

Étude des possibilités d'élevage des oursins réguliers en fonction de la valeur de certains indices physiologiques

Élevage d'oursins
Indice gonadique
Indice de réplétion
Polyphagie
Sea-urchin farming
Gonad index
Gut repletion index
Polyphagy

M.-B. Régis

Laboratoire de Zoologie Marine, Université d'Aix-Marseille III, Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme, rue Henri-Poincaré, 13397 Marseille Cedex 4, France.

Reçu le 28/2/79, révisé le 28/6/79, accepté le 27/8/79.

RÉSUMÉ

Chez la plupart des échinoïdes réguliers, la croissance étant extrêmement lente (en moyenne, 8 à 10 ans pour atteindre la taille marchande), il est inconcevable d'envisager une aquaculture de type intensif. Par contre, des élevages de type extensif ne sont pas exclus, à condition de choisir judicieusement l'espèce, et, l'aire de parcage. Le choix de l'espèce doit tenir compte de la valeur moyenne de l'indice gonadique (IG), dont il a été démontré pour *Paracentrotus lividus*, qu'il diffère significativement en fonction des particularités du biotope occupé par la population : nature du substrat, profondeur et surtout nature des ressources trophiques. Le « degré de prospérité » d'une population de *P. lividus* résulte d'un compromis entre la nature et l'abondance des diverses ressources trophiques, et, l'énergie que l'animal dépense pour collecter, digérer et assimiler cette nourriture. Cette dépense d'énergie est un élément déterminant de la croissance des gonades exprimée par la valeur de IG; des valeurs de IG de 15 à 20 % (par rapport à l'animal entier) paraissent acceptables pour l'exploitation. L'état de maturité ne semble pas être un élément important; par contre, il est souhaitable que le cycle sexuel comporte plusieurs pics de reproduction, ainsi que cela a été montré pour *P. lividus*. Il est souhaitable de connaître aussi l'allure de la courbe traduisant la variation d'une formule simplifiée de l'indice gonadique (indice de rentabilité, R) en fonction de l'âge, afin de déterminer la taille optimale de récolte des individus.

Le choix de l'aire de parcage doit satisfaire à trois conditions essentielles. (1) Sécurité de l'approvisionnement en juvéniles soit, naturellement par parcage dans des zones où l'espèce prospère soit, artificiellement au moyen de collecteurs dont la conception devra s'inspirer du comportement grégaire et du thigmotactisme positif observé chez les très jeunes individus de diverses espèces. (2) Abondance des ressources trophiques habituellement utilisées par l'espèce, au besoin complémentées par des apports de déchets si celle-ci est polyphage. (3) Facilité de récolte. La polyphagie, souvent très marquée, de diverses espèces, suggère que celles-ci pourraient être des partenaires intéressants dans certaines opérations d'aquaculture intégrée.

Oceanol. Acta, 1980, 3, 1, 7-15.

ABSTRACT

The possibility of sea-urchin farming
in the light of certain physiological indices

In most regular echinoids the growth rate is very low; generally speaking, individuals of edible species cannot be marketed before they are 8-10 years old. Farming projects involving control of the whole life cycle from egg up to marketable size thus appear quite unrealistic. On the other hand, operations of an extensive type in an almost natural habitat might be possible, provided that the species and the site of farming, were suitably selected.

Since gonads represent the only part of the sea-urchin body which is consumed, particular attention should be paid to the relationship between gonad weight and the size – or weight – of the whole individual. This relationship may be expressed by the gonad index (IG) which has been computed by authors in several different ways. I have suggested, as an expression of this index, the ratio

$$IG = \frac{\text{gonad dry weight (mg)}}{\text{total dry weight (mg)}} \times 100 \text{ (Régis, 1978).}$$

Selection of the species to be farmed and the site of farming requires preliminary investigations of the gonad index value and its changes, not only on an annual scale but also in the different populations of the area concerned. It has been demonstrated that, for the species *Paracentrotus lividus*, the average IG value in individuals of the same size – and age – exhibits a large range of variations from one population to another according to the environmental peculiarities of the biotope inhabited: substrate features, exposure to water motion, depth and – to a greater extent – the nature and abundance of food resources (Fig. 1).

