

Evolution à long terme d'un stock d'oursin en milieu lagunaire

Catherine FERNANDEZ
Vanina PASQUALINI
Angela CALTAGIRONE
David MOUILLOT
Monique JOHNSON
Lila FERRAT
Charles François BOUDOURESQUE

Should be cited as :

FERNANDEZ C., PASQUALINI V., CALTAGIRONE A., MOUILLOT D., JOHNSON M., FERRAT L., BOUDOURESQUE C.F., 2002. Evolution à long terme d'un stock d'oursin en milieu lagunaire. *In: Actes du congrès international "Environnement et identité en Méditerranée"*, Corte, 3-5 July 2002, Université de Corse Pascal Paoli publ., 4: 177-183.

EVOLUTION A LONG TERME D'UN STOCK D'OURSIN EN MILIEU LAGUNAIRE

Catherine FERNANDEZ⁽¹⁾, Vanina PASQUALINI⁽¹⁾, Angela CALTAGIRONE⁽²⁾, David MOUILLOT⁽³⁾,
Monique JOHNSON⁽¹⁾, Lila FERRAT⁽¹⁾, Charles-François BOUDOURESQUE⁽²⁾

⁽¹⁾ Equipe «Ecosystèmes Littoraux», Université de Corse, Faculté de Sciences et techniques,
B.P. 52, 20250 Corte, France.

⁽²⁾ UMR DIMAR 3, Faculté de Luminy, Case 901 Av. de Luminy, 13288 Marseille Cedex 9, France.

⁽³⁾ Laboratoire « Ecosystèmes Lagunaires » UMR 5119 Case 903, Université de Montpellier II,
34 095 Montpellier cedex 5, France

* Adresse actuelle : LBEM / IMEP Université de Provence, centre de St Jérôme, Case 421 Av.
Escadrille Normandie Niemen, 13397 Marseille Cedex 20

RESUME

Des évaluations d'un stock de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) ont été réalisées, à quatre reprises entre 1990 et 1999 dans la lagune d'Urbinu (Corse, France) sur la base de données de densités d'oursins obtenues par un échantillonnage stratifié et de cartes thématiques de la lagune. Le calcul des intervalles de confiance de l'abondance ainsi que celui des estimations du stock ont été réalisés par les méthodes du Bootstrap et de Monte-Carlo. Au total, entre 1990 et 1994, les effectifs sont passés d'environ six millions d'individus à environ trois millions d'individus, soit une diminution de 48%. Le stock a ensuite augmenté (cinq millions en 1996) pour atteindre à nouveau sa valeur initiale en 1999 (six millions d'individus). La diminution observée entre 1990 et 1994 est mise en relation avec des précipitations exceptionnelles qui sont survenues en automne 1993 et qui ont entraîné une diminution importante de la salinité dans cette lagune. Cet oursin présente un important intérêt commercial et est une espèce clé, notamment dans la régulation des communautés végétales. Ce type d'étude permet de mettre en évidence la variabilité importante des populations et est une base pour le suivi et la gestion de cette ressource.

