

ANALYSE, PAR QUESTIONNAIRE, DE L'INTERACTION ENTRE L'AQUACULTURE OFFSHORE ET LA BIODIVERSITE MARINE DANS LA BAIE DE MONASTIR.

Rafika CHALLOUF¹, Asma HAMZA², Ali YAHIA¹, Khémisssa GHOZZI¹, Béchir SAIDI¹ et Mohamed-Nejmeddine BRADAI¹

¹Laboratoire Biodiversité Marine, Institut National des Sciences et Technologie de la Mer (INSTM)

²Laboratoire Milieu Marin, Institut National des Sciences et Technologie de la Mer (INSTM)

Rafika.Challouf@instm.rnrt.tn; asma.hamza@instm.rnrt.tn; aliyahiafr@yahoo.fr; khmyssa@yahoo.fr; saidi-b@lycos.com; mednejmeddine.bradai@instm.rnrt.tn

ABSTRACT

The aquaculture sector, in Monastir bay, has witnessed a turning point since 2008 with the setting up of seven offshore farms. The area has become, in fact, the first in offshore aquaculture production in Tunisia. All farms are rearing the sea bass, *Dicentrarchus labrax*, and sea bream, *Sparus aurata*. Studies of the potential side effects related to this activity are numerous and important throughout the world, though, they are scarce in Tunisia. The present, questionnaire-based, analysis aims to assess the impact of cage aquaculture offshore on coastal fishing activity, marine diversity, predator attraction and marine pollution. Seventy-eight fishermen were interviewed in December 2016 in three ports: Monastir, Sayada and Teboulba. About 77 % of them complained about the collapse of fish stocks and catches quality. As reported by 30 % of the surveyed fishers, fish and shellfish species that became more abundant, since the setting up of cages, were *Mugil cephalus*, *Octopus vulgaris* and *Sardinella aurita*. The attraction of sea turtles and dolphins was reported by more than 15 % of fishermen. Damage to fishing nets and depredation by dolphins was reported by 31 % of fishermen. The present preliminary work provides useful information for decision-makers towards the development of an environment-friendly offshore aquaculture strategy.

Keywords: Aquaculture; Coastal fishing, Biodiversity, Monastir bay.

RESUME

Dans la baie de Monastir, le secteur de l'aquaculture a connu un tournant à partir de 2008 avec l'installation de sept fermes offshore. La zone est devenue classée première en production aquacole offshore en Tunisie, où toutes les fermes cultivent le loup, *Dicentrarchus labrax*, et la dorade royale, *Sparus aurata*. Les études sur les effets secondaires potentiellement liés à cette activité sont abondantes de par le monde, mais très rares en Tunisie. Le présent travail consiste principalement en une enquête réalisée auprès des pêcheurs dans le but d'évaluer l'impact de l'aquaculture offshore en cage sur l'activité de la pêche côtière, la diversité marine, l'attraction des prédateurs ainsi que la pollution marine. Soixante-dix huit pêcheurs ont été interviewés en décembre 2016 dans trois ports : Monastir, Sayada et Teboulba. Environ 77 % d'entre-eux se plaignaient de l'effondrement des stocks de poissons et de la qualité des captures. Les espèces de poissons et de mollusques devenues plus abondantes et plus attirées par les cages, tel que signalé par 30 % des pêcheurs interrogés, étaient *Mugil cephalus*, *Octopus vulgaris* et *Sardinella aurita*. De même, l'attraction des tortues marines et des dauphins a été signalée par plus de 15 % des pêcheurs interrogés. Des dégâts touchant les filets de pêche et les captures par déprédation par les dauphins ont été signalés par 31 % des pêcheurs. Bien que préliminaire, le présent travail fournit plusieurs informations utiles aux décideurs dans la perspective de développer une stratégie d'aquaculture offshore respectueuse de l'environnement.

Mots Clés. Aquaculture offshore, Pêche côtière, Biodiversité, Baie de Monastir.

