



HAL
open science

**ÉTUDE DE LA VARIABILITÉ DE L'INDICE
GONADIQUE DE L'OURSIN COMESTIBLE
PARACENTROTUS LIVIDUS (ECHINODERMATA :
ECHINIDAE) EN MÉDITERRANÉE
NORD-OCCIDENTALE** Study of gonad index
variability of the edible sea-urchin *Paracentrotus lividus*
(Echinodermata: Echinidae) in the North-Western
Mediterranean

M Guettaf, G A San Martin

► **To cite this version:**

M Guettaf, G A San Martin. ÉTUDE DE LA VARIABILITÉ DE L'INDICE GONADIQUE DE L'OURSIN COMESTIBLE PARACENTROTUS LIVIDUS (ECHINODERMATA : ECHINIDAE) EN MÉDITERRANÉE NORD-OCCIDENTALE Study of gonad index variability of the edible sea-urchin *Paracentrotus lividus* (Echinodermata : Echinidae) in the North-Western Mediterranean. *Vie et Milieu / Life & Environment*, 1995, pp.129-137. hal-03051565

HAL Id: hal-03051565

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-03051565v1>

Submitted on 10 Dec 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ÉTUDE DE LA VARIABILITÉ DE L'INDICE GONADIQUE DE L'OURSIN COMESTIBLE *PARACENTROTUS LIVIDUS* (ECHINODERMATA : ECHINIDAE) EN MÉDITERRANÉE NORD-OCCIDENTALE

Study of gonad index variability of the edible sea-urchin Paracentrotus lividus (Echinodermata : Echinidae) in the North-Western Mediterranean

M. GUETTAF^{1,2}, G.A. SAN MARTIN¹

¹Laboratoire de Biologie Marine et d'Ecologie du Benthos, Faculté des Sciences de Luminy, 13288 Marseille Cedex 9, France

²Laboratoire de Biologie Marine, Institut des Sciences de la Nature, U.S.T.H.B., BP : 59 El Alia, Bab Ezzouar, Alger, Algérie

PARACENTROTUS LIVIDUS
ECHINIDAE
INDICE GONADIQUE
MARSEILLE
BIOTOPE
PROFONDEUR
TEMPÊTE

RÉSUMÉ – Les variations de l'indice gonadique (IG) de *Paracentrotus lividus* ont été suivies dans la région de Marseille de mars à juillet 1992, à trois profondeurs (1-3 m, 6-8 m, 12-15 m) sur roche et dans l'herbier à *Posidonia oceanica*, et en fonction de l'abondance des populations d'Oursins exprimée en « volume d'Oursins » (50-300 cm³/m² et 300-900 cm³/m²). Sur roche, des mesures ont été réalisées avant et après le passage d'une tempête. Des différences statistiquement significatives ont été observées entre les valeurs de l'IG des individus des deux biotopes, les valeurs les plus élevées étant pour ceux de l'herbier à *P. oceanica*. Dans l'herbier, les Oursins ont des gonades dont le développement n'est pas affecté par la profondeur, alors que sur roche, la profondeur de 6-8 m semble être plus favorable à la croissance des gonades. Dans l'herbier, le « volume d'Oursins » le plus favorable au développement des gonades serait de 50-300 cm³/m² (ce qui équivaut à 1-6 individus/m² de diamètre moyen égal à 4,5 cm sans les piquants). Sur roche, nous n'avons pas décelé de différences significatives entre les deux « volumes » considérés. Enfin, la variation des valeurs de cet indice à 6-8 m de profondeur sur roche, ne présente pas de différences significatives après le passage d'une tempête; par contre on note une chute significative de l'abondance de *P. lividus* entre le premier et le troisième jour après la tempête.

PARACENTROTUS LIVIDUS
ECHINIDAE
GONAD INDEX
MARSEILLES
BIOTOPE
DEPTH
STORM

ABSTRACT – Variations of the gonad index (IG) of *Paracentrotus lividus* were investigated in the area of Marseilles from March to July 1992, at three levels of depth (1-3 m, 6-8 m, 12-15 m), on rocky substrates and in *Posidonia oceanica* beds, and according to a population abundance expressed in « sea-urchin volume » (50-300 cm³/m² and 300-900 cm³/m²). On rocky substrates, measurements were taken before and after a storm. Statistically significant differences were observed between IG values in individuals of both biotopes, the highest values being in the *P. oceanica* beds. In these sea-grass beds, the development of sea-urchin gonads is not affected by depth, whereas, among rocks, 6-8 m seems to be the most favourable depth for the development of gonads. In the *P. oceanica* beds, the « sea-urchins volume » most favourable for the development of gonads would be 50-300 cm³/m² (which is equivalent to 1-6 individuals/m² with mean diameter of 4.5 cm without spines). On rocks, no difference between the two « volumes » considered was noted. Finally, the variation of this index at 6-8 m depth on rocks does not show any significant variations after a storm; on the other hand, we observed a significant reduction in numbers of *P. lividus* between the first and the third day after the storm.

INTRODUCTION

Selon les statistiques de pêches de la F.A.O. (1988, 1991), la pêche professionnelle des Oursins dans le monde est passée de 40 000 tonnes en 1980 à 80 000 tonnes actuellement, ce qui représente une augmentation de 100% en dix ans. La quasi-totalité des Oursins commercialisés proviennent des stocks naturels car l'échinoculture est encore peu développée au niveau mondial, même dans les pays ayant une tradition dans l'aquaculture des organismes marins comme le Japon (Ogawa, 1988).

En France, la pêche aux Oursins concerne principalement l'espèce *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Le Gall, 1987; Le Direac'h, 1987, 1988) qui est très commune en Méditerranée occidentale. Le quartier maritime de Marseille est le principal quartier en France pour la pêche de *P. lividus* (Le Direac'h, 1987).