Most authors have admitted that regular echinoids exclusively – or at least preferably – fulfil their energy requirements through grazing on metaphytes. In fact, many species are now known to be polyphagous. Moreover, the ability of many echinoderms to utilize as a food resource not only dissolved organic substances (Péquignat, 1966, 1968, 1969) but also particulate organic carbon – either living, e.g. phytoplankters, or non living, e.g. small-sized detritus, aggregates, etc. – is now well documented, but too often disregarded. This latter behaviour, which requires both skin digestion and assimilation, appears of paramount importance in the spines of some species e.g. *Psammechinus miliaris* (Péquignat, 1966). Recent investigations support the idea that the microstructure of the spines renders the most common edible species of the western European coasts (*Paracentrotus lividus*) especially able to benefit from particulate organic carbon, although it can also graze on large-sized algae, on sea-grass leaves and their epiphytic invertebrates; moreover, *P. lividus* can behave as a scavenger whenever it finds a rather large dead body (fish, crab, etc.) (Régis, 1978, 1979).

I have compared the average monthly values of the gonad index, together with those of the gut repletion index (IR):

$$IR = \frac{\text{gut content dry weight (mg)}}{\text{total dry weight (mg)}} \times 100,$$

in populations of *P. lividus* at three stations where the main food resources differ markedly: (i) *Ile de Pomègues*: multicellular, poorly developed but particulate algae (sessile diatoms) and abundant dissolved organic matter; (ii) *Tiboulèn de Maire*: abundant large-sized, soft algae and less dissolved organics than in (i); (iii) *Plateau des Chèvres*: sea-grass bed of *Posidonia oceanica*, the leaves of which are hard to cut and release very few organics (Penhale and Smith, 1977; Régis, 1978). This comparison (Fig. 2) clearly shows that the most thriving population namely the population inhabiting *Ile de Pomègues* is that which achieves in the best compromise between the energy provided by the predominant food resource in the biotope and the energy spent in the collection of food. As regards marketing, IG values between 15 and 20% seem suitable, and the degree of maturity of the gonads is not important, since reserves are stored within the gonads long before maturation. It obviously appears preferable to select species whose spawning displays several peaks within the breeding period (Fig. 3). A “paying” index should be determined according to the correlation of IG versus size and age, in order to determine the best size of individuals to be fished (Fig. 4).

Selection of the farming area requires the consideration of three items:

(i) the amount and nature of the food-resources available, especially if previous investigations have suggested that the species is polyphagous; (ii) accessibility for fishing; (iii) the potential of recruitment from external or *in situ* populations. As far as (i) is concerned, it may be pointed out that, if necessary, polyphagous species could be provided with additional food resources, e.g. dead fish or shellfish of low economic value; the provision of artificial food (jellies or pellets) would be too expensive. With regard to (iii), it may be expected that the site selected for farming should correspond to an area where a natural population of the species exists already, to make natural recruitment possible. However, a complementary supply in juveniles might be obtained for species concerning which the particular habitat of very young individuals is documented; in fact,

studying the two most common species in the Gulf of Marseilles, *P. lividus* and *Arbacia lixula*, I have observed that the youngest specimens (smaller than 8-10 mm) seem to be absent from the rocky substrates which usually sustain the most important adult populations; on the other hand, I was able to obtain *P. lividus* individuals as small as 2.5 mm from the interstices between the "scales" on the *Posidonia* erect stem (scales which correspond to the fallen leaves). The latter observation suggests that "spat" collectors might be studied, taking into account the positive thigmotactic behaviour which appears to occur immediately after metamorphosis in *P. lividus*, and possibly in other species as well.

Oceanol. Acta, 1980, 3, 1, 7-15.

INTRODUCTION

Au cours des dernières années, la consommation de gonades d'oursin s'est largement répandue dans divers pays, non seulement à l'état frais, mais encore sous forme de conserves. Ainsi, est-il naturel que des publications (Lang, Mann, 1976; Ebert, 1977) aient été consacrées à la dynamique des populations d'un certain nombre d'espèces: *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson), *S. franciscanus* (A. Ag.), *S. droebachiensis* (O. F. Müller), ainsi qu'à l'analyse de leur comportement trophique (Greenway, 1976), et même à des expériences d'élevage à l'échelle du laboratoire avec utilisation d'aliments naturels ou composés extrêmement variés (Nagai, Kaneko, 1975).

Il paraît inconcevable d'envisager une véritable aquaculture intensive d'oursins réguliers pour la consommation humaine, ainsi que cela se pratique déjà, outre les bivalves, pour un certain nombre d'espèces de téléostéens et de crustacés, car nous pensons que la lenteur extrême de la croissance s'oppose à toute opération de type intensif.