INTRODUCTION

Les populations d'oursins réguliers ont un rôle déterminant dans l'organisation et le fonctionnement des communautés benthiques (Lawrence & Sammarco, 1982). L'impact des populations d'oursins sur les peuplements phytobenthiques peut entraîner la destruction totale des phytocénoses dominées par des Fucophyceae ou des Magnoliophytes marines (Verlaque, 1987). Ces destructions sont souvent la conséquence d'une augmentation importante des populations d'oursins (Himmelman 1986). De la même manière, des diminutions importantes de ces mêmes populations peuvent être observées; elles sont dues à des mortalités massives qui ont pour causes des facteurs biotiques (e.g. les maladies, le parasitisme); abiotiques (e.g. les augmentations de température, la dessalure; Lawrence, 1996) ou anthropiques (e.g. exploitation des stocks). En Méditerranée, *Paracentrotus lividus* (Lamarck) est une espèce « clé » et sa biologie ou son écologie a été étudiée par de nombreux auteurs (Byrne, 1990, Turon *et al.*, 1995; Fernandez & Boudouresque, 1997). Les évaluations de stocks de cet oursin sont, par contre, peu nombreuses. Elles sont souvent effectuées de manière ponctuelles dans des zones exploitées (Le Direac'h, 1987) et en milieu marin (Palacin *et al.*, 1998). *Paracentrotus lividus* est également présent dans les milieux lagunaires (Fernandez *et al.*, 2001). Ces milieux présentent des variations importantes des paramètres environnementaux (température, salinité, oxygène) et les populations d'invertébrés y sont normalement adaptées. Le but de cette étude est de quantifier les stocks d'oursins présent dans une lagune littorale et de les suivre sur une longue période (9 ans). Les quantifications de stocks sont nécessaires à la compréhension de ces écosystèmes et permettent d'obtenir des bases fiables pour la gestion des ressources.

MATERIEL ET METHODES

L'estimation de l'abondance des organismes pose deux principaux problèmes :

(i) La densité de l'espèce considérée doit être estimée avec un intervalle de confiance connu; (ii) cette densité doit être multipliée avec un facteur correspond au nombre d'unité d'échantillonnage présent dans la zone étudiée (estimation des surfaces), cette estimation devant être fiable. Ces deux problèmes seront abordés dans cette étude.

Site d'étude

Cette étude a été effectuée dans l'étang d'Urbinu sur la côte Est de la Corse (42° 03' N ; 9° 28' E; Figure 1). Cet étang privé, présente une profondeur moyenne de 5m (9 m maximum), et un bassin versant limité (31 km²). La température oscille entre 9-10°C en hiver et 27-29°C en été. La salinité est généralement assez stable (30‰-39‰, Frisoni *et al.*, 1983). Cet étang est caractérisé par sa grande homogénéité de la masse d'eau à l'exception, du grau et des débouchés des rivières. Il ne présente d'ailleurs pas un haut degré de confinement (degré II et III; Frisoni *et al.*, 1983).