INTRODUCTION

Les secteurs de la pêche et de l'aquaculture jouent un rôle clé dans la socio-économie du pays, comme sources supplémentaires d'alimentation et offrent plusieurs opportunités d'emploi en plus des revenus internationaux d'exportation. La principale zone de production d'aquaculture marine se trouve dans les gouvernorats de Sousse, Monastir, Mahdia et Nabeul, tous à l'est du pays. Dans la baie de Monastir, le secteur de l'aquaculture a connu un tournant à partir de 2008, avec la mise en place de sept fermes

offshore couvrant une surface marine globale d'environ 70 000 ha, avec environ 400 ha de surface de concession (APAL, 2015). À partir de cette date, la baie de Monastir est devenue la plus importante zone de production aquacole offshore, où toutes les fermes cultivent le loup (*Dicentrarchus labrax*) et la dorade (*Sparus aurata*). Pour ces deux espèces, une croissance exponentielle de la production s'est produite, atteignant 6 579 tonnes en 2015, ce qui représentait 24,37 % de la production régionale la même année. À l'inverse, la proportion de débarquement de la pêche côtière n'a pas cessé de

diminuer : de 37,4 % en 1998 à 7,1 % en 2014 et 6,53 % en 2015 (DGPA, 2014, 2015). Cependant, les débarquements de la seiche, du calmar, du poulpe et de la crevette royale ont été presque stables au cours des 10 dernières années, contrairement à ceux des grands poissons pélagiques qui ont diminué de 951 977 tonnes en 2006 à 379 095 tonnes en 2015 (DGPA, 2015). Malgré un modeste développement technologique, la pêche artisanale n'a pas renoncé à son rôle fondamental dans le secteur de la pêche en Tunisie. Les perspectives d'accroissement de la production locale de poisson par la pêche sont limitées, car les zones de pêche sont presque entièrement exploitées et la surexploitation de certaines espèces est fréquente (RAMOS et BEN-MUSTAPHA, 2010).

Plusieurs études ont été réalisées pour évaluer les impacts de l'aquaculture sur l'environnement, en particulier la qualité de l'eau et les effets de perturbation sur la communauté benthique (BUSCHMANN *et al.* 2006 ; AGUADO-GIMENZ *et al.* 2007 ; FORCHINO *et al.* 2011 ; DIMITRIOU *et al.* 2015). Les impacts de ces activités sur l'environnement peuvent être attribués aux rejets solides (matières fécales et pertes alimentaires) de la pisciculture offshore, à l'introduction d'espèces exotiques, aux interactions génétiques, au transfert de maladies, à la libération de produits chimiques, à l'utilisation de ressources sauvages et à la perturbation de la faune sauvage. Les effets secondaires liés à l'aquaculture sont des questions d'importance et de priorité, mais très peu d'études en Tunisie ont abordé cette problématique (NOURI *et al.*

2016). En particulier, à ce jour et à notre connaissance, il n'existe pas d'études publiées sur l'interaction entre l'activité aquacole offshore et la biodiversité marine dans les zones où l'aquaculture a été développée. Ceci étant, nous nous sommes proposés d'étudier l'impact de l'aquaculture offshore en cage, en particulier en ce qui concerne les interactions avec la pêche côtière, la diversité marine, l'attraction des poissons et des prédateurs et la pollution marine, en se basant sur une étude par questionnaire.

MATERIEL ET METHODES

Présentation du site d'étude

La baie de Monastir, au centre du Sahel tunisien, d'une surface de 70 Km², est une baie virtuellement fermée à l'Est par les hauts fonds qui joignent la presqu'île de Thapsus aux îles Kuriat : la petite Kuriat (Conigliera), et, plus au nord, la grande Kuriat, sur une longueur de l'ordre de 20 km (Fig. 1). La frange côtière de la baie est située entre les latitudes 35° 37'N et 35° 47'N et les longitudes 10° 45'E et 11° 45'E et elle s'étend sur 64 Km de Oued Hamdoun à Bekalta (APAL, 2015). La région de Monastir compte un seul port hauturier à Monastir, deux ports côtiers (Sayada et Té Boulba), deux sites abri (Bekalta et Ksiba El Mediouni) et un site de débarquement (Khniss). Les sites aquacoles dans cette zone renferment un seul site à terre à Ras dimes et sept fermes d'aquaculture en cage offshore, occupant la zone située au large de Monastir