Nous avons tenu à étudier la croissance de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) dans des conditions aussi proches que possible de celles que rencontrent les individus sauvages. Pour les individus d'une taille supérieure à 25 mm de diamètre, nous avons utilisé dans ce but des cages dont les dimensions étaient de 90 × 60 × 40 cm, à mailles de 20 mm de côté et dépourvues de fond; ceci permettait de mettre les individus à même de bénéficier de toutes les ressources trophiques du milieu naturel, tant sur le substrat même que dans les eaux. Pour les individus plus jeunes (5 à 20 mm de diamètre à l'ambitus), nous avons utilisé des pots en matière plastique de 5 l, percés de nombreux trous pour assurer la libre circulation de l'eau et des particules et solidement fixés sur un support aménagé dans la cage. Dans ces pots, nous avons essayé de reconstituer le milieu naturel en introduisant des cailloux ou galets recouverts de diatomées et présentant des microcavités, dans lesquelles se trouvent généralement les très jeunes *P. lividus*. Nous avons également introduit des feuilles de Posidonie, en les disposant en spirale ainsi que le recommande Swan (1961). Par ailleurs, les élevages en circuit fermé que nous avons effectué au laboratoire, nous ont montré que jusqu'à une taille de l'ordre de 25 mm, la croissance des individus en cage et des individus en aquarium était tout à fait comparable; en revanche, au-delà de cette taille, les individus maintenus en élevage au laboratoire cessent de croître.

Sur une longue période d'étude, notamment pour les années 1970 à 1974, les taux de croissance sont similaires d'une année à l'autre pour des individus de taille comparable et la variabilité individuelle est faible.

De l'ensemble des observations, on peut conclure que, comme il est habituel, le taux annuel de croissance diminue au fur et à mesure que les individus avancent en âge. En effet, pour les individus dont le diamètre est compris entre:

5 et 10 mm : le taux annuel moyen de croissance est de 6 mm;

10 et 20 mm : le taux annuel moyen de croissance est de 5 mm;

20 et 30 mm : le taux annuel moyen de croissance est de 3,5 mm;

30 et 35 mm : le taux annuel moyen de croissance est de 3,5 mm;

35 et 40 mm : le taux annuel moyen de croissance est de 3 mm;

40 et 45 mm : le taux annuel moyen de croissance est de 2 mm.

N'ayant pu suivre la croissance d'un individu pris en particulier pendant une durée supérieure à 4 ans, nous avons dû, pour tenter une estimation de la relation pouvant exister entre la taille et l'âge, avoir recours à des expériences successives, chacune d'entre elles débutant à une taille égale, sinon inférieure à celle à laquelle l'expérience précédente avait conduit les individus. Ces enchaînements d'expériences ont été renouvelés systématiquement sur plusieurs années et à des périodes différentes, de manière à éliminer une éventuelle influence des facteurs saisonniers, ou de particularités climatiques propres à 1 année déterminée. Parallèlement, et sur des individus de taille comparable, nous avons compté les plaques ambulacraires et interambulacraires. Ces données sont rassemblées dans le tableau suivant :

Diamètre	Plaques interambulacraires	Plaques ambulacraires	Age
4,5	6 pl. IA	7 pl. A	+ 1 an
10,5	8 pl. IA	10 pl. A	+ 2 ans
14,5	10 pl. IA	12 pl. A	+ 3 ans
20	12 pl. IA	14 pl. A	+ 4 ans
25	13 pl. IA	16 pl. A	+ 5 ans
28	14 pl. IA	18 pl. A	+ 6 ans
33	15 pl. IA	20 pl. A	+ 7 ans
38	16 pl. IA	22 pl. A	+ 8 ans
41	17 pl. IA	23 pl. A	+ 9 ans
42	17 pl. IA	23 pl. A	+ 10 ans

Étant donné que nous n'avons fait figurer dans le tableau que des valeurs moyennes établies d'après un grand nombre de mesures, nous n'avons pu mentionner l'accroissement pour les individus dont la taille dépasse 65 mm, ceci en raison du trop petit nombre de spécimens dont nous disposions. Aussi, pour ne pas laisser croire que le nombre de plaques pourrait rester le même à partir d'un certain diamètre du test, nous indiquons que nous avons observé que pour des individus dont la taille s'échelonne de 42 à 65 mm, l'addition d'une nouvelle plaque interambulacraire intervient approximativement tous les 5 mm.

A ce propos, on peut noter que sur le marché de Marseille la taille des individus mis en vente est pratiquement toujours supérieure à 40 mm. Sur les côtes Nord de Bretagne, cette même espèce aurait une croissance plus rapide, puisque Allain (1978) attribue un âge de 10 ans à un *P. lividus* de 90 mm de diamètre. Des évaluations du même ordre de grandeur sont données par Jensen (1959) pour *Strongylocentrotus droebachiensis* et par Ebert (1968) pour *Strongylocentrotus purpuratus*. D'autres espèces (*Strongylocentrotus nudus*, *Echinus esculentus*) auraient, comparativement, une croissance plus rapide (62,6 mm à 5 ans pour *S. nudus*, d'après Kawamura, 1966; 80 mm environ à 6 ans pour *E. esculentus*, d'après Moore, 1935), mais, pour d'autres motifs, ne paraissent pas se prêter davantage à une exploitation commerciale.

