

Âge et croissance de l'oursin *Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816 (Echinodermata-Echinoidea) dans le golfe de Tunis (Méditerranée)

Fériel SELLEM ^{a*}, Habib LANGAR ^a, Danielle PESANDO ^b

^a Institut national des sciences et technologies de la mer, 28, rue du 2-Mars-1934, 2025 Salammbô, Tunisie

^b Laboratoire de physiologie et toxicologie environnementales, faculté des sciences, université de Nice-Sophia Antipolis, BP 71, 06108 Nice cedex 02, France

Reçu le 7 février 2000, reçu en forme révisée le 30 mai 2000, accepté le 14 juin 2000

Abstract – Age and growth of *Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816 (Echinodermata-Echinoidea) in the gulf of Tunis (Mediterranean Sea). The age of *Paracentrotus lividus* in the gulf of Tunis was evaluated by analysing the natural growth banding in the interambulacral plates from the oral part of the test. It appeared that growth rates increased in spring and summer, and decreased in autumn and winter. The maximum age and diameter were estimated to be 8 years and 53 mm respectively. Compared to populations of *Paracentrotus lividus* from NW Mediterranean and Atlantic, that of the gulf of Tunis presented a more rapid growth. © 2000 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

Résumé – L'évaluation de l'âge de *Paracentrotus lividus* du golfe de Tunis a été réalisée à l'aide de la méthode d'analyse des stries d'accroissement des plaques interambulacraires de la partie orale du test. Le rythme de croissance est élevé au printemps et en été, et faible en automne et en hiver. La longévité et le diamètre maximal des individus ont été estimés respectivement à 8 ans et à 53 mm. Comparé aux populations de *Paracentrotus lividus* de la Méditerranée nord-occidentale et de l'Atlantique, celles du golfe de Tunis présentent une croissance plus rapide. © 2000 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

Mediterranean sea / sea urchin / age and growth

Méditerranée / oursin comestible / âge et croissance

1. INTRODUCTION

L'oursin comestible *Paracentrotus lividus* présente une vaste distribution géographique qui englobe aussi bien l'Atlantique Est que la Méditerranée. Il occupe essentiellement l'étage infralittoral et se rencontre depuis la surface jusqu'à 80 m de profondeur (Tortonese, 1965 ; Fischer et al., 1987). L'espèce vit dans deux écosystèmes différents : elle peut occuper les rochers lit-

toraux recouverts de peuplements d'algues photophiles, mais s'accommode également de l'herbier à *Posidonia oceanica*. Dans son aire de répartition, les travaux portant sur la détermination de l'âge et de la croissance de l'espèce, se rapportent, en grande partie, aux populations de l'Atlantique Est et à celles de la Méditerranée nord-occidentale (Cripp et Willis, 1975 ; Allain, 1978 ; Régis, 1978 ; Azzolina, 1988 ; Turon et al., 1995). En revanche, les études relatives à la croissance des populations de la Méditerranée sud-occidentale sont quasiment inexistantes. Il nous a donc paru intéressant d'apporter de nouvelles don-

* Correspondance et tirés à part :

E-mail address: feriel.sellem@instm.rnrt.tn (F. Sellem).

nées sur l'âge de l'espèce à cette latitude, et cela par une approche anatomique utilisant les structures dures, c'est-à-dire les plaques squelettiques calcifiées.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Échantillonnage

L'échantillonnage d'oursins a été effectué dans le

secteur sud-est du golfe de Tunis (*figure 1*). Les prélèvements ont été réalisés sur deux années, de septembre 1993 à août 1995. La collecte des animaux s'effectue par plongée à une profondeur de 3 m à la station de Sidi Rais, caractérisée par la présence d'unherbier à posidonies. Mensuellement, environ dix oursins, de diamètre compris entre 22,9 et 62,4 mm, ont été collectés. Au total, 241 individus ont été utilisés pour établir le modèle de croissance de l'espèce.

