

# VARIABILITÉ DE LA CROISSANCE DE L'OURSIN *PARACENTROTUS LIVIDUS* (LMK) DE LA RÉGION D'ALGER (ALGÉRIE)

\*Mezali-Soualili D.L.(1), Semroud R.(2), Guillou M.(3)  
(1) Département des Ressources Halieutiques, Faculté des Sciences Exactes, de la Nature et de la Vie. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, BP 300 rue Hocine Hamadou, 27000, Mostaganem, Algérie.  
(2) Laboratoire de Biologie et d'Ecologie du Phytobenthos, 54-Staoueli-Wilaya de Tipaza-Alger.  
(3) Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin, IUEM, Plouzané 29280 France.

\*Auteur correspondant : soualilid@yahoo.fr.

## Résumé

L'estimation de la qualité des eaux côtières marines algéroises à travers le bioindicateur : l'oursin livide *Paracentrotus lividus* (Lmk) semble probant dans sa phase larvaire et post-métamorphique. Ce qui n'est pas toujours le cas dans sa phase juvénile et adulte. Dans ce présent travail, on a donc recherché, en analysant les traits de vie de trois populations d'oursins (issues de trois localités différentes de la côte algéroise), les effets directs de la contamination métallique. Les résultats ont montré que seule la longueur et la finesse des piquants des individus de *Paracentrotus lividus*, vivant dans la station la moins polluée (Sidi Fredj), isole cette dernière par rapport aux deux autres stations localisées dans la baie d'Alger (Alger Plage et Tamentfoust). Cependant, ces différences de traits de vie entre les populations de *Paracentrotus lividus*, semblent être liées à la variabilité des facteurs environnementaux. Dans le site de Sidi Fredj, la richesse trophique du milieu et la meilleure santé des oursins se traduisent par des piquants plus longs et fins. L'hydrodynamisme et le substrat meuble entraînent un aplatissement du test permettant une meilleure adhérence. La station d'Alger Plage apparaît plus riche en matière organique (taux relativement élevée de la fraction fine du sédiment). L'absorption de cette richesse organique pourrait profiter à la croissance somatique, où les oursins de ce site présentent une taille plus importante pour un même nombre d'hivers observés.

**Mots clés** *Paracentrotus lividus*, métaux lourds, sédiment, population naturelle, croissance, allométrie.

## Introduction

En Algérie, l'espace littoral, connaît une forte occupation par rapport au reste du territoire. Il fait partie des 34 points chauds de la biodiversité mondiale (Nateche, 2005). Cette présente étude se propose de contribuer, à travers l'oursin *Paracentrotus lividus*, l'évaluation de la qualité des eaux de la baie d'Alger où les sources de pollution sont variées et

proviennent des activités urbaines (eaux usées), agricoles (pesticides), industrielles [hydrocarbures aromatiques (HPAs) et composés organochlorés (PCBs)], militaires et de loisir (métaux lourds, peintures antifouling...) (Rapport d'Aménagement Côtier, PAC, 2006).

L'oursin *Paracentrotus lividus* nous est apparu comme un bon outil pour évaluer la qualité des eaux côtières algéroises pour différentes raisons:

- l'oursin est reconnu mondialement comme un bon indicateur de la santé du milieu marin et un bioaccumulateur (EPA, 1988; Chapman *et al.*, 1992);
- le bioessai et le développement embryonnaire chez l'oursin est bien quantifié (Kobayashi, 1991; Pagano *et al.*, 1988);
- *Paracentrotus lividus* tient un rôle clé dans l'écosystème méditerranéen (herbier de Posidonies notamment) (Boudouresque et Verlaque, 2001) et dans la baie d'Alger en particulier (Semroud, 1993);
- et enfin son rôle dans l'évaluation de la pollution métallique a été mis en évidence (Warnau *et al.*, 1996; Quiniou *et al.*, 1999; Guillou *et al.*, 2000; Bayed *et al.*, 2005).