En revanche, il est permis d'envisager la possibilité d'élevages de type extensif, à condition de choisir judicieusement l'espèce que l'on compte commercialiser et de s'efforcer d'exploiter la population de cette espèce en vue d'un rendement commercial optimal, c'est-à-dire de l'obtention d'une quantité maximale de glandes sexuelles. L'étude de certains indices physiologiques nous paraît de nature à orienter ces choix.

INDICES PHYSIOLOGIQUES

Compte tenu de l'amplitude annuelle, assez importante, de la variation de température des eaux de surface (toujours supérieure à 10-11°C) et de l'amplitude comparable de variation à court terme, découlant des séquences météorologiques, nous avons estimé nécessaire d'étudier les fluctuations de deux indices physiologiques : l'indice de réplétion du tube digestif (IR) et l'indice gonadique (IG) dont les diverses formules — cf. plus loin — reviennent à traduire l'importance des gonades par rapport à un paramètre relatif à l'ensemble de l'individu.

Pour cela, chaque mois et sur une période de 2 années, nous avons prélevé 40 échantillons pour chacune des 4 classes de tailles retenues : 30-35, 35-40, 40-45 et 45-50 mm. Après avoir disséqué l'ensemble des échantillons, nous les avons placés en étuve, pour dessiccation jusqu'à poids constant en chauffant progressivement jusqu'à 100°C. Ces opérations ont été répétées, systématiquement pour chacune des trois stations de prélèvements : îles de Pomègues, Tiboulou de Maire et Plateau des Chèvres. Les stations ont été choisies en fonction des particularités du biotope occupé par la population de *P. lividus* : nature du substrat, profondeur et surtout

nature des ressources trophiques. L'ensemble des lots ainsi constitués a montré une certaine variabilité de l'indice gonadique et de l'indice de réplétion, mais, la majorité des valeurs étant cependant groupée dans des limites étroites, nous avons pu calculer, tant pour l'indice gonadique que pour l'indice de réplétion du tube digestif, des valeurs moyennes mensuelles significatives (confirmation par l'intervalle de confiance à 95 %). D'une année sur l'autre, ces moyennes mensuelles variant peu, nous avons établi les courbes de variation de ces deux indices, pour chacune des trois stations, en faisant la moyenne de l'ensemble des valeurs mensuelles obtenues sur ces 2 années.

Nous avons constaté (Régis, 1978), que les valeurs de l'indice gonadique (IG) variaient de façon très significative pour une même espèce, en fonction des particularités du biotope occupé par une population donnée : nature du substrat, profondeur et surtout nature des ressources trophiques, ces dernières jouant, comme nous le dirons plus loin, un rôle primordial.

L'étude comparative, d'une station à l'autre, des valeurs de l'indice gonadique (IG) et de l'indice de réplétion du tube digestif (IR), ainsi que leurs variations saisonnières, complétée par l'étude de la variabilité de l'indice de réplétion du tube digestif dans une même station, nous a suggéré que le « degré de prospérité » d'une population de *P. lividus* résultait d'un compromis entre la nature et l'abondance des ressources trophiques, d'une part, et, d'autre part, l'énergie que l'animal doit dépenser pour collecter, digérer et assimiler cette nourriture.

Les échinoïdes réguliers, tout au moins les espèces de la province néritique, ont été considérés par la plupart des auteurs comme des herbivores stricts, ce qui a conduit à étudier leur croissance et la dynamique de leurs populations, le plus souvent en fonction de l'abondance et/ou de la composition des peuplements métaphytiques : Greenway (1976) pour *Lytechinus variegatus*, Lang et Mann (1976) pour *Strongylocentrotus droebachiensis*, etc.

Néanmoins, quelques auteurs ont présenté des observations qui laissent planer un certain doute sur le caractère exclusivement phytophage de diverses espèces. Par exemple, Ebert (1977) relève dans l'analyse expérimentale qu'il a effectuée de la dynamique des populations de *Strongylocentrotus purpuratus* et *S. franciscanus* une corrélation négative avec celles d'Ascidies. Ayling (1978) a montré qu'*Evechinus chloroticus* (Valenc.) était largement polyphage; Sumich et McCauley (1973) ont fait la même observation sur *Alloccentrotus fragilis* (Jackson).