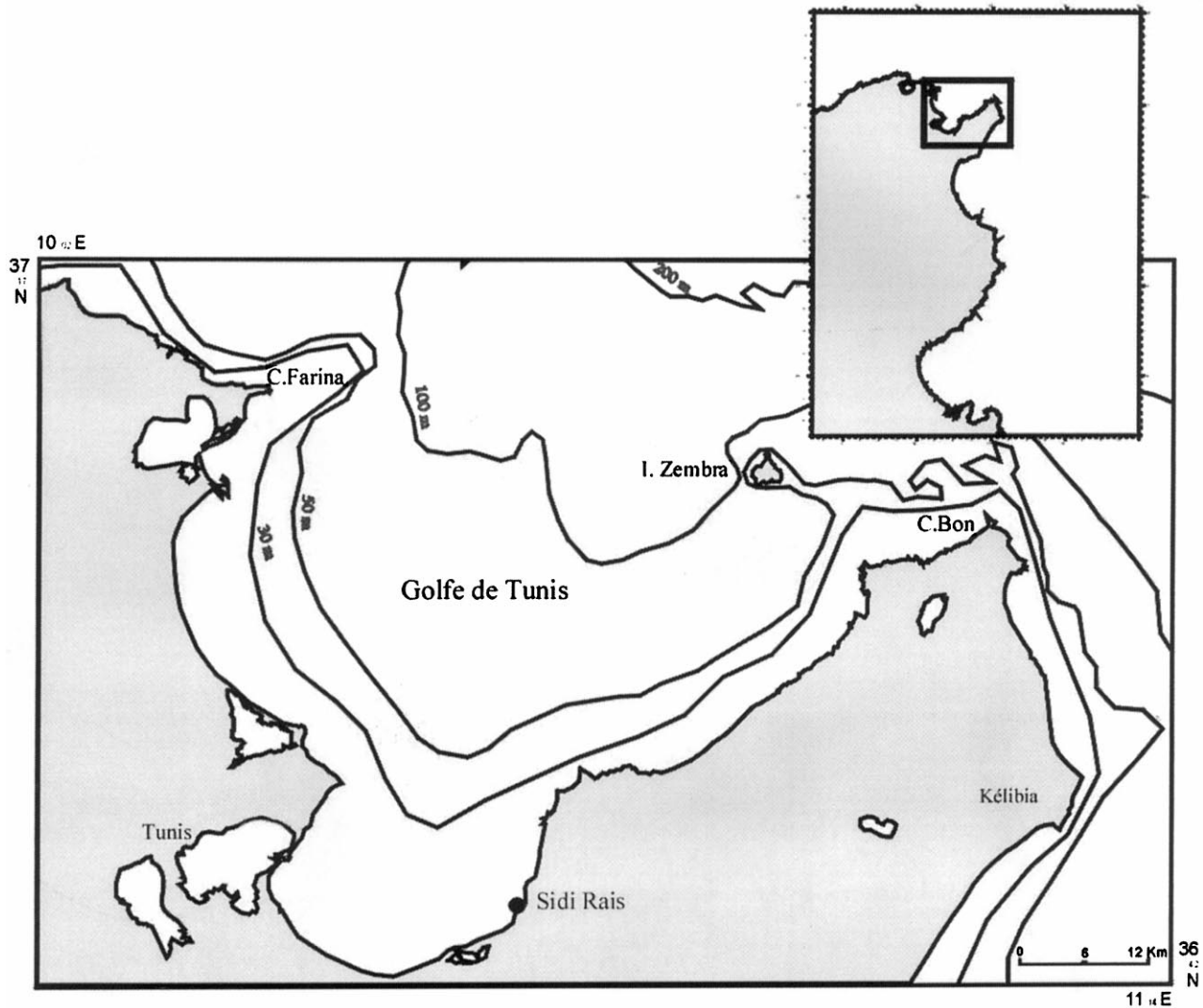


Figure 1. Situation géographique et bathymétrie du golfe de Tunis. ● station de Sidi Rais.

Figure 1. Geographical situation and bathymetry of the gulf of Tunis. ● station of Sidi Rais.