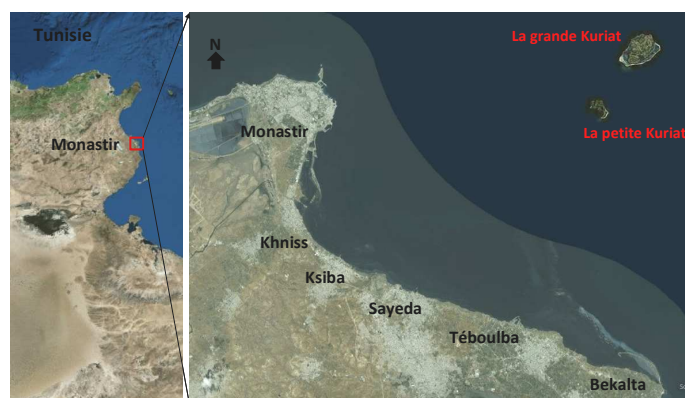


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude

Contenu du questionnaire

Des fiches d'enquête ont été préparées, ce qui a servi de soutien à la conduite de l'enquête. Les données collectées concernent principalement les deux aspects suivants : (1) Socio-économique, comme la rentabilité de l'activité de pêche, les débarquements quantitatifs et qualitatifs des poissons, ainsi que l'état actuel des ressources et (2) Environnemental, comme

l'estimation de l'impact de la pisciculture offshore sur leurs activités, en termes de pollution et d'interactions écologiques et d'attraction de grands prédateurs. Pour un maximum de parcimonie, le travail effectué sur le terrain a été aménagé de telle sorte d'interroger au moins 10 % des flottilles côtières fonctionnelles dans tous les ports (Monastir, Sayada et Té Boulba) avec des pêcheurs interrogés appartenant à des classes

d'âge hétérogènes. En outre, nous avons envisagé d'enquêter un pêcheur par flottille, comme mesure pour éviter les redondances.

RESULTATS

Au total sur les trois ports, 78 pêcheurs ont été interrogés. L'âge des pêcheurs varie entre 19 et 66 ans et les années d'expérience varient entre 4 et 43 ans. Sur 78 pêcheurs interrogés, 18 avaient moins de 30 ans, environ la moitié avait entre 30 et 49 ans, 18 avaient entre 50 et 59 ans, et cinq avaient 60 ans ou plus. L'analyse des sources de revenus des pêcheurs dans cette enquête souligne que 91% ne tirent leur revenu que de l'exploitation des pêches, alors que seulement 9% d'entre eux pratiquent une autre activité pour augmenter leurs revenus. En ce qui concerne les zones de pêche, 77% des pêcheurs interrogés fréquentent des zones de pêche qui ne dépassent pas 10 miles, généralement celles qui utilisent de petites embarcations avec des équipements limités. 50% des pêcheurs pratiquent la pêche à une distance qui varie entre 11 et 20 miles, et seulement 8% exercent leur activité entre 21 et 30 miles. Presque tous les pêcheurs interrogés ont déclaré qu'ils pêchaient près de la côte et dans les alentours des îles Kuriat et peu d'entre eux pêchaient au-delà de ces îles.

Les principaux problèmes qui font face à l'activité de pêche côtière, comme l'ont souligné les pêcheurs, étaient la pollution causée par les fermes (les sacs en plastique jetés dans la mer après l'alimentation et les huiles utilisées dans l'élevage), la limitation de l'espace pour la pêche et les dommages des filets de pêche causés par les dauphins. Des préoccupations

supplémentaires telles que la pêche illégale et les coûts de carburant / entretien ont également été citées.

En ce qui concerne les ressources dans cette région ; tous les pêcheurs interrogés ont déclaré que les stocks de poissons dans la région ont diminué de manière significative au cours des dernières années. Une petite fraction de la population de pêcheurs interrogés (23 %) a indiqué une période précise, comme suit : 11 % (moyenne de l'âge 40 ± 6) ont déclaré que le déclin a commencé depuis 6 à 9 ans, 8 % (moyenne d'âge $51,6 \pm 7$) ont répondu depuis 2-5 ans et 5 % (moyenne d'âge $47,5 \pm 7$) ont répondu depuis 10 à 20 ans. D'autre part, de nombreux pêcheurs (77 %, moyenne d'âge 38 ± 12) ne mentionnent aucune période précise de déclin.