Parfois aussi, les Echinoïdes peuvent montrer, lorsqu'ils ont le choix, une préférence marquée pour une nourriture animale. Un excellent exemple de cet opportunisme trophique est celui d'*Arbacia punctulata*, qui, strictement herbivore dans certaines stations, se nourrit exclusivement d'éponges dans d'autres (Karlson, 1978). De même Penchaszadeh (1974) a montré que l'espèce circalittorale *Arbacia dufresni* se comporte en prédateur de jeunes stades de *Mytilus platensis*.

Au cours de nos expériences (Régis, 1978) portant sur diverses populations de *P. lividus*, nous avons montré que

cette espèce présente un opportunisme alimentaire qui, à notre connaissance, serait sans équivalent chez d'autres échinoïdes réguliers. *P. lividus* est, en effet, très largement polyphage et présente plusieurs modalités de collecte de nourriture : il peut brouter des métaphytes, mais aussi collecter des algues unicellulaires — ou des particules organiques — en suspension dans l'eau, ce qui avait été montré expérimentalement par Péquignat (1966) chez *Psammechinus miliaris* et que nous avons pu justifier pour *P. lividus* par la microstructure particulière de ses radioles (Régis, 1977); l'utilisation de matériel dissous a été également démontré par Péquignat (1968).

En outre, au cours de nos élevages au laboratoire, nous avons observé que *P. lividus* pouvait se nourrir également de la chair de petits Brachyours (*Acanthonyx lunulatus*); *in situ*, Harmelin (communication personnelle) a observé le rassemblement de ces échinoïdes sur des cadavres de poissons.

Au cours de nos recherches sur les populations de *P. lividus* (Régis, 1978) nous avons montré que la dépense d'énergie nécessitée par la collecte de la nourriture macroscopique et la fragmentation de celle-ci par l'appareil masticateur et la digestion proprement dite sont des éléments déterminants de la croissance des gonades, exprimée par la valeur de l'indice gonadique (IG), tel que nous l'avons redéfini

$$IG = \frac{\text{poids sec gonades (mg)}}{\text{poids sec corps (mg)}} \times 100.$$

Divers auteurs ont utilisé pour calculer cet indice soit des volumes (Moore, 1934), soit des poids humides (Lawrence *et al.*, 1965), soit un rapport entre volume et poids humide (Booolootian *et al.*, 1959; Giese, 1961; Fugé, 1967; Fenaux, 1968). Nous avons estimé que le fait de prendre les volumes comme base de calcul de l'indice gonadique n'est pas une méthode fiable, et que le poids humide total est une donnée dont la précision est douteuse. En effet, ainsi que l'ont fait remarquer Sumich et McCauley (1973), la quantité de liquide coelomique contenu à l'intérieur du test est difficilement contrôlable et varie beaucoup dans le temps. Dès que les oursins sont retirés de leur milieu ils rejettent beaucoup d'eau et les conditions de ce rejet varient suivant les individus.

En ce qui concerne les gonades, dès qu'elles sont prélevées, la perte d'eau est importante, et leur volume — qui dépend de leur degré de « turgescence » — varie beaucoup dans le temps pour un même individu et également d'un individu à l'autre, même s'ils sont de taille identique.

En travaillant sur des poids secs, nous avons donc éliminé ces sources d'erreurs, tout en opérant dans des conditions aussi homogènes que possible.

Sur les mêmes échantillons, nous avons également calculé l'indice de réplétion du tube digestif (IR), ainsi défini

$$IR = \frac{\text{poids sec du contenu digestif (mg)}}{\text{poids sec du corps (mg)}} \times 100.$$

L'indice gonadique le plus élevé a été observé pour la population de la station de l'île de Pomègues (fig. 1), où les algues multicellulaires sont à peu près inexistantes,

mais les diatomées abondantes et l'agitation des eaux à peu près permanente; ainsi, les *P. lividus* y paraissent tirer l'essentiel de l'énergie qui leur est nécessaire du matériel dissous et finement particulaire (diatomées mises en suspension) que la structure particulière de leurs radioles leur permet d'utiliser d'une manière très efficace, comme nous venons de le dire plus haut; ainsi s'explique la valeur particulièrement basse de l'indice de réplétion du tube digestif (fig. 2).

Si l'on considère, au contraire, les stations de Tiboulen de Maïre et du Plateau des Chèvres, où l'essentiel des ressources trophiques est représenté par des métaphytes (algues multicellulaires dans la première, et, Herbier de la phanérogame *Posidonia oceanica* dans la seconde), on constate que l'indice de réplétion du tube digestif (IR) est généralement plus élevé qu'à la station précédente (fig. 2). Sans entrer dans le détail, nous indiquerons que certaines particularités des courbes de variation de IR de ces deux stations sont aisément explicables.