2.2. Techniques d'observation et de comptage des stries

Pour mettre en évidence les stries de croissance sur les plaques interambulacraires du test de l'oursin, les méthodes décrites par Jensen (1969b) et Azzolina (1988) ont été adoptées. Les échantillons d'oursins, débarrassés de leurs contenus cœlomiques, sont placés dans une étuve à 70 °C. Après séchage, les tests sont immergés dans une solution d'hypochlorite de sodium afin d'éliminer les tissus organiques et les appendices squelettiques. Les parties orales des tests sont alors isolées et de nouveau mises à sécher afin d'être utilisées pour la détermination de l'âge. Le choix de ces parties du test est justifié car, seules les plaques interambulacraires de cette région orale reflètent l'âge réel de l'oursin (Azzolina, 1988). Une fois isolées, les plaques sont brûlées quelques secondes. Après refroidissement, les plaques sont imbibées par du xylène et observées à l'aide d'une loupe binoculaire sous lumière réfléchie. L'observation porte sur la surface intérieure des quatrièmes et des cinquièmes plaques interambulacraires à partir du bord du péristome. Cette technique a permis d'examiner plusieurs plaques à la fois. En moyenne, trois plaques par individu sont observées, afin de s'assurer de la validité de l'interprétation.

Sur chacune des plaques interambulacraires plusieurs mesures sont effectuées à l'aide d'un oculaire micrométrique à 0,1 mm près. La longueur de la plaque (L) est relevée suivant un segment de droite joignant le nucleus à l'extrémité (ou bord) de la plaque. Les longueurs aux différentes stries observées ($L_1, L_2, \dots, L_{n-1}, L_n$) sont relevées pour chacune des stries, suivant des segments de droite joignant le nucleus à la strie concernée.

2.3. Relations établies

Dans un premier temps, la courbe de l'évolution mensuelle de l'allongement marginal (AM) a été établie pour chacune des deux années d'étude. L'AM, habituellement calculé chez les poissons, a été adapté à l'oursin. La formule de l'AM modifiée devient alors :

$$AM = (L - L_n)/(L_n - L_{n-1})$$

avec

L = longueur de la plaque

L_n = longueur à la dernière strie

L_{n-1} = longueur à l'avant dernière strie

Pour chacun des deux cycles annuels, l'allongement marginal a été calculé seulement pour les individus appartenant aux groupes d'âge 1, 2 et 3 (groupes les plus représentés) correspondant aux individus ayant 2, 3 et 4 stries. Durant la période totale de l'étude, le nombre d'individus utilisé s'est donc limité à 99 femelles et à 84 mâles. La détermination des sexes a été réalisée selon la couleur des gonades. Le nombre moyen de stries observées chez les femelles et chez les mâles au cours de la période d'étude a été comparé par une analyse de variance à une voie au seuil de probabilité $p = 0,05$. L'analyse de variance, bien que plus adaptée pour la comparaison des moyennes de plusieurs échantillons indépendants, peut être appliquée dans le cas d'une comparaison de moyenne de deux échantillons indépendants (Scherrer, 1984), comme ici. L'égalité des variances et la normalité des populations d'origine ont été vérifiées au préalable par un test de Bartlett (Scherrer, 1984).

Dans un deuxième temps, le modèle de croissance simple de Von Bertalanffy a été appliqué à l'oursin. Ce modèle, défini par l'équation $D_T = D_\infty(1 - e^{-K(T - T_0)})$, avec D_T égal au diamètre au temps T , est le plus utilisé en biologie pour modéliser la croissance. Les paramètres D_∞ (diamètre asymptotique pour T_∞), K (coefficient de croissance) et T_0 (temps théorique pour lequel $D = 0$) de l'espèce ont été estimés par la méthode de régression non linéaire, à l'aide du logiciel Statgraphics (version 2.6).

