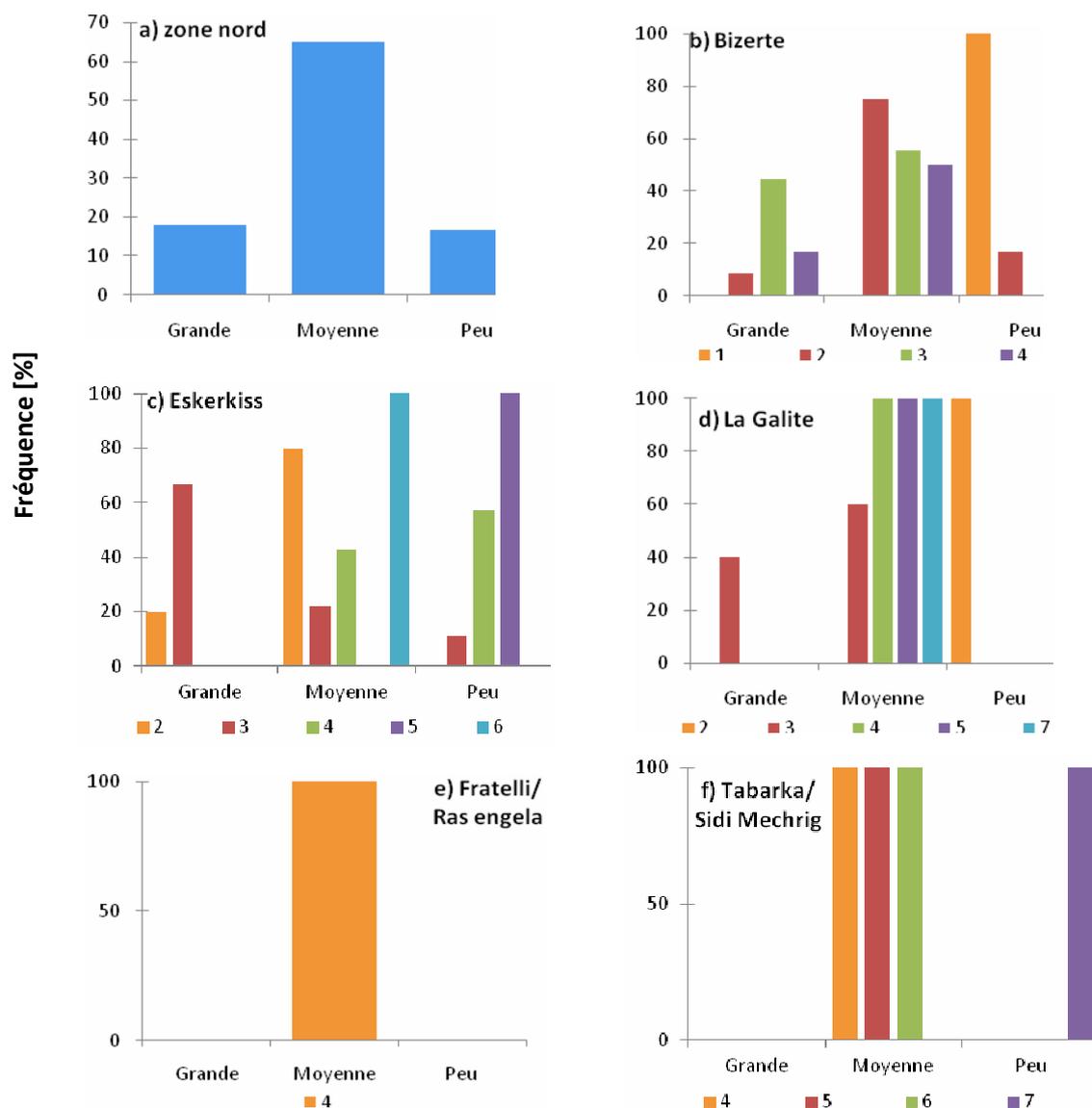


Figure 8 : Distribution des fréquences des ramifications des colonies du corail rouge *C. rubrum* pour les différentes zones de pêche par strate de profondeur pour la période 2008-2013.

Indépendamment de la profondeur, la distribution des fréquences des diamètres est asymétrique où les faibles classes de diamètres dominent (coefficients d'asymétrie g_1 positifs et significatifs (Tab I).