A Tiboulen de Maïre, les deux valeurs maximales de IR en avril et juin (fig. 2), correspondent, la première à une consommation maximale de la flore algale hivernale, la seconde à l'adaptation à la flore algale estivale, qui se manifeste après la période d'incertitude du mois de mai au cours duquel intervient le changement saisonnier de la flore.

Au plateau des Chèvres, où la végétation métaphytique n'est pratiquement représentée que par la phanérogame *Posidonia oceanica*, on note une augmentation de la valeur de IR, rapide de mars à avril, plus lente en mai, suivie d'une diminution de plus en plus marquée en juin et juillet (fig. 2). Or, Pellegrini (1971) a montré que, lorsque les feuilles avancent en âge leur teneur en azote diminue graduellement et, de notre côté, nous avons observé qu'au cours de l'été, *P. lividus* consomme exclusivement les invertébrés sessiles (Hydroïdes, Bryozoaires, Ascidies composées...) qui, progressivement, couvrent les feuilles de plus en plus, et découpe celles-ci autour de chaque colonie ou cormus. Ces deux constatations nous ont conduite à admettre que *P. lividus* a des besoins élevés en protéines, ce qui avait d'ailleurs déjà été signalé par Vadas (1977) pour *Strongylocentrotus intermedius*. Au cours de cette expérience, cet auteur a même mis en évidence des cas de cannibalisme et nous avons constaté dans nos propres élevages que *P. lividus* consomme de la chair de crabe de préférence aux algues métaphytes, lorsque ces deux types de nourriture lui sont offerts simultanément.

Quant à l'utilisation éventuelle de matériel organique dissous libéré dans le milieu par la Posidonie, elle est certainement insignifiante par rapport aux besoins trophiques totaux de *P. lividus*, car il est bien connu que les phanérogames marines, contrairement à la plupart des algues multicellulaires, n'éliminent qu'une fraction infime du carbone qu'elles assimilent; par exemple, 1,3 % chez *Thalassia testudinum* d'après Brylinski (1971). Plus récemment Penhale et Smith (1977) ont montré que les taux d'excrétion carbonée chez *Zostera marina*, par rapport à la quantité totale assimilée, sont respectivement de 1,5 % pour la plante seule, 2,00 % pour le peuplement épiphytique et seulement 0,9 % pour les

feuilles densément couvertes d'épibiotes animaux (ce qui est le cas des feuilles de *Posidonia oceanica* en période estivale).

Revenant à la valeur de IG dans ces deux stations, nous remarquons qu'à Tiboulén de Maître, où l'espèce se nourrit essentiellement d'algues molles, les valeurs sont généralement moins élevées qu'à l'île de Pomègues (fig. 1). Au Plateau des Chèvres, enfin, la valeur de IG est également faible (fig. 1), ce que l'on peut attribuer à l'énergie dépensée par les individus pour la dilacération ou le découpage des feuilles, relativement coriaces, de la phanérogame.

Nagai et Kaneko (1975) ont montré également que *Strongylocentrotus pulcherrimus* consomme à peu près n'importe quelle nourriture figurée à l'exception des granulés secs utilisés pour les élevages de poissons. Ceci ne signifie point d'ailleurs que les oursins ne soient pas capables d'utiliser des nourritures composées et il est assez probable que des aliments humides de consistance plus ou moins gélatineuse puissent être parfaitement utilisés, plutôt que des aliments composés secs. En tout état de cause, il ne saurait être question de fournir à des oursins élevés pour la consommation des aliments composés, dont le prix est toujours relativement élevé.

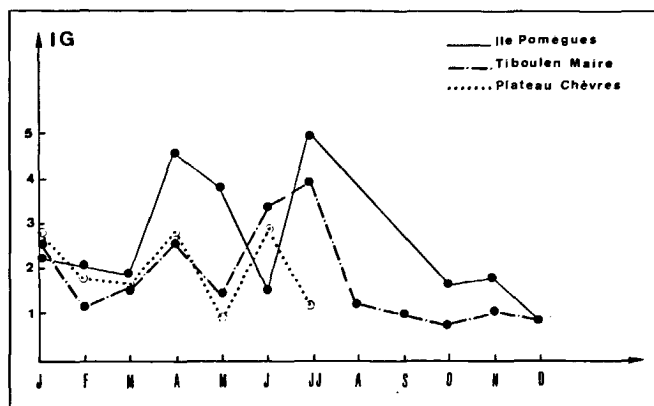
Donc, plutôt qu'une véritable aquaculture, il nous paraît possible d'accroître le rendement de l'exploitation des populations naturelles en réalisant un parcage des espèces qui seront reconnues le plus aptes à être exploitées en fonctions de divers critères, autres que l'indice gonadique et que nous tenterons de suggérer ci-après.