Sur la base de notre enquête, l'agrégation des dauphins se produirait toute l'année selon 53 % des pêcheurs, seulement en été selon 3,12 %, seulement au printemps selon 2,34 %. Selon des observations personnelles réalisées entre Janvier et Décembre 2014 on a observé la présence des dauphins (Fig. 2) près des cages et de la côte en nombres variables durant toute l'année. Les espèces les plus abondantes et dominantes autour des piscicultures, déclarées par 30 % des pêcheurs interrogés, étaient *Mugil cephalus*, *Octopus vulgaris* et *Sardinella aurita* (Tableau 1). Les tortues marines semblent également avoir été attirées par l'aquaculture, bien que seulement 15 % des pêcheurs interrogés aient observé des tortues. Les méduses représentent l'une des populations marines attirées aussi par les piscicultures. L'apparition de méduses, près des piscicultures, semble survenir durant toutes les saisons (Tableau 1).



Figure 2 : Agrégation des dauphins au voisinage des cages d'aquaculture (Photographe : Rafika Challouf)

Tableau 1 : Observations des pêcheurs sur les espèces marines agrégées autour des cages d'élevage.

Observation	Pourcentage de pêcheurs	Période	Nombre observé
Dauphins	100%	<ul style="list-style-type: none"> • Toutes les saisons (53.04%) • Eté (3.12%) • Printemps (2,34%) • Non mentionné (41.5%) 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombreux (32.76%) • Limité (3.9%) • Non mentionné (63.34%)

Tortues marines	15%	<ul style="list-style-type: none"> • Eté (2.34%) • Non mentionné (12.48%) 	<ul style="list-style-type: none"> • Un a deux (15%)
Poissons et Mollusques (<i>Mugil cephalus</i> , <i>Octopus vulgaris</i> , <i>Sardinella aurita</i>)	30%	<ul style="list-style-type: none"> • Toutes les saisons (30%) 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombreux (30%)
Méduses	30.42 %	<ul style="list-style-type: none"> • Toutes les saisons (18.72 %) • Eté (1.56%) • Printemps (2.34%) • Automne (3.12%) 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombreux (20.28%)

DISCUSSION

En ce qui concerne les causes les plus probables de la dégradation du stock local, les pêcheurs ont attribué ce déclin en premier lieu à la surpêche ensuite à la pollution urbaine et enfin à l'installation de l'aquaculture offshore. Nous avons analysé des informations provenant des rapports de la Direction Générale des Pêches et de l'Aquaculture (DGPA) pour la période de 2003 à 2015, ce qui nous a permis de conclure que les captures côtières de la seiche, de calmars, de poulpes et de crevettes royales étaient presque stables au cours des 10 dernières années, contrairement à celles des grands poissons pélagiques, qui ont diminué. Nous pouvons expliquer que le déclin des gros poissons pélagiques par l'augmentation des grands prédateurs, attirés par les cages. La production de poissons d'élevage (dorade et loup de mer), pour la même période (2003-2015), a augmenté avec l'installation de piscicultures en mer depuis 2008.

Les installations d'aquaculture offshore sont également connues par leur impact sur le comportement des poissons sauvages au fur et à mesure qu'ils s'agrègent autour des cages pour tirer parti des rejets de nourriture et de matières fécales. En plus des effets sur le système écologique par l'agrégation des poissons sauvages près des cages, il y a aussi un impact suspect sur la biologie et la physiologie des poissons sauvages. En effet, BATTIN (2004) a signalé que l'interaction des espèces de poissons sauvages avec les fermes réduit leur taux de survie, car ces poissons deviennent consommateurs d'effluents agricoles, se nourrissant de granulés commerciaux et par conséquent modifient leur dépôt de graisses et leur composition en acides gras (FERNANDEZ-JOVER *et al.* 2007). Selon DEMPSTER *et al.* (2006), la mer Méditerranée est un bon exemple d'où ceci pourrait arriver, car un bon nombre d'espèces agrégées aux fermes sont actuellement pleinement exploitées ou surexploitées. La présence de *Mugil cephalus*, *Octopus vulgaris* et *Sardinella aurita* près des cages a été aussi signalé par d'autres études (DEMPSTER *et al.* 2005).

DEMPSTER *et al.* (2005) ont souligné que les cages offshore de l'aquaculture en Méditerranée attirent des assemblages de poissons sauvages allant jusqu'à 30 espèces différentes (principalement *Mugil cephalus*, *Trachurus mediterraneus*, *Sardinella aurita* et *Boops Boops*) et ont estimé que la biomasse d'agrégation varient entre 10 et 40 tonnes dans 5 fermes parmi les 9 fermes étudiées. L'abondance des Mugilidae et d'autres petites espèces pélagiques près des cages peut s'expliquer par la consommation directe de granulés alimentaires et le bénéfice de l'augmentation de la production primaire (phytoplancton et zooplancton) comme conséquence de la présence de nutriments (PITTA *et al.* 2009).