3. RÉSULTATS

3.1. Périodicité des phases de la croissance

Chez les oursins, des stries répétitives bien définies apparaissent sur les différentes structures dures ou plaques squelettiques calcifiées du test et correspondent au changement périodique du taux de croissance durant la vie de l'animal. Les observations mensuelles effectuées sur les plaques interambulacraires du test sous lumière réfléchie ont permis d'identifier deux sortes de stries naturelles : des stries opaques, de couleur blanche, et des stries translucides, de couleur noire. Ces stries, dites aussi zones de croissance, sont

formées de façon saisonnière : les stries opaques (zones blanches) correspondent à la croissance rapide du printemps et de l'été, et les stries translucides (zones noires) correspondent à la croissance lente de l'automne et de l'hiver. Ces deux périodes de croissance (figure 2), rapide et lente, sont synchrones d'un cycle à un autre. Le regroupement des résultats montre que les pourcentages les plus élevés d'oursins présentant une bande marginale translucide (ceux présentant une bande translucide au bord de la plaque) sont ceux prélevés à partir du mois d'août jusqu'au mois de février, avec un maximum proche de 90 % noté en janvier 1994 et janvier 1995. Cela indique que le ralentissement de la croissance se produit pendant l'automne et l'hiver. En revanche, la période de croissance rapide paraît correspondre au printemps et à l'été, au cours desquelles les fréquences les plus faibles sont observées (de mars à juin). La valeur minimale (10 %) a été observée en juin 1994 et juin 1995 (figure 2).

La formation de la strie translucide a lieu annuelle-ment, ce qui est en parfait accord avec les résultats de Crapp et Willis (1975), d'Allain (1978), d'Azzolina (1988) et de Turon et al. (1995) travaillant respective-ment sur *Paracentrotus lividus* de la côte d'Irlande, de la côte nord-ouest de la France, de la côte sud de la France et de la côte d'Espagne. L'examen de l'évolution de l'allongement marginal des plaques du test des femelles et des mâles (figure 3) révèle que :

- De septembre 1993 à août 1994, la période de ralentissement de la croissance, correspondant aux mois où l'allongement marginal est le plus faible, est assez longue ; elle dure de septembre 1993 à

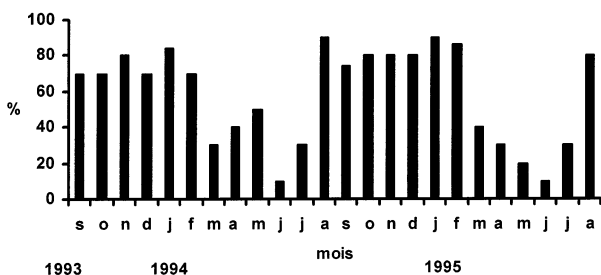


Figure 2. Fréquences mensuelles des individus présentant une bande marginale translucide.

Figure 2. Monthly frequencies of individuals with translucent marginal bands.

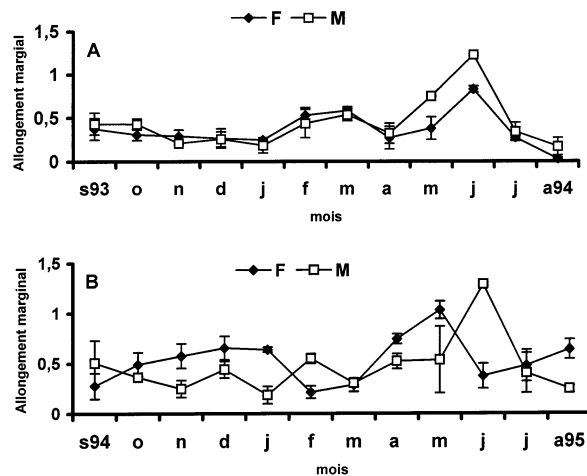


Figure 3. Évolution mensuelle de l'allongement marginal des plaques interambulacraires du test de *Paracentrotus lividus* des individus appartenant aux groupes d'âges 1, 2 et 3; A = période allant de septembre 1993 à août 1994, B = période allant de septembre 1994 à août 1995; F = femelles, M = mâles.