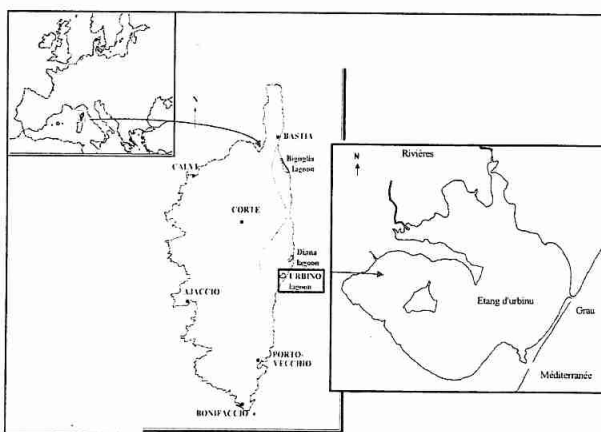


Figure 1 : localisation du site d'étude

Estimation des surfaces

Afin d'évaluer les populations d'oursins il est nécessaire d'identifier les différents types de substrats et d'en estimer les surfaces. En effet, les densités des populations de *Paracentrotus lividus* dépendent, entre autres facteurs, des biotopes et des types de fonds présents (Harmelin *et al.*, 1981). Un premier échantillonnage a permis d'identifier 5 biotopes et types de fonds : (1) sable nu, (2) galets, (3) herbier de Magnoliophyte (*Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson) (4) vase -2 et -8m et (5) fond de vase à - de 8 m de profondeur. Cette dernière strate ne sera pas prise en compte puisqu'aucun oursin n'a été observé. L'estimation des surfaces se fait à partir d'une cartographie de l'étang. Celle-ci est réalisée par traitement d'images de photographies aériennes. Les photographies couleurs utilisées pour la cartographie ont été prises, en 1990, 1994, 1996 et 1999 au mois de mai ou juin (ces dates correspondent au maximum de développement de la végétation). La méthode employée pour l'analyse des photographies est la même que celle utilisée par Pasqualini *et al.*, (1997). Les prises de vues sont numérisées. La résolution est modulée, afin d'obtenir un pixel de 2 m de côté. Une rectification géométrique, par prise de points d'amers, est effectuée. L'image est ensuite traitée à l'aide du logiciel Multiscope (Matra Cap System®, version 2.4) de manière à réaliser une carte thématique (Pasqualini *et al.*, 1997). Les données-terrain sont réalisées sur l'ensemble de l'étang afin de valider les résultats. La surface de chaque biotope et type de fond est calculée par le logiciel à partir de la carte obtenue.

Méthode d'échantillonnage

Les densités d'oursins sont évaluées en juin 1990, 1994, 1996 et 1999 par échantillonnage stratifié avec allocation optimale (Scherrer, 1983). Un échantillonnage aléatoire est effectué au sein de chaque biotope ou type de fond. L'unité d'échantillonnage correspond à un quadrat de 1 m². La surface totale échantillonnée varie selon l'année et le biotope (Tab. I). Malgré les précautions prises lors des mesures, les individus d'une taille inférieure à 8 mm échappent généralement aux investigations (Azzolina, 1988).

Tableau I : Nombre de m² explorés dans chaque biotope et pour chaque année d'étude.

Biotope	1990	1994	1996	1999
Galets	56	60	60	38
Herbier	82	87	87	220
Sable	61	67	67	322
Vase	183	178	178	246

Estimation des intervalles de confiance de la densité et estimation du stock global d'oursin

Les quantifications de stocks posent de nombreux problèmes méthodologiques (Turon *et al.*, 1995b). En particulier, l'estimation des intervalles de confiance lorsque les données ne suivent pas une loi normale. Les comparaisons de méthodes, dans le cas d'estimations d'échinodermes, ont montré que les procédures bootstrapp semblent les mieux adaptées (Turon *et al.*, 1995b). Dans cette étude, l'estimation des intervalles de confiance des densités d'oursins est effectuée par la méthode des percentiles (Efron, 1979). Pour cette procédure (bootstrapping), les sous-échantillons sont obtenus en ré-échantillonnant, avec le logiciel S-plus, les données originales. Un total de 10 000 re-échantillons est utilisé (Legendre & Legendre 1998). Pour estimer le stock d'oursins dans la totalité de la lagune, la méthode Monte-Carlo est utilisée (Manly 1998). Cette procédure permet de générer la distribution de la densité ainsi que la quantité totale d'oursin pour l'ensemble de la lagune. Comme le suggèrent Legendre & Legendre (1998), la procédure est répétée 10 000 fois pour chaque année. Grâce à ces distributions, il est possible de calculer les intervalles de confiance (Manly 1998). Un programme C++ est utilisé.

Compte tenu de la non normalité des données, des tests non paramétriques sont utilisés. Les tests de Kruskal-Wallis, suivi de test NKS permettent de mettre en évidence les variations de densités entre biotopes ou entre les différentes années d'études.

RESULTATS

Cartographie et estimation des surfaces

La surface totale de la lagune est d'environ 690 ha, si l'on exclue les zones marécageuses alentours. La vase est majoritairement présente dans l'étang, avec des surfaces allant de 60 à 70 % de la surface totale selon les années, les sables fins représentent 8 à 10 %, les galets 1.4 à 2.0 % et les herbiers 19 à 30% de l'étang (figure 2). Les changements entre les années sont peu importants, on note cependant une augmentation des zones de vase entre 1990 et 1994 au détriment des trois autres zones.