L'analyse est basée sur l'utilisation de l'oursin *Paracentrotus lividus* en tant que bioaccumulateur de métaux lourds et des traits biologiques et écologiques des populations naturelles de cet oursin. Ceci doit permettre de définir d'une part les différences entre les populations et d'autre part de déterminer de possibles adaptations ou modifications de comportements de cette espèce en fonction des variations de l'environnement et enfin de conforter l'utilisation de l'oursin *Paracentrotus lividus* comme outil d'évaluation de la qualité des eaux de la région d'Alger. Dans la baie d'Alger, deux populations d'oursins ont été choisies dans les sites d'Alger Plage et de Tamentfoust, qui sont potentiellement soumis à des rejets non traités d'origine anthropique et industrielle. Une troisième population est suivie hors de la baie plus exactement à Sidi Fredj (Baie d'El Djemila).

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Les stations étudiées

Trois sites ont été choisis à proximité de la capitale algérienne : les stations d'Alger Plage et de Tamentfoust sont situées dans la baie d'Alger, soumises à une pollution industrielle chronique (cimenterie, usines chimiques) et à des pollutions pétrolières. Le site de Sidi Fredj, est situé à l'extérieur de la baie d'Alger dans la baie d'El Djemila moins soumise aux rejets anthropiques. Le choix de ces sites tient compte de différences de localisation géographique, d'urbanisation du littoral et de conditions hydrodynamiques. Les prélèvements ont été effectués par plongée en scaphandre autonome en zone subtidale à une profondeur de 3 m (Figure 1).

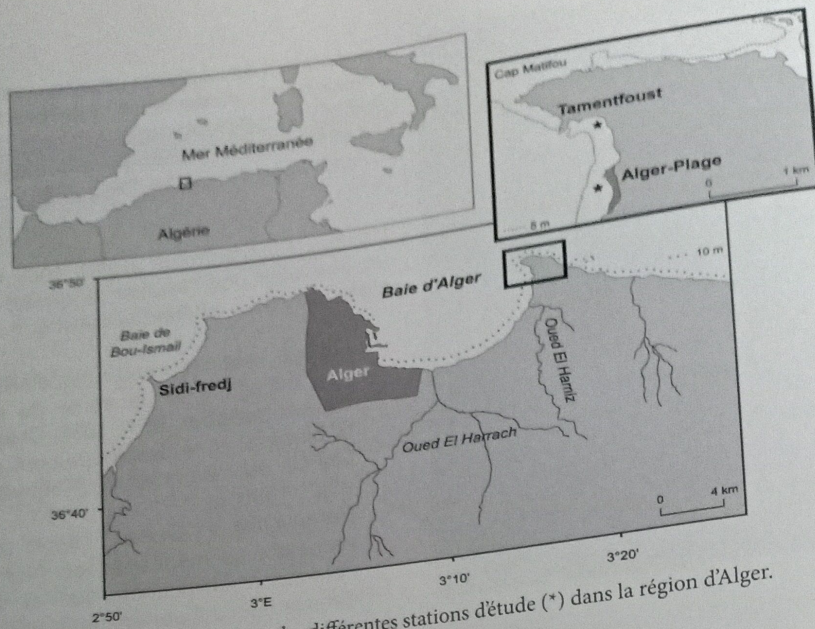


Figure 1: Localisation des différentes stations d'étude (\*) dans la région d'Alger.