Les prédateurs d'ordre supérieur, comme les dauphins, les tortues et les requins, sont également présents dans les fermes pour se nourrir du poisson sauvage agrégé (BOYRA *et al.* 2004). Les méduses se nourrissant principalement du zooplancton et peuvent, ainsi, affecter le comportement des poissons dans la région ; directement ou indirectement (par la concurrence) (LYNAM *et al.* 2005). Des analyses récentes de la dynamique de la population de méduses dans les zones côtières méditerranéennes ont suggéré une augmentation de l'abondance et de la fréquence de la formation des Bloom (BOSCH-BELMAR *et al.* 2016). Ce paysage de la présence de différentes espèces marines près des cages peut être induit par des variations dans la répartition et l'abondance des espèces de proies causées par la mise en place de piscicultures dans la zone d'étude (CHALLOUF *et al.* 2017).

CONCLUSION

Les points soulevés dans cette étude serviront de base pour établir des engagements collaboratifs entre les pêcheurs, les scientifiques et les gestionnaires conventionnels, afin de relever les défis de la gestion de la pêche, des problèmes socio-économiques et du suivi de la pollution potentielle générée par les activités d'aquaculture en mer. Cette pollution constitue un danger non seulement sur la population de poissons sauvages, mais aussi sur les poissons

d'élevage. Des enquêtes, comme la nôtre, sont très importantes pour le dépistage de l'avenir de l'aquaculture afin que les piscicultures coexistent harmonieusement avec la pêche côtière.