Depuis quelques années, cette ressource baisse dangereusement et de nombreux auteurs ont souligné la grave situation que traverse cette pêcherie (Allain, 1975; Gras, 1987; Le Direac'h, 1987; Le Gall, 1987; Régis, 1987; Byrne, 1990). Les causes invoquées pour expliquer la chute de ces stocks sont diverses : la surexploitation (Allain, 1971, 1975; Gras, 1987; Le Gall, 1987), la pêche peu et/ou mal réglementée (Allain, 1975; Le Direac'h, 1987), les techniques de pêches très destructives (Allain, 1971), les mortalités massives dues à une maladie (Boudouresque *et al.*, 1980), ou à des conditions météorologiques extrêmes (Allain, 1972), et enfin le changement du degré d'eutrophisation du milieu ainsi que l'accroissement des aménagements littoraux (Régis, 1987). Cette espèce a fait l'objet de nombreuses études en Méditerranée occidentale, notamment sur son écologie (Kempf, 1962), son cycle annuel de reproduction (Fenaux, 1968; Régis, 1978), sa dynamique de populations (Azzolina *et al.*, 1983; Azzolina, 1988), ainsi que son impact sur le phytobenthos (Verlaque, 1987) et enfin sa physiologie par Frantzis et Grémare en 1992. Les gonades, constituent la partie consommée et celle qui intéresse les professionnels de la pêche. Au cours de l'année, le volume des gonades (et donc l'indice gonadique, qui en est une mesure) subit des variations saisonnières importantes décrites surtout par Fenaux (1968) et Régis (1979).

Les pêcheurs professionnels cherchent à mettre sur le marché, non seulement des Oursins dont l'indice gonadique est le plus élevé possible, mais aussi des lots aussi homogènes que possible : à une saison donnée en effet, des individus à indice gonadique élevé et à indice gonadique faible sont pêchés simultanément, or un pourcentage d'individus à gonades peu développées diminue considérablement la valeur commerciale du produit.

Dans le présent travail, on se propose donc d'étudier les variations de l'indice gonadique (IG) chez *Paracentrotus lividus* en fonction de 4 paramètres : (1) la profondeur, facteur dont l'action n'a été étudiée que sur des espèces non méditerranéennes (Dix, 1977; Nichols 1981); (2) le biotope (herbier à *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile et la roche avec algues); (3) l'abondance des individus (en utilisant une nouvelle expression de l'abondance : «le volume d'Oursins»); (4) les conditions météorologiques (certains pêcheurs d'Oursins considèrent en effet que l'indice gonadique chute après une tempête). Nous avons choisi d'étudier ces variations sur la période de mars à juillet. En effet, les travaux des auteurs indiquent de façon concordante, que pendant cette période, il y a un pic de l'IG suivi d'une ponte (Fenaux, 1968; Régis, 1978, 1979). Une meilleure connaissance des causes de la variabilité de l'IG permettrait aux pêcheurs d'Oursins de mieux organiser leur récolte, en vue d'une qualité meilleure et plus homogène du produit.

MATERIEL ET METHODES

Présentation du site

Les prélèvements ont été effectués à Carry-le-Rouet (Fig. 1) à l'Ouest de Marseille (Bouches-du-Rhône, France). L'échantillonnage s'est fait en plongée en scaphandre autonome dans plusieurs stations représentant deux biotopes différents. Le premier est un substrat rocheux couvert par un peuplement riche en algues macroscopiques; les espèces dominantes sont les suivantes : les Florideophyceae *Asparagopsis armata* Harvey, *Corallina elongata* Ellis et Solander, *Jania rubens* (Linnaeus) Lamouroux, *Sphaerococcus coronopifolius* Stackhouse; Les Fucophyceae *Cladostephus hirsutus* (Linnaeus) Boudouresque et Perret, *Dictyota dichotoma* (Hudson) Lamouroux, *Dilophus fasciola* (Roth) Howe, *Padina pavonica* (Linnaeus) Thivy, *Halopteris scoparia* (Linnaeus) Sauvageau et les Ulvophyceae *Codium bursa* (Linnaeus) C. Agardh, *Codium effusum* (Rafinesque) Delle Chiaje et *Codium vermilara* (Olivi) Delle Chiaje. Le second biotope est l'herbier à *Posidonia oceanica* (Phanérogame).

Les prélèvements ont été effectués entre mars et juillet 1992. Dans chaque station, plusieurs lots de 20 Oursins de 4.5-5.5 cm de diamètre horizontal, mesurés sans les piquants, ont été récoltés. Ce diamètre est estimé *in situ* et vérifié au laboratoire grâce à un pied à coulisse (précision : 1 mm) et correspond à l'intervalle de taille des Oursins les plus pêchés par les professionnels. Les Oursins sont pesés à 0,01 g près (poids total humide) et disséqués, les gonades sont retirées, égouttées et pesées (poids des gonades humides). Le traitement statistique des données utilise le test non paramétrique de comparaison des moyennes par rangs de Kruskal et Wallis (Dagnelie, 1975; Elliot, 1977; Siegel et Castellan, 1988) ainsi que le test non paramétrique de comparaisons multiples (Zar, 1984; Siegel et Castel-