Par parcage nous entendons la délimitation d'une zone réservée, protégée contre les activités de cueillette, zone dont l'étude préalable aura montré qu'elle satisfait à deux conditions essentielles : (i) l'existence en quantité suffisante des ressources trophiques habituellement utilisées par l'espèce, ressources qui pourront être complémentées par des apports tenant compte de la polyphagie de l'espèce, si celle-ci a été reconnue; (ii)

Figure 1

Évolution de l'indice gonadique (IG) moyen mensuel pour l'ensemble des populations de *P. lividus* à l'île de Pomègues, à Tiboulén de Maître et au Plateau des Chèvres.

Monthly changes in the average gonad index for the entire *P. lividus* population in each of the three investigated stations: Ile de Pomègues, Tiboulén de Maître, Plateau des Chèvres.



facilité de récolte en zone intertidale, ou aux faibles profondeurs non exondables par dragages ou faubertage.

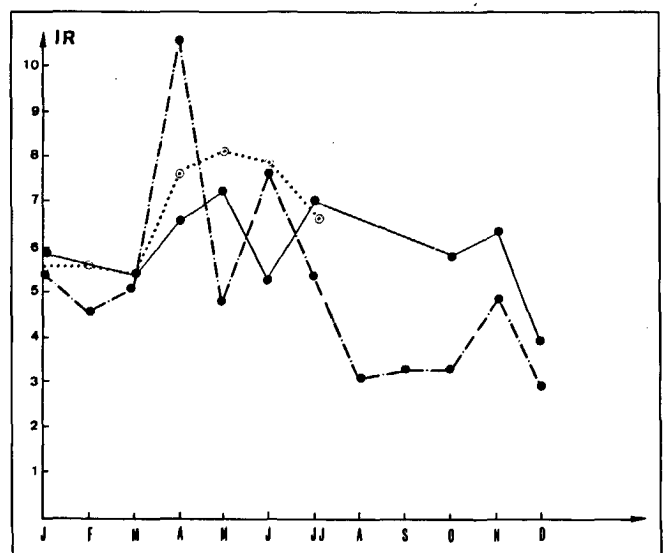
A priori, nous estimons que les aires optimales de parcage sont en zone intertidale et ceci pour quatre raisons : (i) La végétation métaphytique y est généralement très dense, souvent davantage qu'au-delà de la limite des basses mers de grandes vives-eaux. (ii) Du fait des périodes d'exondation auxquelles elles sont soumises, les métaphytes intertidales — généralement des algues — libèrent dans les eaux, sous forme dissoute, une fraction du carbone qu'elles assimilent plus importante que les espèces toujours immergées. (iii) L'agitation moyenne par 24 heures, plus importante du fait des déplacements du plan d'eau, accroît les chances de mise en suspension de particules organiques (diatomées sessiles ou « micro-détritus ») susceptibles d'être utilisées par voie de digestion et/ou d'assimilation tégumentaire (Péquignat, 1966), notamment par les espèces dont la structure des radioles est adaptée à l'utilisation de cette catégorie de ressources trophiques (Régis, 1978; 1979). (iv) La surveillance de la zone de parcage et la récolte sont plus aisées dans la zone intertidale qu'en zone subtidale.

Par ailleurs, sauf cas particuliers qu'une étude approfondie des conditions de la collecte de nourriture, de la croissance et de l'évolution de l'indice gonadique devra justifier, il nous paraît peu indiqué de choisir comme zone de parcage des aires peuplées de phanérogames marines, même lorsque celles-ci existent en zone intertidale. En effet, il a été démontré par de nombreux auteurs (par exemple, Penhale et Smith 1977), que la libération de matériel organique dissous est toujours plus faible chez les phanérogames que chez les algues multicellulaires; par conséquent, l'abondance des particules susceptibles d'être formées par des bactéries à partir du matériel dissous serait automatiquement plus

Figure 2

Évolution de l'indice de réplétion (IR) moyen mensuel pour l'ensemble des populations de *P. lividus* à l'île de Pomègues, à Tiboulén de Maître et au Plateau des Chèvres.