## 1.2. Croissance

Pour mettre en évidence les stries de croissance sur les plaques interambulacraires du test de *P. lividus*, les méthodes directes de Jensen (1969) et Azzolina (1988) ont été adoptées. En moyenne, trois plaques par individu sont observées, afin de s'assurer de la validité de l'interprétation. Seules les stries les plus marquées, correspondant réellement à la croissance hivernale, ont été prises en compte pour l'interprétation de l'âge des individus examinés selon les recommandations de Hughes (1970) et Bachelet (1981). Pour les trois populations de *P. lividus*, les relations suivantes sont comparées et analysées : le diamètre (Ds) et la hauteur du test (H), le diamètre du test (Ds) et le diamètre de la lanterne d'Aristote (d), le diamètre (h) et la hauteur de la lanterne d'Aristote (h), le diamètre du test (Ds) et la longueur des piquants primaires (Lp), et l'épaisseur ou diamètre au sommet (Es) des piquants et l'épaisseur ou diamètre à la base des piquants (Lb). La valeur du coefficient de régression «a» est comparée à une valeur théorique 1, à l'aide du test (t) de Student ( $P < 0,05$ ). Le calcul des différents paramètres a été effectué à l'aide du programme STATGRAPHICS (2001).

## 2. Résultats

### 2.1. Etude de la croissance

#### - Détermination de la croissance par la méthode directe (lecture des stries)

La période de ponte de *P. lividus* dans l'ensemble des sites étudiés démarre au printemps et se termine en

automne. L'intervalle de temps entre la métamorphose et la formation de la première strie hivernale peut donc varier de 1 et 8 mois. Le dénombrement des stries s'est fait à partir de la deuxième zone translucide qui est comptabilisée comme un premier hiver pour l'ensemble des échantillons (Figure 2).



Figure 2. Photo de la face interne d'une plaque interambulacraire montrant des stries d'accroissement, de l'oursin *Paracentrotus lividus* vivant dans la région d'Alger.

Dans l'ensemble, un total de 8 stries a été dénombré pour les échantillons de la population de Tamentfoust, 6 stries pour ceux de Sidi Fredj et 5 stries pour ceux d'Alger Plage. Dans l'ensemble des sites, les données s'ajustent à la courbe logarithmique (Tableau 1), nous avons estimé le nombre de stries théoriques correspondant aux tailles maximales observées dans chaque population. Le nombre de stries déduit est de 10 et 16 respectivement à Alger Plage et à Tamentfoust pour la taille maximale observée de 62 mm et de 14 à Sidi Fredj pour une taille de 65 mm. La croissance de *P. lividus* apparaît plus lente à Tamentfoust par rapport à celle des deux autres sites.

Tableau 1. Equations reliant la taille (Ds) au nombre de stries (ns), dans les différents sites

Alger Plage	Tamentfoust	Sidi Fredj
$Ds = 20,05Ln(ns) + 14,59$ (n = 128, r = 0,99)	$Ds = 15,30Ln(ns) + 18,87$ (n = 110, r = 0,99)	$Ds = 17,60Ln(ns) + 18,37$ (n = 133, r = 0,99)

## Détermination de la croissance par la méthode indirecte (Relation d'allométrie)

### Au niveau du test

Dans l'ensemble des stations, la valeur de «r» mesurant le degré de liaison entre Ds et H, est assez forte. La comparaison des relations d'allométrie entre les sites montre une différence significative entre Sidi Fredj et les deux autres sites respectivement ( $P < 10^{-4}$ ). L'oursin de Sidi Fredj est significativement plus aplati que celui d'Alger Plage et de Tamentfoust.

### \* Au niveau de la lanterne d'Aristôte

Le coefficient de régression «a» significativement inférieur à 1, met en évidence une relation d'allométrie minorante entre d et Ds, dans l'ensemble des sites, *P. lividus* présente une vitesse de croissance du diamètre de la lanterne plus lente que celle du diamètre du test. Il n'y a aucune différence significative entre les trois sites ( $P > 0,05$ ). La comparaison inter-sites de la relation entre le diamètre (d) et la hauteur (h) de la lanterne montre une différence significative entre Tamentfoust et les deux autres sites respectivement Alger Plage et Tamentfoust. ( $P = 0,05$ ). L'oursin de Tamentfoust a une mâchoire plus aplatie que celle des deux autres sites.