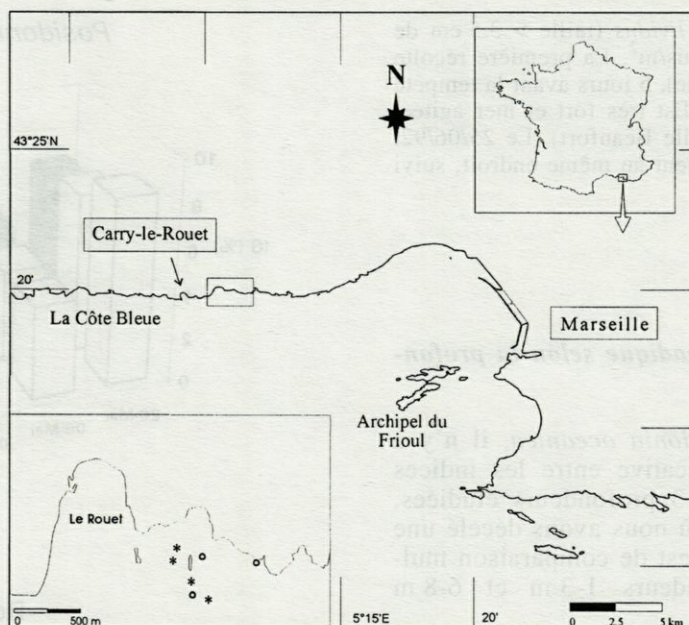


Fig. 1. – Sites de prélèvements (* : herbier à *Posidonia oceanica*; o : roche avec algues).

Sites of sampling (* : *Posidonia oceanica* beds; o : rocky substrate).

lan, 1988). Nous n'avons pas utilisé de méthodes paramétriques car les conditions d'homogénéité des variances (Test de Cochran : $P \ll 0,01$) ainsi que la normalité de la distribution des données n'étaient pas respectées (même après une transformation arcsinus des données, qui est la plus communément utilisée pour des rapports comme l'indice gonadique).

Calcul de l'indice gonadique

L'indice gonadique (IG) est une relation entre un descripteur quantitatif de l'appareil reproducteur et un descripteur quantitatif des organes somatiques. Parmi les indices gonadiques proposés par les différents auteurs (Moore, 1934; Fenaux, 1968; Régis, 1978 et Semroud et Kada, 1987) nous avons opté pour celui utilisé par Lawrence *et al.* (1965), Cameron (1986) et San Martin (1990), qui est le rapport exprimé en pourcentage du poids frais des gonades (PHG) sur le poids frais total de l'Oursin (PT) : $IG = \frac{PHG}{PT} \cdot 100$. Ce choix s'explique par le fait que les Oursins sont vendus frais, et donc cet indice permet une approche plus claire de la qualité des Oursins en tant que produit de consommation. Les individus mâles et femelles ont été séparés; toutefois, les valeurs des indices gonadiques n'étant jamais significativement différentes entre les deux sexes (test de Kruskal et Wallis, $P > 0,1$), nous les avons réunis dans la présentation des résultats.

Etude de l'effet du biotope et de la profondeur sur l'indice gonadique

Quatre prélèvements d'Oursins, à intervalle plus ou moins régulier (26/03/92, 07/04/92, 06/05/92, 03/06/92, 27/06/92), ont été effectués à 3 profondeurs différentes

(1-3 m, 6-8 m, 12-15 m) dans les 2 biotopes (herbier à *Posidonia oceanica* et roche avec algues).

Etude de l'effet de l'abondance d'Oursins sur l'indice gonadique

L'objectif est d'étudier l'abondance des Oursins sur l'indice gonadique. Le descripteur à utiliser ne peut être la densité des Oursins, car elle ne tient pas compte de leur diamètre; or l'IG augmente avec le diamètre (Semroud et Kada, 1987). C'est la raison pour laquelle nous avons opté pour un descripteur qui intègre le nombre et le diamètre des Oursins présents. Nous avons considéré pour cette étude que le test est assimilable à une sphère, dont le volume se calcule comme suit : $V = \frac{4}{3} \pi R^3$, R = diamètre horizontal du test / 2; et nous avons calculé le « volume d'Oursins » par unité de surface (m^2) : $V_T = \sum \frac{4}{3} \pi R^3$

Nous avons prélevé à 3 reprises (15/05/92, 18/06/92, 28/07/92) des individus correspondant à des abondances (exprimées en terme de « volume d'Oursins ») différentes : 50 à 300 cm^3 et 300 à 900 cm^3 . Ainsi, avant chaque prélèvement, nous avons calculé à plusieurs reprises (3 à 4 fois) le volume d'Oursins existant dans un quadrat de 1 m^2 disposé au hasard, puis une moyenne est calculée pour chaque station afin de voir à quel intervalle de volume elle appartient et ce dans les 2 biotopes étudiés; la profondeur étant toujours la même : 6 à 8 m.

Etude de l'effet d'une tempête sur l'indice gonadique

Pour l'étude de cet effet, l'échantillonnage s'est déroulé sur fond rocheux uniquement, à une profondeur

de 6-8 m; la densité de *P. lividus* (taille > 3.5 cm de diamètre) était de 5 individus/m². La première récolte a été faite (par mer très calme), 5 jours avant la tempête des 23 et 24/06/92 (vent d'Est très fort et mer agitée, entre force 6 et 7 de l'échelle Beaufort). Le 25/06/92, nous avons fait un prélèvement au même endroit, suivi de 2 autres, 2 et 4 j après.

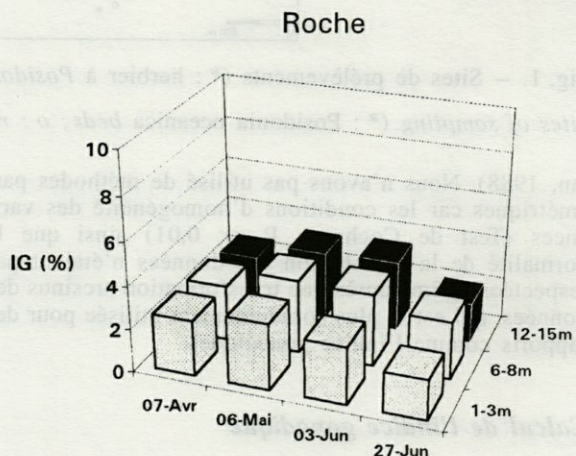
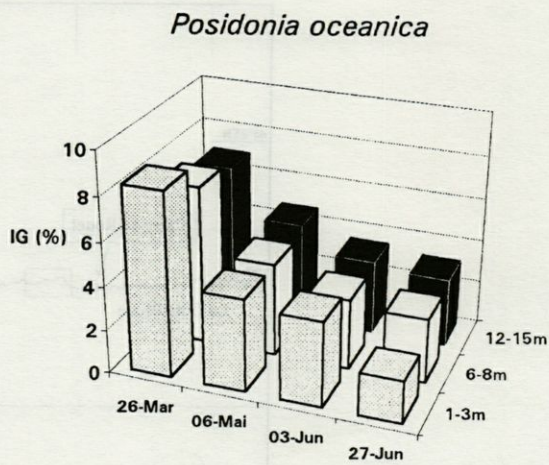
RESULTATS