La répartition des diamètres selon la profondeur montre que la pêche dans cette zone est pratiquée entre 50 et 100 m de profondeur, plus focalisée dans les strates 2 et 4. En effet, elles représentent 80,66 % des diamètres échantillonnés (dont 26,63 % inférieurs à 7 mm) (Fig. 2c).

Les plus grands diamètres moyens des colonies sont enregistrés dans les strates 3 et 5 ($9,7 \pm 4,2$ mm et $9,7 \pm 3,8$ mm respectivement) (Tab II, Fig. 3 b). Ces deux strates présentent des caractéristiques différentes. En effet la strate 3, caractérisée par une grande repousse de nouvelles colonies, des sites qui sont signalés le

plus souvent vierge avec une densité moyenne des populations. Les colonies présentent des tailles et des ramifications importantes. Par contre, la strate 5 est décrite comme étant ravagée, qui présente peu de repousses des nouvelles colonies et des faibles densités et ramifications (Fig. 4c).

Les plus faibles diamètres des colonies sont observés dans la strate 2 ($7,5 \pm 1,8$ mm). Cette strate de profondeur est décrite par les corailleurs comme étant exploitée, avec une grande repousse des nouvelles colonies, des densités, des tailles et des ramifications moyennes (Figs. 4 c, 5 c, 6 c, 7 c, 8 c).

La Galite

Les diamètres des colonies du corail rouge dans la zone de La Galite oscillent entre 1,6 et 30 mm avec une moyenne de $7,97 \pm 2,69$ mm (Tab I, Fig. 3c).

Indépendamment de la profondeur, les distributions des diamètres sont uni-modales, en forme de cloche, dont les coefficients d'asymétries (g1) et d'aplatissements (g2) sont positifs et significatifs. Une dominance des faibles classes par rapport à la moyenne est observée dans la zone de La Galite (Tab II).

La distribution bathymétrique des diamètres des colonies montre une discontinuité dans cette zone, la pêche est pratiquée entre 60 et 90 m et les profondeurs supérieures à 100m. En effet, les strates 3, 4 et 7 représentent 83,8 % des diamètres échantillonnés dans cette zone (Tab II, Fig. 2b).

Les plus grands diamètres moyens sont enregistrés dans la strate 7 (8,4 ± 2,9 mm) (Tab II, Fig 3c). Cette strate de profondeur peu exploitée est caractérisée par une repousse moyenne avec des colonies denses et de taille et de ramification moyenne (Figs. 4d, 5d, 6d, 7d, 8d).

Les moyennes les plus faibles sont enregistrées dans la strate 2 (6,8 ± 1,5 mm) (Tab II, Fig. 3c) dont les distributions des colonies du corail rouge sont symétriques par rapport à la moyenne (g1 et g2 ne sont pas significatifs). Cette strate est décrite comme étant ravagée, avec des colonies de petites tailles, un niveau de ramification très bas. Elle est caractérisée par une grande repousse (Figs 4d, 5d, 6d, 7d, 8d).

Fratelli/Ras enjela

Les diamètres des colonies du corail rouge oscillent entre 3,18 et 15,3 mm avec une moyenne de 7,52±2,16 mm. Indépendamment de la profondeur, les faibles classes de diamètres dominant (coefficients d'asymétrie g1 positifs et significatifs, Tab I).

La répartition des diamètres selon la profondeur montre que la pêche dans cette zone est pratiquée entre 50 et 80 m. On a enregistré que 64,04 % des diamètres échantillonnés appartiennent à la strate 2, et que 32,58 % appartiennent à la strate 4 (Fig. 2d). Cette strate qualifiée d'exploitée est caractérisée par une repousse, une densité, une taille et des

ramifications moyennes des colonies (Figs. 4e, 5e, 6e, 7e, 8e).

Les plus grands diamètres moyens sont enregistrés dans la strate 2 (7,8 ± 1,8 mm) (Tab II, Fig. 3d), alors que les plus faibles diamètres moyens sont observés dans la strate 3 (5,7 ± 1,5 mm) (Tab II, Fig. 3d).

Tabarka/Sidi Mechrig

Les diamètres des colonies du corail rouge oscillent entre 1,1 et 34,6 mm avec une moyenne de 8,13±2,5 mm (Fig. 3e). La distribution des diamètres montre que la pêche dans la zone de Tabarka/Sidi Mechrig est répartie sur les 7 strates de profondeurs.