### - Comparaison de la forme des piquants des oursins issus des différents sites

Les valeurs moyennes de la longueur du piquant, montre que pour une taille moyenne de 41mm, les oursins de Sidi Fredj présentent des piquants significativement plus longs que ceux des oursins d'Alger Plage et de Tamentfoust ( $P < 0,05$ ). Par contre, l'épaisseur à la base et au sommet du piquant est significativement inférieure chez les oursins de Sidi Fredj par rapport aux oursins des deux autres sites ( $P < 0,05$ ). Ces résultats nous permettent de dire que *P. lividus* présente des piquants plus long et plus fin à Sidi Fredj.

### 3. Discussion et conclusion

La toxicité des différents métaux lourds varie en fonction de l'espèce concernée et de ses stades de développement, des synergies et antagonismes avec d'autres métaux ou d'autres éléments polluants, des conditions physico-chimiques du milieu, de la présence de matière organique et d'argile en suspension (Deslous-Paoli, 1982). Dans nos résultats, seule la contamination en Pb mesurée dans les sédiments et les gonades est au-dessus des valeurs normales et fortement négativement corrélée avec les différents taux de développement larvaire (Soualili *et al.*, 2008). On peut proposer donc un gradient de degré de perturbation des trois sites algérois, comme suit:

Sidi Fredj < Tamentfoust < Alger Plage

Degré de perturbation du milieu

la contamination de l'eau de mer non seulement par les métaux lourds (tel que le fer, le mercure...), mais aussi par les TBT, PAHs et pesticides (Quiniou *et al.*, 1999). Dans le même ordre d'idées, Kobayashi et Okamura (2005) relient les anomalies du développement observées dans une eau artificielle chargée en métaux lourds non seulement à la concentration de ces métaux mais aussi aux interactions chimiques entre ces métaux. Selon Lawrence (1987), les réponses des populations d'échinodermes peuvent être classées en différents niveaux selon la quantité de nourriture dont elles disposent. (a) Lorsque la nourriture est abondante, le taux de croissance, la reproduction et la longévité présentent un optimum. (b) Lorsque la nourriture est réduite, le taux de croissance et la taille maximale diminuent, pour favoriser la fonction de la reproduction. (c) En cas de limitation plus importante, l'effort de reproduction est affecté, et l'on peut imaginer un cas extrême où l'énergie disponible serait utilisée pour la seule maintenance sans croissance somatique ni gonadique. D'après Spirlet *et al.* (2000) et Shipigel *et al.* (2004), chez les oursins, lorsque la nourriture disponible n'est pas limitée, la température peut jouer un rôle important dans le contrôle de la croissance. Outre la corrélation positive entre la croissance somatique et la température signalée par de nombreux auteurs (Lares et McClintock, 1991), et traduite par l'évolution saisonnière observée chez toute les populations jusqu'à l'arrêt hivernal à l'origine des stries translucides, des variations de températures locales peuvent être à l'origine de variations de croissance.

Une augmentation de température peut augmenter l'efficacité de l'ingestion et de l'absorption et donc au final la croissance (Spirlet *et al.*, 2000). A l'opposé de trop fortes températures peuvent entraîner un ralentissement de cette fonction en agissant directement sur le métabolisme de l'animal (Le Gall *et al.*, 1990). Cependant, la comparaison des populations analysées ici ne montre pas de relation directe entre le gradient de température et la croissance chez *Paracentrotus lividus*. Des facteurs locaux sont donc à l'origine des variations observées, facteurs environnementaux dont ceux cités précédemment, mais aussi des facteurs génétiques. Ulbricht & Pritchard (1972) signalaient déjà des réactions différentes à la température des populations d'oursins subtidales par rapport aux populations intertidales soumises à de plus importantes variations thermiques, et il est tout à fait normal de concevoir une adaptation à ce facteur après isolement géographique. La modification de la forme du test chez les échinidés est conditionnée par les forces mécaniques ou par des processus liés à la calcification (Dafni, 1983 ; 1985). La forme du test (aplatissement) peut varier entre populations de la même espèce en fonction de l'exposition du milieu (Lumingas, 1994). Chez les populations algéroises (cette étude), Sidi Fredj présente un test plus aplati que celui des autres populations (Alger