Variation de l'indice gonadique selon la profondeur

Dans l'herbier à *Posidonia oceanica*, il n'y a pas de différence significative entre les indices gonadiques moyens aux 3 profondeurs étudiées, sauf fin juin (Tabl. IA) où nous avons décelé une différence significative (test de comparaison multiple), entre les profondeurs 1-3 m et 6-8 m (Fig. 2).

Sur roche, il n'y a pas de différence dans les valeurs moyennes de l'indice gonadique en fonction de la profondeur (Fig. 2), excepté fin juin où on retrouve des variations significatives (Tabl. IA) entre les profondeurs de 1-3 m et 6-8 m ainsi qu'entre 6-8 m et 12-15 m (test de comparaison multiple).

Fig. 2. - Indice gonadique moyen de *Paracentrotus lividus* par biotope, en fonction de la profondeur et de la date d'échantillonnage.



Tabl. I. - A, Résultats du test de Kruskal et Wallis (χ^2) pour tester l'effet de la profondeur sur l'indice gonadique de *Paracentrotus lividus*. NS : non significatif; [] : niveau de signification. B, Indice gonadique moyen de *Paracentrotus lividus* en fonction du biotope, la profondeur et la date d'échantillonnage et résultats du test de Kruskal et Wallis (χ^2). () : écart-type; [] : niveau de signification; NS : non significatif.

A, Results of the Kruskal-Wallis test (χ^2) for the effect of depth on gonad index of *Paracentrotus lividus*. NS : not significant; [] : significance level. B, Mean gonad index of *Paracentrotus lividus* according to biotope, depth and sampling date and results of Kruskal-Wallis test (χ^2). () : standard deviation; [] : significance level; NS : not significant.

A		Date		Posidonia oceanica		Roche	
Test pour les profondeurs à chaque date de prélèvement		26 mar/7avr		1.06 [P >0.05] NS		1.14 [P >0.05] NS	
		6 mai		0.61 [P >0.05] NS		0.24 [P >0.05] NS	
		3 juin		3.31 [P >0.05] NS		4.45 [P >0.05] NS	
		27 juin		15.88 [P <0.001]		9.94 [P <0.01]	

	1 - 3 m		6 - 8 m		12 - 15 m		Résultats du test
	P.oceanica	Roche	P.oceanica	Roche	P.oceanica	Roche	
26 mar/7avr	8.44(3.40)	2.58(1.29)	7.29(1.75)	2.58(0.68)	6.89(2.80)	2.45(1.35)	69.57 [P <0.001]
06 mai	4.27(1.21)	3.07(0.82)	4.27(1.63)	3.44(1.11)	4.68(1.52)	3.21(1.20)	22.12 [P <0.001]
03 juin	3.90(1.12)	2.65(0.86)	3.24(1.32)	3.36(1.09)	3.48(1.31)	3.32(1.52)	3.71 [P=0.05] NS
27 juin	1.93(0.69)	1.86(0.65)	2.96(1.11)	2.68(1.11)	3.18(1.19)	1.87(0.78)	9.11 [P <0.01]

L'indice gonadique selon le biotope

La profondeur n'ayant pas souvent d'effet significatif, nous avons réuni les données des différentes profondeurs. L'indice gonadique des individus vivant dans l'herbier à *Posidonia oceanica* est en général significativement plus important que celui des individus de la roche (Tabl. IB, Fig. 2). L'IG moyen calculé sur tous les prélèvements donne une valeur de 4.45 (s = 2.47) pour les individus de l'herbier à *Posidonia oceanica* et une valeur de 2.75 (s = 1.17) pour ceux de la roche. Ces deux valeurs diffèrent significativement (test de Kruskal et Wallis : $P < 0.01$, $\chi^2 = 74.04$).

L'indice gonadique selon l'abondance des Oursins

Dans l'herbier à *Posidonia oceanica*, l'indice gonadique moyen est significativement plus élevé chez les populations clairsemées (« volume d'Oursins » de 50-300 cm³/m², qui équivaut à une densité d'Oursins de 1-6 ind/m² de 4.5 cm de diamètre moyen) que chez les populations denses (« volume » de 300-900 cm³/m², qui équivaut à une densité de 6-18 ind/m²), excepté en juin (Tabl. IIA).

Lorsque les Oursins sont clairsemés (50-300 cm³/m²), la densité des faisceaux de *Posidonia oceanica* est importante et les feuilles sont longues, alors que les populations denses (300-900 cm³/m²) vivent dans un herbier plus clairsemé

à feuilles plus courtes : il est possible d'y voir la conséquence d'un surpâturage et/ou le signe d'une ressource alimentaire limitante.

Sur roche, les valeurs moyennes de l'indice gonadique sont faibles par rapport à celles de l'herbier à *Posidonia oceanica* (ce qui confirme les résultats de la comparaison de ces deux biotopes) et la variation selon le « volume d'Oursins » n'est jamais significative (Tabl. IIA).