Les strates 4 et 5 comportent 74,48 % des colonies échantillonnées dont 23,4 % ont des diamètres moyens inférieurs à 7mm (Tab II, Fig. 2e).

La moyenne la plus faible est enregistrée dans la strate 1 (6,57 ± 0,9mm) qui ne représente que 2,3 % des échantillons de cette zone (Tab II, Fig. 3e). La strate 5 qui englobe 37,24 % des effectifs, possède des diamètres moyens les plus élevés (8,64 ± 2,7mm) (Tab II, Fig. 3e) est décrite par les corailleurs comme étant peu denses et relativement vierge avec peu de repousse et des colonies de taille et de ramification moyenne.

Analyse entre les zones

Indépendamment de la profondeur, la zone de Bizerte est caractérisée par les diamètres moyens les plus faibles (63,5% des diamètres mesurés inférieurs à 7mm) suivi respectivement des zones de Fratelli/Ras enjela (44,9%), La Galite (40,86%), Tabarka /Sidi Mechrig (35%) et enfin les Esquerquis (31,85%).

L'analyse de variance (ANOVA) à un facteur a montré une différence significative entre la moyenne des diamètres des colonies des différentes régions (P<0,05) (Tab III). Pour les profondeurs comprises entre 50 et 60 m, le test de Tukey a dévoilé que les zones de La Galite et de Bizerte sont caractérisées par rapport autres zones par les colonies de plus faible diamètre (au seuil α=0,05) (Tab IV).

Tableau II : Paramètres de distributions des mensurations du diamètre des colonies du corail rouge *C. rubrum* par strate de profondeurs (strate) et zone de pêche. Avec (N) nombre de colonies, (g1) coefficient symétrie, (g2) coefficient d'aplatissement et (SE) erreur standard.

Zone	Strate	N	Diamètre basal (mm)		% des diamètres échantillonnés	% des diamètres échantillonnés <7mm	Asymétrie			Aplatissement		
			Moyenne	Écart-type			g1	SE g1	Sig g1 (>2)	g2	SE g2	Sig g2 (>2)
Bizerte	1	68	6,24	1,61	1,02	0,72	1,10	0,29	3,79	1,97	0,57	3,43
	2	2691	6,56	1,76	40,29	26,38	1,11	0,04	23,64	2,68	0,09	28,44
	3	2762	6,60	1,83	41,35	26,46	1,04	0,04	22,48	2,3	0,09	24,70
	4	840	7,16	1,96	12,58	6,62	1,03	0,08	12,20	2,19	0,16	13,03
	5	318	6,61	1,5	4,76	1,77	1,27	0,13	9,29	3,57	0,27	13,12
Esquerquis	2	474	7,59	1,87	36,38	15,27	0,76	0,11	6,80	0,79	0,22	3,52
	3	122	9,71	4,23	9,36	3,07	1,03	0,21	4,70	1,96	0,43	4,51
	4	577	9,50	3,56	44,28	11,36	1,30	0,10	12,86	2,95	0,20	14,53
	5	36	9,77	3,74	2,76	0,69	0,95	0,39	2,42	-0,24	0,76	-0,32
	6	94	9,5	3,30	7,21	1,46	0,79	0,24	3,17	0,58	0,49	1,18

La Galite	2	41	6,88	1,52	1,45	0,78	0,67	0,36	1,82	0,58	0,72	0,80
	3	586	7,05	1,95	20,68	11,29	1,05	0,10	10,49	2,80	0,20	13,92
	4	627	7,84	2,39	22,12	8,86	0,94	0,09	9,66	1,18	0,19	6,07
	5	413	8,34	2,85	14,57	5,4	1,00	0,12	8,32	1,36	0,24	5,70
	7	1167	8,42	2,98	41,18	14,54	1,50	0,07	20,99	5,91	0,14	41,30
Fratelli/Ras Enjela	2	144	7,8	1,86	64,04	25,28	1,54	0,22	6,81	3,49	0,44	7,77
	3	6	5,70	1,52	3,37	2,25	0,75	0,84	-0,88	-1,24	1,74	-0,71
	4	58	7,18	2,57	32,58	17,42	1,24	0,31	3,95	1,63	0,61	2,63
Tabarka/Sidi Mechrig	1	43	6,57	0,89	2,3	1,61	0,07	0,36	0,19	-0,38	0,70	-0,54
	2	100	7,75	1,53	5,35	1,93	0,82	0,24	3,42	0,43	0,47	0,90
	3	101	7,89	1,75	5,41	1,87	1,70	0,24	7,08	6,98	0,47	14,66
	4	686	7,90	2,34	36,72	14,24	1,35	0,09	14,46	3,91	0,18	20,98
	5	712	8,75	2,88	38,12	9,15	2,08	0,09	22,71	11,03	0,18	60,31
	6	102	6,65	2,23	5,46	3,53	1,21	0,23	5,06	2,15	0,47	4,54
	7	124	7,98	2,31	6,64	2,68	1,49	0,21	6,85	4,29	0,43	9,94