L'ensemble de ces résultats suggère une bonne corrélation entre le biomarqueur et la contamination métallique. Ceci a été observé dans la baie de Brest (Armorique), où les anomalies du développement larvaire ont été reliées à

Plage et Tamentfoust). La forme du test peut également varier selon la nature du substrat et/ou la nature du test lui-même (Lumingas, 1994). Si l'hypothèse qu'un test aplati permet le plus grand contact des podia avec le

substrat est vraie (Thompson, 1917), l'aplatissement du test de l'oursin à Sidi Fredj, pourrait permettre à *P. lividus* de mieux adhérer au substrat.

Pour l'ensemble des populations algéroises, une diminution de la vitesse de croissance du diamètre de la lanterne d'Aristote par rapport à celle du test a été déterminée. Le même type de relation a été signalé pour l'espèce *Sphaerechinus granularis* (Lumingas, 1994; Soualili, 1998). Beaucoup d'oursins sont capables de modifier la morphologie de leur lanterne en réponse à la variation des ressources dont ils disposent. La limitation de nourriture peut entraîner un accroissement de la taille de cet organe masticateur pour une taille donnée du test (Ebert, 1980; Black *et al.*, 1982; 1984; Edwards & Ebert, 1991; Levitan, 1991). Dans le cas des populations algéroises, l'abondance de nourriture dans les trois sites (Alger Plage, Tamentfoust et Sidi Fredj), n'entraîne pas la nécessité d'une hypertrophie de la mâchoire. Selon Lumingas (1994), la plasticité morphologique contribue de manière importante à l'adaptation phénotypique de l'oursin à des milieux différents ou à des nourritures différentes. Régis (1981a) relie l'aplatissement de lanterne chez *Arbacia lixula*, au type de nourriture (corallinacées encourantées) qu'il consomme. Parmi les populations étudiées, seule la population de Tamentfoust présente une lanterne aplatie, alors que la nourriture disponible (macrophytes) est la même que celle de la station proche Alger Plage. L'aplatissement de la lanterne dans ce cas, est à attribuer à d'autres facteurs qu'il conviendra de préciser

En ce qui concerne la variabilité de la longueur des piquants, ils sont plus longs et plus fins chez la population de Sidi Fredj, comparés à ceux des deux autres populations. Régis (1979a) a signalé des oursins avec des piquants plus courts vivant dans un herbier à *Posidonia oceanica* par rapport à ceux vivant sur un substrat rocheux. Dance (1987) a relié ce fait à l'activité de *P. lividus* qui serait moindre sur un herbier à *P. oceanica* que sur un substrat rocheux. Ceci ne s'applique pas aux oursins de Sidi Fredj. Ces derniers présentent des longs piquants alors qu'ils vivent dans un herbier à Posidonies. La longueur et la finesse des piquants de la population de Sidi Fredj, pourraient traduire une meilleure santé des oursins dans cette station (Guillou M, communication personnelle).

Cet allongement des piquants peut aussi indiquer la présence dans le milieu d'une plus grande quantité de matière nutritive en suspension. Delmas et Régis (1984) a souligné la présence d'une population de *P. lividus* avec un allongement extraordinaire des piquants dans la zone de Cortiou, soumise à une pollution complexe à dominance domestique. L'allongement des piquants a également été mis en évidence dans la collecte du matériel dissous ou finement particulaire par Péquignat (1966, 1969 et 1972). Selon Régis (1978), la population de *P. lividus* de l'île de Pomègues apparaît comme parfaitement adaptée aux particularités du micromilieu, car elle « oriente » la croissance de ses piquants dans le sens qui lui est le plus trophiquement favorable. Pancucci *et al.* (1993), considère l'allongement des piquants comme une adaptation morphofonctionnelle à une prise plus active et plus efficace du matériel organique abondant dissous ou en suspension