Effet d'une tempête sur l'indice gonadique

Dans un biotope rocheux avec Algues à une profondeur de 6-8 m, nous n'avons pas trouvé de différences significatives (test de Kruskal et Wallis : $P = 0.739$, $\chi^2 = 1.25$), dans la variation de l'indice gonadique moyen avant, immédiatement après et quelques jours après la tempête des 23 et 24/06/92 (Tabl. IIB).

Par contre, 5 jours avant la tempête (18 juin), nous avons observé une densité moyenne de 5 *P. lividus*/m² (taille > 3.5 cm de diamètre) à 6-8 m, le 25 juin, cette densité a diminué (Tabl. IIB) et les Oursins sont descendus vers 10-12 m de profondeur. Dès le 2^e jour après la tempête, la densité des Oursins à 6-8 m est revenue à son état initial.

Le coefficient de variation de l'indice gonadique

L'IG varie chez les Oursins d'un même échantillon (prélevés à une date, une profondeur, un bi-

Tabl. II. – A, Indice gonadique moyen de *Paracentrotus lividus* en fonction du biotope, « volume d'Oursins » et date d'échantillonnage et résultats du test de Kruskal et Wallis (χ^2). () : écart-type; [] : niveau de signification; NS : non significatif. B, Indice gonadique moyen de *Paracentrotus lividus* avant et après la tempête des 23 et 24 juin. n : taille de l'échantillon; D : diamètre moyen des Oursins (cm); d : densité (ind/m², individus > 3.5 cm diamètre); () : l'écart-type.

A, Mean gonad index of *Paracentrotus lividus*, according to biotope, « sea-urchin volumes » and sampling date and results of Kruskal-Wallis test (χ^2). () : standard deviation; [] : significance level; NS : not significant. B, Mean gonad index of *Paracentrotus lividus* before and after the storm of 23 and 24 June. n : sample size; D : mean diameter of sea-urchins (cm); d : density (ind/m², individuals > 3.5 cm diameter); () : standard deviation.

	Posidonia oceanica			Roche		
	50-300 (cm ³ /m ²)	300-900 (cm ³ /m ²)	Résultats du test	50-300 (cm ³ /m ²)	300-900 (cm ³ /m ²)	Résultats du test
15 mai	4.24(0.96)	3.01(0.98)	12.93 [P < 0.001]	3.17(1.28)	2.94(1.22)	0.53 [P > 0.05] NS
18 juin	2.69(1.04)	2.59(1.51)	0.94 [P > 0.05] NS	2.48(0.61)	2.40(1.03)	0.45 [P > 0.05] NS
28 juillet	4.55(1.47)	2.80(1.08)	16.02 [P < 0.001]	2.99(1.08)	2.58(1.16)	1.28 [P = 0.05] NS

	n	D	d	IG
18 juin	20	4.69(0.17)	5	2.48(0.61)
25 juin	22	4.96(0.23)	< 3	2.52(1.12)
27 juin	20	4.75(0.15)	5	2.68(1.11)
29 juin	20	4.97(0.36)	5	2.75(0.92)

Table III. – A, Coefficient de variation (%) de l'indice gonadique de *Paracentrotus lividus* en fonction de la profondeur, du biotope et de la date d'échantillonnage. B, Coefficient de variation (%) de l'indice gonadique de *Paracentrotus lividus* en fonction du biotope, « volume d'Oursins » et date d'échantillonnage.

Table III. – A, Coefficient of variation (%) of the gonad index of *Paracentrotus lividus* according to depth, biotope and sampling date. B, Coefficient of variation (%) of the gonad index of *Paracentrotus lividus* according to biotope, « sea-urchins volume » and sampling date.

	1 - 3 m		6 - 8 m		12 - 15 m	
	<i>Posidonia oceanica</i>		<i>Posidonia oceanica</i>		<i>Posidonia oceanica</i>	
	<i>Posidonia oceanica</i>	Roche	<i>Posidonia oceanica</i>	Roche	<i>Posidonia oceanica</i>	Roche
26 mars/7 avr	40.28	50.00	24.00	26.35	40.63	55.10
6 mai	28.33	26.71	38.17	32.26	32.47	37.78
3 juin	28.71	32.45	40.74	32.44	37.64	45.78
27 juin	35.75	34.94	37.50	41.41	37.42	36.87

	<i>Posidonia oceanica</i>		Roche	
	50-300 cm ³ /m ²	300-900 cm ³ /m ²	50-300 cm ³ /m ²	300-900 cm ³ /m ²
	15 mai	22.64	32.55	40.37
18 juin	38.66	58.30	24.59	42.91
28 juillet	32.30	38.57	36.12	44.96

otope et un « volume d'Oursins » identiques). Nous avons donc calculé le coefficient de variation (CV = [écart-type/moyenne].100), afin de vérifier si cette variabilité est plus importante selon l'un des facteurs étudiés. La variabilité de l'IG ne diffère pas en fonction de la profondeur ni en fonction du biotope (Tabl. IIIA), mais elle augmente avec le « volume d'Oursins » (Tabl. IIIB) (elle est plus grande au « volume » 300-900 cm³/m²).

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Afin de mieux comprendre la variabilité de l'indice gonadique, chez *Paracentrotus lividus*, nous discuterons les résultats obtenus pour chacun des biotopes.

Herbier à *Posidonia oceanica* : Dans ce biotope, l'indice gonadique ne varie généralement pas en fonction de la profondeur (1-3 m, 6-8 m, 12-15 m). Dix (1977) montre que, chez l'Oursin de Tasmanie *Heliocidaris erythrogramma*, la taille de la gonade et l'indice gonadique ne varient pas avec la profondeur. En revanche, Nichols *et al.* (1983) trouvent que, chez *Echinus esculentus* en Grande Bretagne l'indice gonadique est souvent plus élevé chez les populations d'Oursins des eaux peu profondes (8 m) que chez celles vivant plus profondément (20-22 m).