BIBLIOGRAPHIE

- Aguado-Giménez F, Marín A, Montoya S, Marín-Guirao L, Piedecausa A, García García B 2007. Comparison between some procedures for monitoring offshore cage culture in western Mediterranean Sea: sampling methods and impact indicators in soft substrata. *Aquaculture* 271: 357–370
- APAL (Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral) 2015. Nouveaux chiffres sur le littoral tunisien. Disponible sur: http://www.apal.nat.tn/site_web/indicateurs/nouveaux-chiffres%20littorale-2015.pdf [Visité le 8 février 2017].
- Battin J, 2004. When good animals love bad habitats: ecological traps and the conservation of animal populations. *Conservation Biology*, 18, 1482–1491.
- Bosch-Belmar M, Giomi F, Rinaldi A, Mandich A, Fuentes V, Mirto S, Sarà G, Piraino S 2016. Concurrent environmental stressors and jellyfish stings impair caged European Sea bass (*Dicentrarchus labrax*) physiological performances. *Scientific Reports* 6: 27929. doi: 10.1038/srep27929.
- Boyra A, Sanchez-Jerez P., Tuya F, Espino F, Haroun R 2004. Attraction of wild coastal fishes to Atlantic subtropical cage fish farms, Gran Canaria, Canary Islands. *Environmental Biology of Fishes* 70: 393–401.
- Buschmann AH, Riquelme VA, Hernández-González MC, Varela D, Jiménez JE, Henríquez LA, Vergara PA, Guínez R, Filun L 2006. A review of the impacts of salmonid farming on marine coastal ecosystems in the southeast Pacific. *ICES Journal of Marine Science* 63: 1338–1345.
- Challouf R, Hamza A, Mahfoudhi M, Ghazzi K, Bradai M N 2017. Environmental assessment of the impact of cage fish farming on water quality and phytoplankton status in Monastir Bay (eastern coast of Tunisia). *Aquacult Int* 25:2275–2292
- Dempster T, Fernandez-Jover D, Sanchez-Jerez P, Tuya F, Bayle-Sempere J, Boyra A, Haroun RJ 2005. Vertical variability of wild fish assemblages around sea-cage fish farms: implications for management. *Marine Ecology Progress Series* 304: 15–29.
- Dempster T, Sanchez-Jerez P, Tuya F, Fernandez-Jover D, Bayle-Sempere J, Boyra A, Haroun RJ 2006. Coastal aquaculture and conservation can work together. *Marine Ecology Progress Series* 314: 309–310.
- DGPA (Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture). 2014. Annuaire des Statistiques des pêches et aquaculture en Tunisie, Ministère de l'Agriculture. Valable sur: <http://www.ispab.agrinet.tn/docs/annuaire/stat2014.pdf>. [visité le 18 Janvier 2017].
- DGPA (Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture). 2015. Annuaire des Statistiques des pêches et aquaculture en Tunisie, Ministère de l'Agriculture. Disponible sur: <http://www.ispab.agrinet.tn/images/annuaire/stat2015.pdf>. [Visité le 18 January 2017].
- Dimitriou PD, Papageorgiou N, Arvanitidis C, Assimakopoulou G, Pagou K, Papadopoulou KN, Pavlidou A, Pitta P, Reizopoulou S, Simboura N, Karakassis I 2015. One Step forward: Benthic Pelagic Coupling and Indicators for Environmental Status. *PLoS One* 10: e0141071. doi: 10.1371/journal.pone.0141071
- Forchino A, Borja A, Brambilla F, Germán RJ, Muxika I, Terova G, Saroglia M 2011. Evaluating the influence of offshore cage aquaculture on the benthic ecosystem in Alghero Bay (Sardinia, Italy) using AMBI and M-AMBI. *Ecological Indicators* 11: 1112–1122.
- Lynam CP, Hay SJ, Brierley AS 2005. Jellyfish abundance and climatic variation: contrasting responses in oceanographically distinct regions of the North Sea, and possible implications for fisheries. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 85: 435–450.
- Nouri R, Mili S, Missaoui H 2016. Enrichissement en sels nutritifs de fermes aquacoles tunisiennes. In: Proceedings of the 41st CIESM congress, p 168. (In French).
- Pitta P, Tsapakis M, Apostolaki ET, Tsagaraki T, Holmer M, Karakassis I 2009. 'Ghost nutrients' from fish farms are transferred up the food web by phytoplankton grazers. *Marine Ecology Progress Series* 374: 1–6.
- Ramos AA, Ben Mustapha K. 2010. Rapport de la mission d'étude des habitats marins et des principales espèces des îles Kuriat (Tunisie). Disponible sur <https://www.researchgate.net/publication/288799065>. [Visité le 23 January 2017].
- the hawksbill sea turtle (*Eretmochelys imbricata* Linnaeus, 1822) in Atlantic waters. *Marine Biodiversity* 3, 391–401.
- Frazier J., Winston J.E., Ruckdeschel C.A. (1992) Epizoan communities on marine turtles. III. *Bryzoa*. *Bulletin of Marine Science* 51, 1–8.
- Frick M.G., Williams K.L., Robinson M. (1998) Epibionts associated with nesting loggerhead

- sea turtles (*Caretta caretta*) in Georgia, USA. *Herpetological Review* 29, 211–214.
- Frick M.G., Zardus J.D., Lazo-Wasem E.A. (2010). A new *Stomatolepas* Barnacle species (Cirripedia: Balanomorpha: Coronuloidea) from Leatherback Sea Turtles. *Bulletin of the Peabody Museum of Natural History*, 51:123-136.
- Frick M.G., Pfaller J.B. (2013) Sea turtle epibiosis. In Wyneken J., Lohmann K.J. and Musick J.A. (eds) The biology of sea turtles, Volume III. Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 399–426.
- Karaa S., JRIBI I., BOUAIN A., BRADAI M.N. (2012) The Cirripedia associated with Loggerhead Sea Turtles, *Caretta caretta*, in the Gulf of Gabès, Tunisia. *Cahier de Biologie Marine* 53: 169-176
- Reich K.J., Bjorndal K.A., Frick M.G., Witherington B.E., Johnson C., Bolten A.B. (2010) Polymodal foraging in adult female loggerheads (*Caretta caretta*). *Marine Biology* 157, 113–121.
- Sloan K., Zardus J.D., Jones M.L. (2014) Substratum fidelity and early growth in *Chelonibia testudinaria*, a turtle barnacle especially common on debilitated loggerhead (*Caretta caretta*) sea turtles. *Bulletin of Marine Sciences* 90, 581–597.
- Zardus J.D., Balazs G.H. (2007) Two previously unreported barnacles commensal with the green sea turtle, *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758), in Hawaii and a comparison of their attachment modes. *Crustaceana* 80, 1303–1315.