dans la colonne d'eau. Par ailleurs, Gotsis et Panyotis (1988) relie également la longueur des piquants à leur rôle dans la collecte du matériel organique nécessaire pour la nutrition et le succès de la reproduction. Si cette hypothèse s'avère exacte la longueur des piquants des oursins de Sidi Fredj soulignerait la présence d'un taux important de matière organique dans le milieu et serait en accord avec l'observation de pontes toute l'année (Soualili et Guillou, 2009). Dans cette étude, on peut conclure donc que les résultats relatifs aux traits de vie des populations sont moins significatifs concernant l'effet de la contamination sur les populations étudiées. La croissance ne discrimine pas une population comme étant la plus perturbée. Seule la longueur et la finesse des piquants de la population de Sidi Fredj isolent cette population par rapport aux deux autres.

Pour appuyer nos conclusions, des analyses complémentaires s'avèrent cependant indispensables notamment: la quantification de la production primaire dans le milieu, des nutriments dans l'eau et le sédiment, l'extension de l'étude de nos populations d'oursins à une plus large échelle bathymétrique, et d'une manière générale la prise en compte de l'ensemble des paramètres physiques mesurables dans chaque site (T°C, S‰, O<sub>2</sub>, .....

### Références bibliographiques

- Azzolina J.F., 1988. Contribution à l'étude de la dynamique de populations de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lmck). Croissance, recrutement, mortalité, migrations. Thèse Doct 3ème cycle, Univ Aix-Marseille II, 225p.
- Bachelet G., 1981. Application de l'équation de Von Bertalanffy à la croissance du bivalve *Scrobicularia plana*. [Application of the von Bertalanffy equation to the growth of *Scrobicularia plana* (Bivalvia)]. *Cah. Biol. Mar.*, 22(3): 291-311.
- Bayed A., Quiniou F., Benrha A., Guillou M., 2005. The *Paracentrotus lividus* populations from the Northern Moroccan Atlantic coast: growth, reproduction and health condition. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 85: 999-1007.
- Black R., Johnson M.S., Trendall J.T., 1982. Relative size of Aristotle's lantern in *Echinometra mathaei* occurring at different densities. *Mar. Biol.*, 71: 101-106.
- Black R., Codd C., Hebbert D., Vink S., Burt J., 1984. The functional significance of the relative size of Aristotle's lantern in the sea urchin *Echinometra mathaei*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 77: 81-97.
- Boudouresque C.F., Verlaque M., 2001. Ecology of *Paracentrotus lividus*. In, Lawrence J.M., (ed), *Edible sea urchins: biology and ecology*, Amsterdam: Elsevier Sciences, 177-216
- Chapman P.M., Swartz R.C., Roddie B., Phelps H.L., Van den Hurk P., Butler R., 1992. An international comparison of sediment toxicity tests in the North Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 91: 253-264.
- Dafni J., 1983. Aboral depressions in the tests of the sea urchin *Tripneustes cf. gratilla* (L.) in the Gulf of Eilat, Red Sea. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 67: 1-15.
- Dafni J., 1985. Effect of mechanical stress on the calcification pattern in regular echinoid skeletal plates. In, Keegan B.F., O'Connor B.D.S., (eds), *Echinodermata*, Balkema, Rotterdam, 233-236.
- Dance C., 1987. Patterns of activity of sea urchin *Paracentrotus lividus* in the Bay of Port-Gros (Var. France. Mediterranean). *Mar. Ecol.*, 8(2): 231-142.
- Delmas P., Régis M.B., 1984. Influence d'une pollution complexe a dominante domestique sur les populations de