L'abondance des Oursins (exprimée au terme de « volume d'Oursins ») influe significativement sur l'indice gonadique dans l'herbier à *Posidonia oceanica* : celui-ci diminue avec l'abondance des

Oursins. Donc, un « volume » de 50-300 cm³/m² (ce qui équivaut à une densité de 1-6 individus/m² de 4.5 cm de diamètre moyen) semble plus favorable à l'accroissement des gonades. Dans ce cas, les Oursins bénéficieraient d'une quantité de nourriture importante (ressources non limitantes). En effet, l'indice gonadique et l'indice de réplétion sont en relation car, plus l'Oursin se nourrit plus il développe ses gonades (Semroud et Kada, 1987). Moore (1934), trouve une étroite corrélation entre la croissance du test, le développement des gonades et l'abondance de la nourriture chez *Echinus esculentus*; cela est valable également pour les adultes de *Strongylocentrotus intermedius* (Fuji, 1967) ainsi que pour *Strongylocentrotus droebachiensis* (Keats *et al.*, 1983). D'après Gonor (1972) le développement gonadique peut être utilisé comme un indice des conditions de nutrition chez *S. purpuratus*. Cette relation entre le développement gonadique et la nourriture paraît être générale chez les Oursins (Lawrence, 1975; Mottet, 1976). Nos résultats corroborent ceux de Byrne (1990) qui remarque, en Irlande, une relation inverse entre la densité de *P. lividus* et la taille des gonades.

Roche avec peuplement algal riche : Comme pour l'herbier à *P. oceanica*, nous n'avons pas trouvé de variations significatives de l'indice gonadique en fonction de la profondeur, excepté fin juin, où la profondeur de 6-8 m paraît plus favorable que les autres au maintien d'un indice gonadique relativement élevé. Des indices élevés ont déjà été signalés à cette profondeur de 6-8 m (Nichols *et al.*, 1981, 1983) chez une autre espèce d'Oursin, *Echinus esculentus*. D'autres auteurs (Keats *et al.*, 1983, 1984) mettent en évidence une

variation de l'indice gonadique moyen en fonction de la profondeur, sur substrat rocheux, chez *Strongylocentrotus droebachiensis*, qui serait surtout due à la variation de l'abondance des Algues préférées selon la profondeur. Or, dans notre cas, la plus grande concentration en Algues préférées par *P. lividus*, telles que *Dictyota dichotoma* et *Halopteris scoparia* (Verlaque, 1987) s'observe en juin à 6-8 m, ce qui pourrait expliquer cette valeur plus élevée de l'indice gonadique.

En revanche, l'indice gonadique moyen des Oursins vivant dans l'herbier à *P. oceanica* est plus important que celui des individus de la roche avec Algues. Les Algues consommées dans le biotope rocheux ne permettent donc pas un développement des gonades aussi important que dans l'herbier à *Posidonia oceanica*. Cela s'expliquerait par le fait que la majorité des Algues du biotope rocheux étudié sont évitées par *P. lividus* à l'exception de *Dictyota dichotoma* et *Halopteris scoparia* (Frantzis *et al.*, 1992). Mais ces mêmes auteurs indiquent que, dans des conditions expérimentales, cet Oursin évite la Phanérogame *P. oceanica*, ce qui apparemment n'est pas notre cas puisque l'indice gonadique est élevé dans l'herbier. Ces plus fortes valeurs seraient dues plutôt à la préférence par *P. lividus* des extrémités épiphytées de cette plante (Verlaque, 1987). Ce dernier et Sellem (1990) trouvent une ration alimentaire journalière beaucoup plus grande chez les Oursins de l'herbier que chez ceux du substrat rocheux, Fernandez (1990) arrive aux mêmes résultats, mais dans les pelouses d'une autre Phanérogame *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschinson.

Toujours dans le biotope roche, l'indice gonadique ne varie pas selon l'abondance d'Oursins (qui équivaut à 1-6 et à 6-18 ind/m²) de diamètre moyen : 4.5 cm. Il ne semble pas y avoir d'effet de la densité de la population. Verlaque (1987), calcule pour le même biotope une densité critique¹ (densité responsable de la destruction complète du peuplement algal) pouvant faire régresser des phytocénoses photophiles (surpâturage) et par conséquent le développement des gonades, de 22-28 individus/m² (très supérieure à celles que nous avons utilisées), pour des Oursins ayant un diamètre de 4.5 cm.

D'une façon générale, l'indice gonadique des Oursins de l'herbier diminue de la fin de mars jusqu'en juin; sur roche, cette diminution est moins marquée. Cette diminution est le résultat des pontes qui ont eu lieu durant cette période (Fenaux, 1968; Régis, 1979).

L'indice gonadique de *P. lividus* vivant à 6-8 m de profondeur ne présente pas d'évolution signi-

ficative après le passage d'une tempête, tout au moins pour juin, où les indices moyens sont déjà relativement faibles. Par contre, la densité de cet Oursin à cette profondeur est affectée car, pendant la tempête, les Oursins descendent se réfugier à une profondeur plus importante (10-12 m). De telles descentes d'Oursins pendant une tempête ont été observées chez *P. lividus* par Dance (1987) et chez *Echinus esculentus* par Nichols (1979, 1981). Donc, si la tempête n'a pas eu d'influence sur l'indice gonadique des Oursins, elle en a eu sur leur densité. Nichols *et al.* (1983) remarquent qu'il n'y a pas de différence significative dans l'effort de reproduction entre sites exposés et sites protégés des tempêtes chez *Echinus esculentus*. Par contre, Bennett et Giese (1955) indiquent que les conditions climatiques peuvent avoir un important effet sur l'écologie de *Strongylocentrotus droebachiensis* et de *S. franciscanus*; ceci est confirmé par Keats *et al.* (1984) chez *S. droebachiensis* et suggèrent l'hypothèse qu'à court terme, une tempête peut avoir un effet négatif sur les Oursins car ils arrêtent de se nourrir, mais à long terme elle pourrait être positive car elle augmente la quantité d'Algues en dérive. Dix (1970) suggère que les conditions climatiques influencent le développement des gonades d'*Evechinus chloroticus* de Nouvelle Zélande (le volume des gonades étant faible quand la mer est calme et augmentant quand la mer est agitée et les algues en dérive abondantes).