Avec : strate 1 Strate 1 = < 50m ; Strate 2 = [50 ; 60[; Strate 3 = [60 ; 70[; Strate 4 = [70 ; 80[; Strate 5 = [80 ; 90[; Strate 6 = [90 ; 100[; Strate 7 = >100.

Les nombres en gras désignent les coefficients significatifs.

Tableau III : ANOVA à un facteur des diamètres de colonies du corail rouge entre cinq zones de pêche dans le nord de la Tunisie, pour les profondeurs situées entre 50 et 60 m.

Source de variance	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr
Zone	4	0,825	0,206	6,081	0,0001

Le plus petit échantillon est de 41 colonies est utilisé pour les cinq niveaux de facteurs « zone » (nombre totale est N=205). ($P < 0,05$).

Tableau IV : Résultats du Test de Tukey ($\alpha=0,05$) (après une ANOVA) comparant les zones pour la différence du diamètre moyen des colonies.

Modalité	Groupes ^a	Moyennes estimées	Diamètre basal (mm) (moyenne ± Ecart type)
Fratelli/ Ras Engela	A	1,71	7,6±1,9
Esquerquis	A	1,71	7,6±1,6
Tabarka/ Sidi Mechrig	A	1,71	7,5±1,3
La Galite	A B	1,64	6,8±1,5
Bizerte	B	1,59	6,5±1,6

Le plus petit nombre d'individus est de 41 dans la strate 2 de la zone de La Galite est utilisé pour les cinq niveaux du facteur « zones » (le nombre Totale est N= 205).

^a Les groupes marqués par des lettres différentes sont significativement différents entre eux

DISCUSSION

Dans la région nord de la Tunisie, les colonies de corail rouge *C rubrum* de diamètres moyens les plus faibles sont observées dans les profondeurs inférieures à 50 m ; strate caractérisée par des sites ravagés et des colonies de petite taille et à faibles ramifications. En Méditerranée nord-occidentale, les populations du corail rouge de la strate <50m sont également qualifiées de petite taille (Bramanti et al., 2014 ; Santangelo et Abbiati, 2001). À l'échelle nationale, malgré la situation critique des populations du corail rouge, les profondeurs inférieures à 50 m font toujours l'objet d'une exploitation. En effet, cette strate est exploitée surtout par les corailleurs « stagiaires » (8 en 2011 à 20 en 2016) qui doivent passer une période d'adaptation à des faibles profondeurs avant d'entamer les zones de profondeurs plus importantes. En outre, on signale

une pêche illicite du corail rouge dans cette strate de profondeur.

Dans les sites fréquentés par les pêcheurs tunisiens du corail rouge, la distribution des diamètres des colonies présente une variation bathymétrique spatiale. Cette variation spatiale est observée pour le corail rouge par Rossi et al. (2008) et par Bo et al. (2009) et Gori et al. (2011) pour d'autres espèces des octocoralliaires. Cette variabilité peut être liée aux facteurs abiotiques et biotiques, notamment l'hétérogénéité du substrat, les courants marins ainsi que les apports nutritifs (Bramanti et al., 2014 ; Rossi et Gili, 2005).

Dans toutes les zones de pêche du corail rouge dans la région nord de la Tunisie, on a une dominance des colonies de petits diamètres ; avec 51 % des colonies ont des diamètres inférieurs à 7 mm. Pour le même protocole d'échantillonnage Priori et al. (2013) ont trouvé dans le nord de la mer Tyrrhénienne de l'ordre de 62 % des colonies à diamètre inférieur à 7mm.