- Échinoderme comestible *Paracentrotus lividus* (Lamarck). *Vie Marine*, 6: 63-72.
- Deslous-Paoli J.M., 1982. Toxicité des éléments métalliques dissous pour les larves d'organismes marins données bibliographiques. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, 45 (1): 73-83.
- Ebert T.A., 1980. Relative growth of sea urchin jaws: an example of plastic resource allocation. *Bull. Mar. Sci.*, 30: 467-474.
- Edwards P.B., Ebert T.A., 1991. Plastic responses to limited food availability and spine damage in the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 145(2): 205-220.
- EPA (Environmental Protection Agency), 1988. Sea urchin (*Arbacia punctulata*) Fertilization Test Method 1008. In: Weber C.I., Horning II W.B., Klemm D.J., Neiheisel T.W., Lewis P.A., Robinson E.L., Menkedick J.R., Kessler F.A., (eds), *Short-term methods of effluents and receiving organisms*, Report, EPA/600/4-87/028, Cincinnati, 239-272.
- Gotsis O., Panayotidis P., 1988. Phytoplankton composition and abundance and Chlorophyll-a concentration in Amvrakikos Gulf. In: Tziavos Ch. (eds), *Oceanographical Study of Amvrakikos Gulf*, Technical Report. National Centre for Marine Research, Athens, 4: 2-21.
- Guillou M., Quiniou E., Huart B., Pagano G., 2000. Comparison of embryonic development and metal contamination in several populations of the sea urchin *Sphaerechinus granularis* (Lamarck) exposed to anthropogenic pollution. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 39: 337-344.
- Hughes G.M., 1970. Morphological measurements on the gills of fishes in relation to their respiratory function. *Folia Morph. Prague.*, 18:78-95.
- Jensen M., 1969. Breeding and growth of *Psammechinus miliaris* (Gmelin). *Ophelia*, 7: 65-78.
- Kobayashi N., 1991. Marine pollution bioassay by using sea urchin eggs in the Tanabe Bay, Wakayama Préfecture, Japan, 1970-1987. *Mar. Poll. Bull.*, 23: 709-713.
- Kobayashi H., Okamura N., 2005. Effects of heavy metals on sea urchin embryo development. Part 2. Interactive toxic effects of heavy metals in synthetic mine effluents, *Chemosphere.*, 61: 1198-1203.
- Lares M.T., McClintock J.B., 1991. The effects of food quality and temperature on the nutrition of the carnivorous sea urchin *Eucidaris tribuloides* (Lamarck). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 149(2): 279-286.
- Lawrence J.M., 1987. Echinodermata. In: Pandian T.J., Vernberg F.J., (eds), *Animal energetics*. Academic Press, Inc., San Diego, 2: 229-321.
- Le Gall P., Bucaille D., Grassin J.B., 1990. Influence de la température sur la croissance de deux oursins comestibles, *Paracentrotus Lividus* et *Psammechinus miliaris*. In: De Ridder C., Dubois Ph., Lahaye M.C., Jangoux M., (eds), *Echinoderm Research*. Balkema publ, Rotterdam, 183-188.
- Levitan D.R., 1991. Skeletal changes in the test and jaws of the sea-urchin *Diadema antillarum* in response to food limitation. *Mar. Biol.*, 11: 431-435.
- Lumingas L., 1994. La plasticité chez l'oursin *Sphaerechinus granularis* en rade de Brest (Bretagne, France). *Thèse Doct, U.B.O.*, Brest, 193p.
- Nateche S., 2005. Rapport sur la protection du littoral algérien. *Ministère de l'Aménagement du littoral et de l'Environnement. MATE. GIZC.*, 59p.
- PAC (Rapport d'Aménagement Côtier) 2006, "Zone côtière algéroise". Protection des sites sensibles naturels marins du secteur Cap Djinet au Mont Chenoua. Impact des activités anthropiques. (M.A.T.E. République Algérienne Démocratique et Populaire), 88p.
- Pagano G., Cipollaro M., Corsale G., Esposito A., Giordano G.G., Ragucci E., Trief NM., 1988. Comparative Toxicities of Benzene, Chlorobenzene and Dichlorobenzene to Sea Urchin Embryos and Sperm. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 40: 481-488.