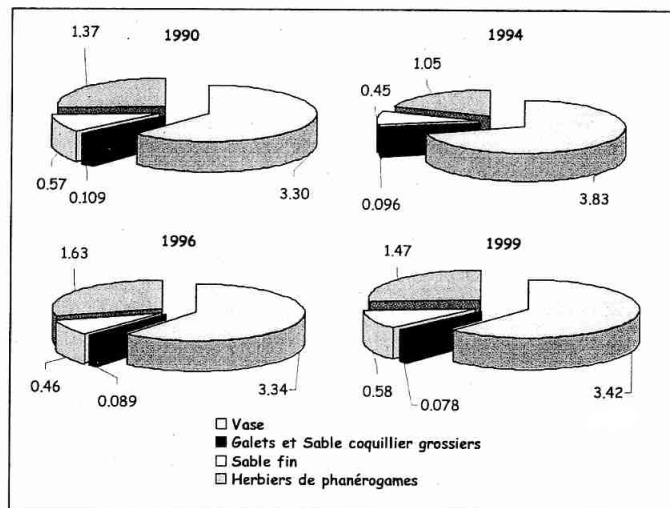


Figure 2 : Estimation des surfaces occupées par les différents biotopes ($\times 10^6$ m²) de 1990 à 1999

Densité et abondance de *Paracentrotus lividus*

Les résultats obtenus permettent de mettre en évidence des variations de densités que ce soit en fonction des biotopes étudiés et des années d'études (test de Kruskal Wallis, $p < 0.05$). On observe, pour toutes les années, un biotope riche en oursins (fonds de galets) et une zone pauvre en oursins (zone englobant les trois autres biotopes et types de fond). Les fonds de galets, malgré leur faible surface contiennent plus de la moitié de la population d'oursin de l'étang.

La comparaison des densités au cours du temps montre que la population diminue significativement entre 1990 et 1994 et cela particulièrement sur les zones de galets et les fonds de vase où ces diminutions atteignent 44 et 66% respectivement (test de Kruskal Wallis, test NKS, $p < 0.05$). Puis les densités augmentent, dès 1996, pour atteindre des valeurs identiques à 1990 en 1999 (test NKS, $p < 0.05$). Les zones de galets présentent même des valeurs significativement plus élevées en 1999 qu'en 1990 (test NKS, $p < 0.05$). Sur la totalité de l'étang, la population d'oursin est passée d'environ 6 millions d'individus en 1990 à environ 3 millions d'individus en 1994. Puis l'abondance a augmenté pour atteindre à nouveau environ 6 millions d'individus en 1999.

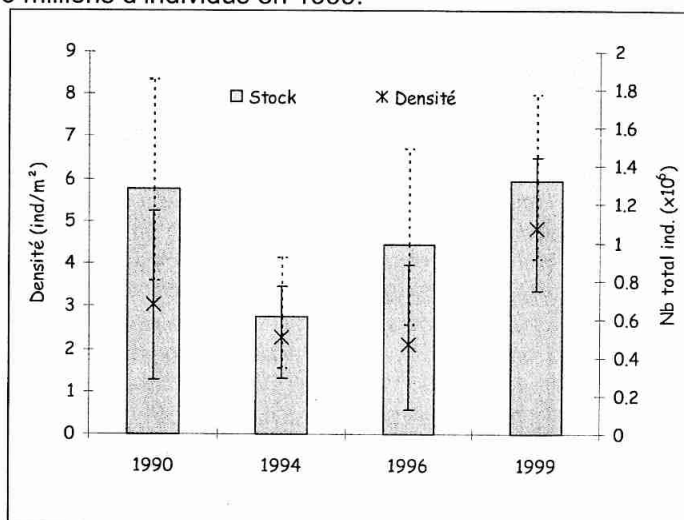


Figure 3 : Moyenne (et IC à 95%) de la densité et de l'abondance de *Paracentrotus lividus* dans l'étang d'Urbinu entre 1990 et 1999

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les populations d'oursins dans l'étang d'Urbino sont distribuées dans deux zones présentant des densités très différentes. Les zones de galets abritent plus de la moitié des populations de la lagune alors que leur superficie est très faible (- de 2% de la surface totale). Il faut noter que la plupart des individus présents dans cette zones sont de petite taille (<24 mm) et que cette zone est la zone de recrutement de la lagune (Fernandez *et al.*, 2001).