Figure 3. Plotting of the marginal incremental lengthening of interambulacral plates of *Paracentrotus lividus* test from individuals belonging to groups of age 1, 2 and 3; A = period going from september 1993 to august 1994, B = period going from september 1994 to august 1995; F = females, M = males.

janvier 1994. La croissance reprend à partir de février et se poursuit jusqu'en juillet, période au cours de laquelle l'allongement marginal a atteint ses valeurs les plus élevées.

- Au cours de la deuxième période, de septembre 1994 à août 1995, le niveau le plus bas de la courbe de l'évolution de l'allongement marginal (figure 3) se situe entre la période allant de septembre à janvier pour les mâles et à février pour les femelles. Cette phase de ralentissement de la croissance est suivie d'une période de croissance rapide étalée sur six mois.

L'évolution annuelle de l'allongement marginal des femelles suit celle des mâles. Durant les deux années d'étude, les fluctuations de l'AM sont marquées par une seule période annuelle de ralentissement de la croissance qui se produit quand la température de l'eau est la plus basse (de décembre à février).

3.2. Estimation de l'âge

Aucune différence significative n'a été notée entre le nombre moyen de stries observées chez les femelles et

chez les mâles ($p \geq 0,05$). Indépendamment du sexe, la répartition des individus en groupes d'âge a été effectuée suivant le nombre de stries translucides observées. Un oursin appartenant au groupe d'âge « i » a été défini comme étant un individu ayant plus de i années et moins de $(i + 1)$ années (nombre de stries translucides = $i + 1$). Le nombre maximal de stries observé a été de huit. La classe d'âge « o » correspondant aux individus ayant une strie n'a pas été observée. La conversion du nombre de stries en âge a été réalisée en se basant sur les considérations suivantes :

- La date d'éclosion des œufs d'oursins prise est celle correspondant au mois d'avril, puisque le pic de maturation gonadique de *Paracentrotus lividus* est atteint au cours de ce mois dans la région d'étude (Sellem et Rézig, 1995).
- Au cours de la première année de vie, il y a formation, sur les plaques interambulacraires de *Paracentrotus lividus*, d'une strie translucide encadrée de part et d'autre d'une strie opaque.
- Le début d'apparition de la n^e strie translucide marque le $(n - 1)^e$ anniversaire.

Ainsi, un individu ayant n stries translucides a plus de $(n - 1)$ années et moins de n années, soit une moyenne de $(n - 0,5)$ années. La détermination des fréquences des individus observés pour chaque groupe d'âge (tableau I) montre que le groupe d'âge le plus représenté est le groupe 2 (plus de 40 % de la population) suivi respectivement du groupe d'âge 3 (26 %) et du groupe d'âge 1 (19 %). Les fréquences des autres groupes d'âge (4, 5, 6 et 7) diminuent avec l'augmentation de l'âge des animaux qu'ils regroupent.

Tableau I. Âge moyen estimé à partir des stries de croissance observées sur les plaques coronales du test de *Paracentrotus lividus* dans le golfe de Tunis.

Table I. Mean age estimated from growth banding in the coronal test plates as annual age markers in *Paracentrotus lividus* in the gulf of Tunis.

Nombre de stries	Groupe d'âge	Âge moyen (années)	Effectif observé	Fréquence (%)	Limites de taille (mm)	Diamètre moyen (mm)	Erreur standard
1	0	0,5	0	0	–	–	–
2	1	1,5	46	19,09	22,9–46,4	35,6	0,8
3	2	2,5	100	41,49	30,7–53,4	43,4	0,5
4	3	3,5	64	26,56	36,0–62,4	48,3	0,6
5	4	4,5	24	9,96	40,0–58,2	50,5	1,1
6	5	5,5	4	1,66	48,8–56,0	53,4	1,6
7	6	6,5	2	0,83	47,0–50,0	48,5	1,5
8	7	7,5	1	0,41	50,7	50,7	–

3.3. Paramètres de la croissance

Les paramètres de l'équation de la croissance, estimés selon le modèle de Von Bertalanffy, sont consignés dans le tableau II. À partir du modèle de croissance établi dans le golfe de Tunis (figure 4), il apparaît que la taille maximale de *Paracentrotus lividus* est atteinte au bout d'environ 3 à 4 années de vie et que la longévité est de 8 ans.