Ceci montre que les plongeurs tunisiens exploitent des colonies à plus grand diamètre que les pêcheurs exploitant le nord de la mer Tyrrhénienne. Au nord de la Tunisie, indépendamment de la zone les diamètres moyens les plus élevés sont observés dans les strates les plus profondes. Les colonies profondes sont plus difficiles à atteindre et leur exploitation est relativement récente par rapport à celle des colonies de faibles profondeurs (Santangelo et Abbiati, 2001 ; Tescione, 1968). La moyenne la plus élevée du diamètre basal est observée dans la zone des Esquerquis ($8,83 \pm 3,26$ mm). Ceci peut être attribué aux conditions océanographiques et météorologiques relativement difficiles pour l'exploitation du corail rouge de cette zone.

Dans le nord de la Tunisie, le corail rouge est confronté en plus de la pression de pêche (pêche légale et illégale) au risque de mortalité naturelle et/ou à l'élévation de la température de l'eau (Garrabou et al., 2001 ; Bramanti et al., 2005).

Afin de préserver les populations du corail rouge des côtes tunisiennes, il est suggéré, en tenant compte des particularités de chacune des zones définies dans la présente étude, de réduire la pression de pêche dans les zones de faible profondeur et d'améliorer le système de contrôle pour minimiser la pêche non réglementaire.

Remerciements

Cette étude fait partie de la thèse de Doctorat de JAZIRI Sabri qui entre dans le cadre du projet « Aménagement des pêcheries du corail rouge en Tunisie » du laboratoire des Sciences Halieutiques de L'INSTM (Institut National des Sciences et Technologies de la Mer). Ce projet a été réalisé dans le cadre d'une convention de coopération entre l'INSTM (Institut National des Sciences et Technologies de la Mer), l'UTAP (Union Tunisienne de l'Agriculture et de la Pêche) et la DGPA (Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture). Un grand merci à tous ceux qui ont coopéré dans ce projet.

BIBLIOGRAPHIE

Ben Mustapha, K., 1988. La pêche au corail en Tunisie. FAO/CGPM/CRC, 3p.

Bo, M., Bavestrello, G., Canese, S., Giusti, M., Salvati, E., Angiolillo, M., Greco, S., 2009. Characteristics of a black coral meadow in the twilight zone of the central Mediterranean Sea. *Mar Ecol Prog Ser*, 397: 53-61.

Bramanti, L., Viellini, I., Rossi, S., Tsounis, G., Iannelli, M., Cattaneo-Vietti, R., Priori, C., Santangelo, G., 2014. Demographic parameters of two populations of red coral (*Corallium rubrum* L. 1758) in the North Western

Mediterranean. *Marine Biology*, 161: 1015-1026.

Bramanti, L., Magagnini, G., De Maio, L., Santangelo, G., 2005. Recruitment, early survival and growth of the Mediterranean red coral *Corallium rubrum* (L. 1758), a 4-year study. *J Exp Mar Biol Ecol*, 314: 69-78.

Bruckner, A.W., 2010. Quantifying the decline in *Corallium rubrum* populations: Reply to Santangelo & Bramanti (2010). *Marine Ecology Progress Series*, 418: 299-303.

Bussoletti, E., Cottingham, D., Bruckner, A., Roberts, G., Sandulli, R., 2010. Proceedings of the International Workshop on Red Coral Science, Management, and Trade: Lesson from the Mediterranean, Naples, Italy, September 23-26, 2009.

Carpine, C., Grasshoff, M., 1985. Catalogue critique des octocoralliaires des collections du Musée océanographique de Monaco I. Gorgonaires et Pennatulaires. *Bulletin de l'Institut Océanographique de Monaco* : 73p.

Chang, S.-K., Yang, Y.-C., Iwasaki, N., 2013. Whether to employ trade controls or fisheries management to conserve precious corals (Coralliidae) in the Northern Pacific Ocean. *Marine Policy*, 39: 144-153.

Chouba, L., Tritar, B., 1998. The exploitation level of the stock of red coral (*Corallium rubrum*) in Tunisian waters. *Mesogee*, 56: 29-35.