L'information la plus marquante du suivi des stocks durant ces neuf années est la variabilité importante des populations. En effet, les stocks peuvent varier du simple au double en quelques années. On note, en particulier, une diminution importante de l'abondance d'oursins entre 1990 et 1994. Les différentes évaluations de stocks ont été effectuées à des périodes similaires (juin) et en utilisant les mêmes méthodes. La diminution observée n'est donc pas imputable à la méthodologie employée.

Des variations interannuelles des abondances d'oursins ont déjà été observées pour de nombreuses populations. Ces variations peuvent être attribuées à des facteurs biotiques, abiotiques naturels ou anthropiques. On notera en particulier les fluctuations du recrutement (Guillou & Michel 1993), de la pression de prédation (Boudouresque *et al.*, 1989), l'apparition de maladies (Azzolina 1988), des migration d'individus (Azzolina, 1988), des variations de températures ou de salinité (Lawrence, 1996), l'envasement (Delmas, 1992) mais aussi la pêche (Régis, 1987) ou l'augmentation de la pollution (Delmas, 1992).

Durant la période d'étude un des facteurs abiotique a fortement varié dans l'étang d'Urbino. En effet, des pluies exceptionnelles ont eu lieu en Corse en automne 1993 avec 480 mm de pluies en 48 heures (la moyenne des précipitations dans ce secteur est de 500 to 706 mm/an). Cette arrivée massive d'eau douce sur une courte période a entraîné une forte baisse de salinité avec des poches d'eau à 7‰ durant au moins trois jours (pers. obs.). Un mois plus tard, la salinité de la lagune était encore à 33‰ au lieu des 39‰ généralement observées durant la période d'étude (données inédites IFREMER). Il est possible que cette baisse de salinité soit à l'origine de la diminution du stock d'oursin observé en juin 1994. En effet, les oursins sont généralement considérés comme sténohalins (Roller & Stickle 1993). Des mortalités massives dues à des baisses de salinité ont déjà été observées chez *Lytechinus variegatus* (Lamarck) (Lawrence 1975) ou *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson) (Lawrence, 1996). Ce type de mortalité est le résultat de fortes pluies ou d'une arrivée d'eau douce par l'intermédiaire de cours d'eau (Lawrence, 1996). Pour *Paracentrotus lividus*, l'effet de la salinité a été étudié en laboratoire, Le Gall *et al.* (1989). Ces auteurs ont montré que des baisses brutales de salinité entraînent des mortalités rapides (100 % de mortalité après 200 heures à 17 ‰ ou après 1 heure à 5 ‰). En 1993, le choc halin a dû être brutal avec des baisses importantes de salinité (au moins 7‰). Une mortalité massive a pu donc intervenir sur au moins une partie de la population.

La diminution de densité est particulièrement importante dans les zones de galets et les zones de vases. Les zones de galets sont localisées aux embouchures des cours d'eaux qui se jettent dans la lagune. Les individus vivants dans zones de galets ont donc pu être fortement affectés par ces chutes de salinité. De plus, les individus présents dans cette zone sont de petite taille (<24 mm) et ont approximativement 2 ans (Fernandez *et al.*, 2001). Ces jeunes oursins sont localisés dans des zones superficielles (<1 m de profondeur) ce qui les rend encore plus vulnérables aux baisses de salinité. En effet, Himmelman *et al.* (1983) notent que, dans l'estuaire du St Laurent (Canada), les jeunes *Strongylocentrotus droebachiensis* (Müller) sont très sensibles aux faibles salinités (par rapport aux individus adultes). La densité d'oursin a également fortement diminué dans les zones de vases. Ces zones sont plus profondes et donc moins sensibles aux baisses de salinité. Cependant elles sont le siège d'une importante sédimentation. Les fortes pluies et les arrivées d'eau par l'intermédiaire des cours d'eau ont certainement apporté une grande quantité de matières en suspension dans la masse d'eau. Celles-ci se sont ensuite déposées sur les fonds. Ceci explique les augmentations de surface de vase observée entre 1990 et 1994 lors des