Au total, il apparaît donc que l'indice gonadique de *P. lividus*, dont l'intérêt économique pour la région et l'importance dans le fonctionnement des écosystèmes benthiques méditerranéens sont bien connus, est le plus élevé chez les individus vivant dans l'herbier à *Posidonia oceanica*, avec une abondance faible d'Oursins (1-6 individus/m² de taille commerciale). En outre, cette faible abondance s'accompagne d'une plus grande homogénéité de l'indice gonadique, ce qui augmente la valeur commerciale du produit.

REFERENCES

- ALLAIN J.Y., 1971. Note sur la pêche et la commercialisation des Oursins en Bretagne Nord. Trav. Lab. Biol. halieutique, Univ. Rennes 5 : 59-69.
- ALLAIN J.Y., 1972. La pêche aux Oursins dans le monde. *Pêche marit.* 74 : 625-630.
- ALLAIN J.Y., 1975. Structure des populations de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinodermata, Echinoidea) soumises à la pêche sur la côte Nord de Bretagne. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.* 39 (2) : 171-212.
- AZZOLINA J.-F., 1988. Contribution à l'étude de la dynamique des populations de l'Oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lmck). Croissance, recrutement,

¹ : densité responsable de la destruction complète du peuplement algal.

- mortalité, migrations. Thèse Sci., Ecol., Univ. Aix-Marseille II : 1-208.
- AZZOLINA J.-F., C.F. BOUDOURESQUE et H. NEDELEC, 1983. Dynamique des populations de *Paracentrotus lividus* (Lmk.) (Echinidae) dans la baie de Port-Cros (Var, France). *Symbiose* **15** (4) : 212-213.
- BENNETT J. and A.C. GIESE, 1955. The annual reproductive and nutritional cycles in two Western sea urchins. *Biol. Bull.* **109** : 226-237.
- BOUDOURESQUE C.F., H. NEDELEC and S.A. SHEPHERD, 1980. The decline of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the Bay of Port-Cros (Var, France). *Trav. sci. Parc nation. Port Cros, Fr.* **6** : 243-251.
- BYRNE M., 1990. Annual reproductive cycles of commercial sea urchin *Paracentrotus lividus*, from an exposed intertidal and a sheltered subtidal habitat on west coast of Ireland. *Mar. Biol.* **104** : 275-289.
- CAMERON R.A., 1986. Reproduction, larval occurrence and recruitment in Caribbean sea urchins. *Bull. Mar. Sci.* **39** (2) : 332-346.
- DAGNELIE P., 1975. Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques II. Les méthodes de l'interférence statistique. Les presses agronomiques de Gembloux ed., Belgique, 463 p.
- DANCE C., 1987. Patterns of activity of sea urchin *Paracentrotus lividus* in the Bay of Port-Cros (Var, France, Méditerranéen). *Mar. Ecol.* **8** (2) : 131-142.
- DIX T.G., 1970. Biology of *Evechinus chloroticus* (Echinoidea : Echinometridae) from different localities, 3. Reproduction. *New Zealand. J. mar. Freshwat. Res.* **4** (4) : 385-405.
- DIX T.G., 1977. Survey of Tasmanian sea urchin resources. *Tasmanian Fish. Res.* **21** : 1-14.
- ELLIOT J.M., 1977. Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. *Freshwat. biol. Ass. U.K.* **25** : 157 p.
- F.A.O., 1988. Statistiques des pêches. Captures et quantités débarquées, 1986. **62** : 480 p.
- F.A.O., 1991. Statistiques des pêches. Captures et quantités débarquées, 1989. **68** : 516 p.
- FENAUX L., 1968. Maturation des gonades et cycle saisonnier des larves chez *Arbacia lixula*, *Paracentrotus lividus* et *Psammechinus microtuberculatus* (Echinides) à Villefranche-sur-Mer. *Vie Milieu* **19** (1 A) : 1-52.
- FERNANDEZ C., 1990. Recherches préliminaires à la mise en place d'un pilote d'aquaculture de l'Oursin *Paracentrotus lividus* dans un étang en Corse. Rapp. D.E.A. Océanol., Univ. Aix-Marseille II 62 p.
- FRANTZIS A. and A. GREMARE, 1992. Ingestion, absorption and growth rates of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata : Echinoidea) fed different macrophytes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **95** : 169-183.
- FRANTZIS A., A. GREMARE and G. VETION, 1992. Growth rates and RNA : DNA ratios in *Paracentrotus lividus* (Echinodermata : Echinoidea) fed on benthic macrophytes. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* **156** : 125-138.
- FUJI A., 1967. Ecological studies on growth and food consumption of Japanese common littoral sea urchin. *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz). *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* **152** (2) : 83-160.
- GONOR J.J., 1972. Gonad growth in the sea urchins, *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson) (Echinodermata : Echinoidea) and the assumptions of gonad index methods. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* **10** : 89-103.
- GRAS G., 1987. Evolution des stocks de l'Oursin comestible *Paracentrotus lividus* dans le Quartier maritime de Marseille (France), soumis à une pêche intensive, entre les campagnes 1984-1985 et 1986-1987. In : Boudouresque C.F. ed., Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les Oursins comestibles, GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 363-370.
- KEATS D.W., D.H. STEELE and G.R. SOUTH, 1983. Food relations and short term aquaculture potential of the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) in Newfoundland. *MSRL Technical Reports* **24** : 24 p.
- KEATS D.W., D.H. STEELE and G.R. SOUTH, 1984. Depth-dependant reproductive out-put of the green sea-urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis* (O.F. Müller), in relation to the nature and availability of food. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **80** : 77-91.
- KEMPF M., 1962. Recherches d'écologie comparée sur *Paracentrotus lividus* (Lmk.) et *Arbacia lixula* (L.). *Rec. Tra. stn. mar. Endoume* **25** (29) : 47-116.
- LAWRENCE J.M., 1975. On the relationships between marine plants and sea-urchins. *Oceanogr. mar. Biol. ann. Rev.* **13** : 213-286.
- LAWRENCE J.M., A. L. LAWRENCE, M.O. HOLLAND, 1965. Annual cycle in the size of the gut of the purple sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson). *Nature* **205** (4977) : 1238-1239.
- LE DIREAC'H J.P., 1987. La pêche des Oursins en Méditerranée : Historique, techniques, législation, production. In : Boudouresque C.F. ed., Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les Oursins comestibles, GIS Posidonie publ., Marseille : 335-362.
- LE DIREAC'H J.P., 1988. Evaluation des stocks et dynamique des populations de l'Oursin comestible (*Paracentrotus lividus*) dans la région marseillaise. Analyse des circuits de commercialisation et propositions de gestion. In : Contrat ADER-PACA/Secrétariat d'Etat à la Mer. Lab. Ecol. Benthos ed., Univ. Aix-Marseille II, Marseille, 411 p.
- LE GALL P., 1987. La pêche des Oursins en Bretagne. In : Boudouresque C.F. ed., Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les Oursins comestibles, GIS Posidonie publ., Marseillaise : 311-324.
- MOORE H.B., 1934. A comparison of the biology of *Echinus esculentus* in different habitats. Part I. *J. mar. biol. Ass. U.K.* **19** : 869-885.
- MOTTET M.G., 1976. The fishery biology of sea urchin in the family Strongylocentrotidae. *Wash. Dept. Fish. Tech. Rep.* **20** : 66 p.
- NICHOLS D., 1979. A nationwide survey of the British sea-urchin, *Echinus esculentus*. In : Progress in underwater sciences, **4** (N.S.), Gamble J.C. and J.D. George eds., Plymouth, Pentek Press : 161-187.