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

La méthode d'observation des bandes marginales et celle de la détermination de l'allongement marginal aboutissent aux mêmes conclusions : la période de croissance rapide se produit à partir du mois de mars et s'étale jusqu'au mois de juillet, et la période de croissance lente débute en août et se poursuit jusqu'en février, et ceci indépendamment du sexe. Sous lumière réfléchie, l'apparition d'une strie translucide sur la plaque interambulacraire correspond au ralentissement de la croissance de l'automne–hiver, ce qui est en parfait accord avec les travaux réalisés sur d'autres espèces d'oursins (Jensen, 1969a ; Dix, 1972 ; Pearse et Pearse, 1975 ; Gage, 1991 ; Lumingas et Guillou, 1994).

Bien que sa taille maximale soit sensiblement inférieure à celle observée par Allain (1978) et Azzolina (1988) (tableau II), le coefficient de croissance *Paracentrotus lividus* dans le golfe de Tunis est presque le double de celui des populations de la côte nord de la

Tableau II. Paramètres de croissance de *Paracentrotus lividus* estimés selon le modèle de Von Bertalanffy dans différentes régions.

Table II. Von Bertalanffy growth parameters of *Paracentrotus lividus* in different regions.^a

Régions d'étude	Paramètres			R ²	Tailles limites (mm)	Références
	D _∞	K	T ₀			
Atlantique-Est (Bretagne)	61,8	0,222	-0,716	ni	7,5–62,4	Allain (1978)
Méditerranée nord-occidentale (Port Cros)	58,96	0,268	-0,112	ni	20,72–51,5	Azzolina (1988)
Méditerranée sud-occidentale	52,830 (1,763)	0,689 (0,140)	-0,015 (0,263)	0,501	22,9–62,4	Présente étude

^a D_∞ = diamètre asymptotique pour T_∞, K = coefficient de croissance, T₀ = temps théorique pour lequel D = 0, R² = coefficient de détermination, les chiffres entre parenthèses correspondent à l'erreur standard et ni = non indiqué.

D_∞ = asymptotic diameter, K = growth coefficient, T₀ = hypothetical age when D = 0, R² = coefficient of determination, numbers between parenthesis correspond to standard error, ni = non indicated.

Bretagne et de la côte de l'île de Port Cros. Cela reflète une croissance plus rapide de l'oursin en Méditerranée sud-occidentale qu'en Méditerranée nord-occidentale et en Atlantique. Un diamètre de test (sans les piquants) de 40 mm, à titre d'exemple, est atteint en Méditerranée sud-occidentale au bout de deux années et demi, alors qu'en Méditerranée nord-occidentale et en Atlantique cette même taille serait atteinte par *Paracentrotus lividus* au bout de 4 années (Allain, 1978 ; Azzolina, 1988). D'autres auteurs ont déterminé également l'âge de *Paracentrotus lividus*, soit en utilisant d'autres modèles mathématiques que celui de Von Bertalanffy, soit à partir d'individus maintenus en captivité (in situ en enclos ou en aquarium). Les résultats obtenus par les différents auteurs sont très variables d'une région à une autre. En Irlande, Crapp et Willis (1975) signalent des tailles de 35 à 50 mm pour des individus âgés de quatre ans. Régis (1978) observe une croissance beaucoup plus

lente à Marseille ; un individu de 42 mm de diamètre aurait un âge minimum de 11 années. Cellario et Fenaux (1987) obtiennent une taille de 15 mm au bout d'une année. Enfin, en Espagne, Turon et al. (1995) indiquent que pour une taille de 40 mm, l'espèce atteint un âge moyen de plus de 5 ans.