cartographies. Les échinodermes et *Paracentrotus lividus* en particulier, sont très sensibles à l'envasement (Delmas, 1992, Lawrence 1996). Les oursins présents dans cette zone ont donc pu être également affectés par ce phénomène.

Si des diminutions importantes des populations ont été observées, des reconstitutions du stock sont également enregistrées. En effet, après seulement deux ans (1996), la population d'oursin a été multipliée par 1.6 et retrouve son niveau initial en 1999. Ce résultat démontre que les populations de *Paracentrotus lividus* sont fragiles mais qu'elles possèdent également une grande capacité de recolonisation que ce soit par recrutement ou migration. La relative inertie des populations de *Paracentrotus lividus* vis-à-vis de la crise observée montre que, du moins dans une lagune à faible confinement comme c'est le cas à Urbinu, les crises salines pourraient ne pas constituer le principal facteur d'instabilité.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient L. Bronzini de Caraffa, pour nous avoir permis de travailler sur l'étang d'Urbinu et pour nous avoir fourni les moyens à la mer. Merci au Pr G. Pergent pour l'utilisation du matériel de traitement d'image. Enfin merci à F. Morandini et O. Dumay pour leur aide sur le terrain lors de la Campagne CA.SI.MIR 1999.

REFERENCES

- Azzolina, J.F. 1988. *Contribution à l'étude de la dynamique des populations de l'oursin comestible Paracentrotus lividus (Lamarck). Croissance, Recrutement, Mortalité, Migrations*. Thèse Doct. 3^{ème} cycle, Université Aix-Marseille II.
- Boudouresque, C.F., Meinez, A. Bianconi, C.H. Gaunet, F. Rico, V.. 1989. Inventaire des Echinodermes de la réserve naturelle de Scandola (Parc naturel régional de Corse). *Trav sci. Parc nat. reg. Res. nat. Corse* 21: 1-17.
- Byrne, M., 1990. Annual reproductive cycle of the commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* from an exposed intertidal and sheltered subtidal habitat on the west coast of Ireland. *Mar. Biol.* 104: 275-289.
- Delmas, P. 1992. *Etude des populations de Paracentrotus lividus (Lam.) (Echinoidea) soumises à un pollution complexe en Provence nord-occidentale : densités, structures, processus de détoxication (Zn, Cu, Pb, Cd, Fe)*. Thèse Doct., Université Aix-Marseille III
- Efron, B. (1979). "Bootstrap methods: another look at the jackknife". *Annals of Statistics*.s 7: 1-26.
- Fernandez C. & Boudouresque C.F., 1997. Phenotypic plasticity of *Paracentrotus lividus* (Echinoidea: Echinodermata) in a lagoonal environment. *Marine Ecology Progress series*, (152) : 145-154.
- Fernandez, C. Caltagirone, A. Johnson, M. 2001. Demographic structure suggests migration of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in a coastal lagoon. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 80: 3713-3715.
- Frisoni, G.F. Guelorget, O. Ximenes, M.C. Perthuisot, J.P. 1983. Etude écologique de trois lagunes de la plaine orientale de Corse (Biguglia, Diana, Urbino) : Expressions biologiques qualitatives et quantitatives du confinement. *Journ. Rech. Océanogr.* VIII(1): 1-24.
- Guillou, M. & Michel, C. (1993). Impact de la variabilité du recrutement sur le stock d'oursins commercialisables de l'archipel de Glénan (Sud-Bretagne). *Oceanologica Acta* 16 (4): 423-430.
- Harmelin J.C., C. Bouchon and J.S. Hong (1981). Impact de la pollution sur la distribution des échinodermes des substrats durs en Provence (Méditerranée nord-occidentale). *Téthys*. 10 (1): 13-36.