- NICHOLS D., 1981. The Cornish sea-urchin fishery. *Cornish Studies* 9 : 5-16.
- NICHOLS D., G.M. BISHOP and A.A.T. SIME, 1981. An annual reproductive and nutritional cycle of the European sea-urchin *Echinus esculentus* in the Plymouth area : In : Inter. Echin. Conf., Tampa Bay, J.M. Lawrence ed., A.A. Balkema, Rotterdam : 451-456.
- NICHOLS D., G.M. BISHOP and A.A.T. SIME, 1983. The effects of depth and exposure on gonad production in the sea-urchin, *Echinus esculentus* (Echinodermata : Echinoidea) from sites around the British Isles. In : Progress in Underwater Sciences, 8, Shand J. and J.D. George eds. : 61-71.
- OGAWA J., 1988. Programa nacional de repoblacion de recursos marinos en Japon. Aspectos generales. *Invest. Pesq.* 35 : 15-28.
- REGIS 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 Doct.d'Etat, Univ. Aix-Marseille III, Marseille : 1-221, I-VI, 12 pl.h.t.
- REGIS M.B., 1979. Analyse des fluctuations des indices physiologiques chez deux échinoides (*Paracentrotus lividus* (Lmk) et *Arbacia lixula* L.) du golfe de Marseille, *Tethys* 9 (2) : 167-181.
- REGIS M.B., 1987. L'Oursin comestible *Paracentrotus lividus*, une ressource en danger dans le Quartier maritime de Marseille, France. In : Boudouresque C.F. ed., Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les Oursins comestibles, GIS Posidonie publ., Marseille : 391-397.
- SAN MARTIN G., 1990. Suivi d'une opération de transplantation de l'Oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lmk) (Echinodermata : Echinidae) dans la région marseillaise. Rapp. Contrat IFREMER/GIS Posidonie, n° 87340066, 16 p.
- SELLEM F., 1990. Données sur la biométrie de *Paracentrotus lividus*, *Arbacia lixula* et *Sphaerechinus granularis* et sur la biologie de *Paracentrotus lividus* dans le Golfe de Tunis. Rapp. D.E.A. Biol. mar. et Océanol., Univ ; Tunis II, Fac. Sci., Tunis, 123 p.
- SEMROUD R. et H. KADA, 1987. Contribution à l'étude de l'Oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck) dans la région d'Alger (Algérie) : Indice de réplétion et indice gonadique. In : Boudouresque C.F. ed., Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les Oursins comestibles, GIS Posidonie publ., Marseille : 117-124.
- SIEGEL S. and N.J. CASTELLAN Jr., 1988. Nonparametric statistics for the behavioural sciences (2nd edition). Mc Graw-Hill Book Company editions : 1-399.
- VERLAQUE M., 1987. Contribution à l'étude du phytobenthos d'un écosystème photophile thermophile marin en Méditerranée Occidentale. Etude structurale et dynamique du phytobenthos et analyse des relations faune-flore. Thèse Doct. d'Etat, Univ. Aix-Marseille II, Marseille, 389 p.
- ZAR J.H., 1984. Biostatistical analysis, second edition. Prentice Hall International Editions : 1-718.

Reçu le 6 décembre 1993 ; received December 6, 1993
Accepté le 12 septembre 1994 ; accepted September 12, 1994