- Pancucci M.A., Panayotidis P., Zenetos A., 1993. Morphological changes in sea-urchin populations as a response to environmental stress. In: Aldrich J.C., (ed), *Quantified phenotypic responses in morphology and physiology*. JAPAGA, Ashford, 247-257.
- Pequignat E., 1966. "Skin digestion" and epidermal absorption in irregular and regular urchins and their probable relation to the out flow of spherule-coelomocytes. *Nature*, 210: 397-399.
- Pequignat E., 1969. Sur l'absorption et l'utilisation de molécules dissoutes ainsi que des particules en suspension par les oursins réguliers et irréguliers. *C.R. Soc. Biol.*, 163: 100-104.
- Pequignat E., 1972. Some new data on skin-digestion and absorption in urchins and sea stars (*Asterias* and *Henricia*). *Mar. Biol.*, 12(1): 28-41.
- Quiniou F., Guillou M., Judas A., 1999. Arrest and delay in embryonic development in sea urchin populations of the Bay of Brest (Brittany, France); link with environmental factors. *Mar. Pollut. Bull.*, 38 (5): 401-406.
- Régis M.B., 1978. *Croissance de deux Echinoïdes du Golfe de Marseille (Paracentrotus lividus (Lmk.) et Arbacia lixula L.). Aspects écologiques de la microstructure du squelette et de l'évolution des indices physiologiques*. Thèse Doct d'Etat, Univ. Aix-Marseille III, 221p.
- Régis M.B., 1979a. Particularités microstructurales du squelette de *Paracentrotus lividus* et *Arbacia lixula* : Rapports avec l'écologie de ces échinoides. *Mar. Biol.*, 54: 373-382.
- Régis M.B., 1981a. Aspects morphométriques de la croissance de deux échinoïdes du Golfe de Marseille, *Paracentrotus lividus* (Lmk.) et *Arbacia lixula* (L.). *Cah. Biol. Mar.*, 22: 349-370.
- Shipigel M., MacBride S.C., Marciano S., Lupatsch I., 2004. The effect of photoperiod and temperature on the reproduction of European sea urchin, *Paracentrotus lividus*. *Aquaculture*, 232: 343-355.
- Semroud R., 1993. *Contribution à la connaissance de l'écosystème à Posidonia océanica (L.). Delile dans la région d'Alger (Algérie): Etude de quelques compartiment*. Thèse Doct, Sciences. Ecol. Mar., U.S.T.H.B., Alger, 129p.
- Soualili D.L., 1998. *Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique de la population de Sphaerechinus granularis (Lmk), dans la baie d'Alger (Tamentfoust)*. Thèse de Magistère, Oceanol. U.S.T.H.B., 123p.
- Soualili D., Dubois P., Gosselin P., Pernet P., and Guillou M. 2008. Assessment of seawater pollution by heavy metals in the neighbourhood of Algiers: use of the sea urchin, *Paracentrotus lividus*, as a bioindicator. - *ICES Journal of Marine Science*, 65: 132-139.
- Soualili D., Guillou M. 2009. Variation in reproductive strategy of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck) in three differently polluted locations near Algiers (Algeria). *Journal of the Marine Biological Association (JMBA)*, Vole 2, e100: 1-6.
- Spirlet C., Grosjean P., Jangoux M., 2000. Optimization of gonad growth by manipulation of temperature and photoperiod in cultivated sea urchins, *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinodermata). *Aquaculture*, 185: 85-99.
- Thompson D.A., 1917. On growth and form. Cambridge Univ. press, Cambridge.
- Ulbricht R. J., Pritchard A. W., 1972. Effect of temperature on the metabolic rate of sea urchin. *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab. (Woods Hole)*, 142: 178-185.
- Warnau M., Iacarino M., De Biase A., Temara A., Jangoux M., Dubois P., Pagano G., 1996. spermotoxicity and embryotoxicity of heavy metals in the echinoid *Paracentrotus lividus*. *Environ. Toxicol. Chem.*, 15: 1931-1936.