García-Rodríguez, M., Massò, C., 1986. Estudio biométrico de poblaciones de coral rojo (*Corallium rubrum* L.) del litoral de Gerona (NE de España). *Bol Inst Esp Oceanogr*, 3: 61-64.

Garrabou, J., Harmelin, J.G., 2002. A 20-year study on life-history traits of a harvested long-lived temperate coral in the NW Mediterranean: insights into conservation and management needs. *Journal of Animal Ecology*, 71: 966-978.

Garrabou, J., Perez, T., Sartoretto, S., Harmelin, J., 2001. Mass mortality event in red coral *Corallium rubrum* populations in the Provence region (France, NW Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series*, 217: 263-272.

Gili, J.M., Coma, R., 1998. Benthic suspension feeders: their paramount role in littoral marine food webs. *Trends in ecology & evolution*, 13: 316-321.

Gori, A., Rossi, S., Linares, C., Berganzo, E., Orejas, C., Dale, M.R., Gili, J.M., 2011. Size and spatial structure in deep versus shallow populations of the Mediterranean gorgonian *Eunicella singularis* (Cap de Creus, northwestern Mediterranean Sea). *Marine Biology*, 158: 1721-1732.

- Jaziri, S., Costantini, F., Rugiu, L., Abbiati, M., Jarboui, O., 2016. Does historical harvesting affect colony size distribution and genetic diversity in *Corallium rubrum* (Linnaeus, 1758)? Evidences from the Southern Mediterranean commercial banks. *Hydrobiologia*: 1-14.
- Jebali, I., 2005. Contribution à l'étude de l'âge et de la croissance du corail rouge, *Corallium rubrum* (Linnaeus, 1758) au nord de la Tunisie. Mastère en Ecologie et Biologie des Populations. 57p. Fac. Sci. Tunis.
- Priori, C., Mastascusa, V., Erra, F., Angiolillo, M., Canese, S., Santangelo, G., 2013. Demography of deep-dwelling red coral populations: Age and reproductive structure of a highly valued marine species. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 118: 43-49.
- Rossi, S., Gili, J., 2005. Temporal variation and composition of nearbottom seston features in a Mediterranean coastal area. *Est Coast Shelf Sci*, 65: 385-395.
- Rossi, S., Tsounis, G., Orejas, C., Padrón, T., Gili, J.-M., Bramanti, L., Teixidó, N., Gutt, J., 2008. Survey of deep-dwelling red coral (*Corallium rubrum*) populations at Cap de Creus (NW Mediterranean). *Marine Biology*, 154: 533-545.
- Santangelo, G., Abbiati, M., 2001. Red coral: conservation and management of an over-exploited Mediterranean species. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 11: 253-259.
- Santangelo, G., Bongiorni, L., Giannini, F., Abbiati, M., Buffoni, G., 1997. Structure analysis of two red coral populations dwelling in different habitats. Cigogna F. BG, Cattaneo-Vietti R.(eds) Red coral and other Mediterranean octocorals: biology and protection, 23-43.
- Santangelo, G., Bramanti, L., 2010. Quantifying the decline in *Corallium rubrum* populations. *Marine Ecology Progress Series*, 418: 295-297.
- Santangelo, G., Bramanti, L., Iannelli, M., 2007. Population dynamics and conservation biology of the over-exploited Mediterranean red coral. *Journal of theoretical biology*, 244: 416-423.
- Santangelo, G., Carletti, E., Maggi, E., Bramanti, L., 2003. Reproduction and population sexual structure of the overexploited Mediterranean red coral *Corallium rubrum*. *Marine Ecology Progress Series*, 248: 99-108.
- Sokal, R.R., Rohlf, F.J., 1995. Biometry: the principals and practice of statistics in biological research. WH Freeman and Company, New York.
- Tescione, G., 1968. The Italians and their coral fishing. Fausto Fiorentino.
- Tsounis, G., Rossi, S., Gili, J.-M., Arntz, W., 2006. Population structure of an exploited benthic cnidarian: the case study of red coral (*Corallium rubrum* L.). *Marine Biology*, 149: 1059-1070.
- Tsounis, G., Rossi, S., Gili, J.-M., Arntz, W.E., 2007. Red Coral Fishery at the Costa Brava (NW Mediterranean): Case Study of an Overharvested Precious Coral. *Ecosystems*, 10: 975-986.