À partir de toutes ces données, il apparaît ainsi que *Paracentrotus lividus* présente, dans le golfe de Tunis, une croissance plus rapide. Cette plus grande vitesse de croissance peut être attribuée, d'une part aux températures moyennes annuelles, plus élevées en Méditerranée sud-occidentale qu'en Méditerranée nord-occidentale et en Atlantique, et d'autre part aux conditions trophiques du milieu qui font que selon son aire de répartition, l'espèce présente son propre modèle de croissance.

RÉFÉRENCES

- Allain, J.Y., 1978. Âge et croissance de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) et de *Psammechinus milaris* (Gmelin) des côtes nord de Bretagne (Echinoidea). Cah. Biol. Mar. 19, 11–21.
- 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 de doctorat du 3^e cycle, université Aix-Marseille-II.
- Cellario, C., Fenaux, L., 1987. Croissance des juvéniles de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) au cours de l'année qui suit la métamorphose, étude expérimentale. In: Boudouresque, C.F. (Éd.), GIS Posidonie Publ., Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles, Marseille, France.
- Crapp, G.B., Willis, M.E., 1975. Age determination in the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck), with notes on the reproductive cycle. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 20, 157–178.

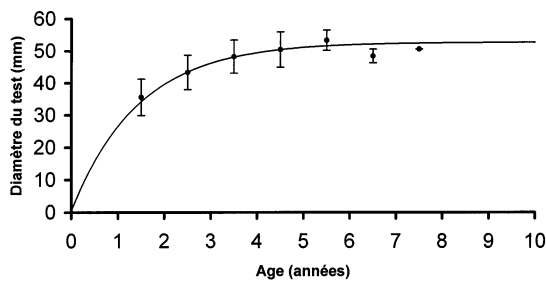


Figure 4. Courbe de croissance en fonction de l'âge de *Paracentrotus lividus* dans le golfe de Tunis selon le modèle de Von Bertalanffy.

Figure 4. Growth curve as a function of the age of *Paracentrotus lividus* in the gulf of Tunis according to Von Bertalanffy's model.

- Dix, T.G., 1972. Biology of *Evechinus chloroticus* (Echinoidea: Echinometridae) from different localities, Age, growth and size. N. Z. J. Mar. Freshwat. Res. 6, 48–68.
- Fischer, W., Schneider, M., Bauchot, M.L., 1987. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche, Méditerranée et Mer Noire. Zone de pêche 37, Vol. I Végétaux et Invertébrés.
- Gage, J.D., 1991. Skeleton growth zones as age-markers in the sea urchin *Psammechinus milaris*. Mar. Biol. 110, 217–228.
- Jensen, M., 1969a. Breeding and growth of *Psammechinus milaris* (Gmelin). Ophelia 7, 65–78.
- Jensen, M., 1969b. Age determination of echinoids. Sarsia 37, 41–44.
- Lumingas, L.J.L., Guillou, M., 1994. Growth zones and back-calculation for the sea urchin, *Sphaerechinus granularis*, from the bay of Brest, France. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 74, 671–686.
- Pearse, J.S., Pearse, V.B., 1975. Growth zones in the echinoid skeleton. American Zoologist 15, 731–753.
- Régis, M.B., 1978. Croissance de deux échinoides 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 de doctorat d'état. faculté des sciences et techniques Saint-Jérôme, Marseille, France.
- Scherrer, B., 1984. Biostatistique. Gaëtan Morin, Canada.
- Sellem, F., Rézig, M., 1995. Variabilité du cycle sexuel de l'oursin *Paracentrotus lividus* en fonction du milieu. Bulletin de L'INSTM, Numéro spécial, Actes du Premier Congrès maghrébin des sciences de la mer, Tunisie, 33–36.
- Tortonese, E., 1965. Fauna d'Italia. Echinodermata, Vol. VI. Edizioni Calderini, Bologne.
- Turon, X., Giribet, G., Lopez, S., Palacin, C., 1995. Growth and population structure of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats. Mar. Ecol. Prog. Ser 122, 1–3, 193–204.