- Himmelman, J.H. Lavergne, Y. Axelsen, F. Cardinal, A. Bourget, E. 1983. Sea urchins in the St Lawrence estuary : Their abundance, size structure, and suitability for commercial exploitation. *Can. J. Fish. aquat. Sci.* 40(4): 474-486.
- Lawrence, J.M. 1975. The effect of temperature-salinity combinations on the functional well-being of adult *Lytechinus variegatus* (Lamarck) (Echinodermata : Echinoidea). *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 18: 271-275.
- Lawrence, J.M. 1996. Mass mortality in echinoderms from abiotic factors. *Echinoderm studies* 5 : 103-137.
- Lawrence, J.M. Sammarco, P.W. 1982. Effect of feeding on the environment : Echinoidea. In Jangoux M. & J.M. Lawrence (eds), *Echinoderm nutrition*: 499-519. Rotterdam: Balkema.
- Le Direac'h, J. P. E. Charbonnel, M. Marchadour, 1987b. Le problème de l'évaluation des stocks chez *Paracentrotus lividus* (Lmk.): exemple d'une campagne de dénombrement autour de l'île du Frioul (Marseille; France). In C.F. Boudouresque (ed), *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*: 199-220. Marseille: GIS Posidonie.
- Le Gall, P. Bucaille, D. Dutot, P. 1989. Résistance aux variations de salinité chez *Paracentrotus* et *Psammechinus*. *Vie Marine*. H.S.10: 83-84.
- Manly, B. F. J. (1998). *Randomization, Bootstrap and Monte Carlo Methods in Biology*. London, Chapman & Hall, 399 pp.
- Palacin, C. Turon, X. Ballesteros, M., Giberet, G. Lopez, S. 1998. Stock evaluation of three littoral echinoid species on the catalan coast (North-Western Mediterranean). *P.S.Z.N.: Marine Ecology*: 19(3): 163-177.
- Pasqualini V., C. Pergent-Martini, C. Fernandez and G. Pergent (1997). The use of airborne remote sensing for benthic cartography : advantages and reliability. *Int. J. Remote sensing*, 18(5), 1167-1177.
- Roller, R.A. & Stickle, W.B. 1993. Effect of temperature and salinity acclimation of adults on larval survival, physiology, and early development of *Lytechinus variegatus* (Echinodermata : Echinoidea). *Mar. Biol.* 116: 583-591.
- Scherrer, B. 1983. Technique de sondage en écologie. In S. Frontier (ed), *Stratégie d'échantillonnage*: 63-162. Paris: Masson et P.U.L.
- Turon, X. Giribet, G. Lopez, S. Palacin, C. 1995a. Growth and population structure of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata : Echinoidea) in two contrasting habitats. *Mar. Ecol. prog. ser.* 122(1-3): 193-204.
- Turon, X. Palacin, C. Ballesteros M., Dantart L. 1995b. A case of study of stock evaluation on littoral hard substrata : echinoid populations on the north-east coast of Spain In : A. Eleftherious, A.D. Ansell, C.J. Smith eds. *Biology and ecology of shallow coastal waters*. Olensen & Olensen : 333-339.s
- Verlaque, M. 1987. Relations entre *Paracentrotus lividus* (Lmk.) et le phytobenthos de Méditerranée occidentale. In C.F. Boudouresque (ed), *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*: 5-36. Marseille: GIS Posidonie.