Monthly changes in the average repletion index (gut content) for the entire *P. lividus* population in each of the three investigated stations: Ile de Pomègues, Tiboulén de Maître, Plateau des Chèvres.



faible. En outre, il est bien connu que la plupart des phanérogames marines ne sont pas utilisées à l'état frais par les consommateurs de premiers ordre. La consommation de *Thalassia testudinum* par les tortues ou de certaines phanérogames par des siréniens n'est pas à mettre en doute. En revanche, l'assimilation par *Lytechinus variegatus* de matériel proprement végétal constitué par les feuilles de *Thalassia* mériterait, sans aucun doute, une étude enzymologique du tube digestif, aussi bien que l'assimilation de ce même matériel par le Téléostéen *Sparisoma*.

CHOIX DE L'ESPÈCE

Il nous paraît que le choix des espèces, dont le parage pourrait être envisagé à des fins d'exploitation, devrait s'inspirer de l'étude d'un certain nombre de facteurs que nous examinerons ci-après.

Cycle sexuel

O'Connor *et al.* (1978) ont étudié l'influence d'un certain nombre de paramètres ambiants sur les modifications histologiques des gonades, au cours du cycle reproducteur, chez diverses espèces habitant les côtes des Nouvelles Galles du Sud. Ils ont utilisé comme indice gonadique (gonad index) le rapport volume des gonades/volume de l'animal, exprimé en pourcentage, et, ont mesuré cet indice sur un cycle annuel pour chaque espèce. En outre, ils ont étudié l'histologie des gonades et déterminé les époques d'émission des produits sexuels. Les indices gonadiques les plus élevés, calculés par les auteurs suivant leur formule, sont de l'ordre de 15 à 16 % ce qui, à première vue, paraît être du même ordre de grandeur que la valeur maximale du rapport pondéral poids frais des gonades/poids frais total, de 19,9 % relevé par Dix (1977) chez *Heliocidaris erythrogramma* des côtes de Tasmanie. Ces pourcentages, en poids ou en volume, de l'ordre de 15-20 %, par rapport à l'animal entier, nous paraissent acceptables pour l'exploitation.

Quant à l'état de maturité proprement dit, il ne nous semble pas qu'il soit un élément d'importance majeure au plan de l'exploitation. La croissance de l'indice gonadique, quelle que soit la formule que l'on a choisie pour l'exprimer, est en général un processus lent (plusieurs mois parfois) et dont la plus grande partie consiste en une accumulation de réserves au sein de la gonade elle-même (Lawrence *et al.*, 1965; Gonor, 1973), même si l'épithélium digestif peut également être un site d'accumulation de réserves (Lawrence *et al.*, 1966). Sauf, peut-être, en ce qui concerne les qualités organoleptiques du produit commercialisé — ce qui reste à prouver d'ailleurs — il nous paraît *a priori* peu important que les gonades soient commercialisées avant l'achèvement de la maturité des produits sexuels eux-mêmes. Peut-être même est-ce préférable, principalement lorsque l'on envisage la conservation du produit, car le caractère fluent des gonades mûres est très défavorable à la mise en conserve. D'ailleurs, c'est pour cette dernière raison que O'Connor *et al.* (1978) écartent de la liste des espèces

dont l'exploitation peut être envisagée celles dont la reproduction paraît être continue.

Nous pensons également que les espèces — ou les populations d'une espèce donnée — dont le cycle sexuel ne comporte qu'une phase unique et brève de reproduction par an, ainsi que Fenaux (1968) et nous-même l'avons constaté pour les populations d'*Arbacia lixula* des côtes françaises de la Méditerranée, sont d'un intérêt discutable, puisqu'elles ne permettent qu'une seule « récolte » par an, ce qui est peu favorable d'un point de vue socio-économique.

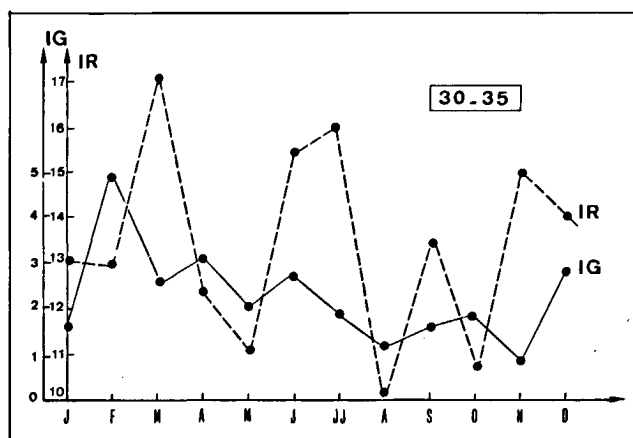
Ainsi, il nous paraît que le choix des espèces dont on peut envisager l'exploitation devrait s'orienter vers celles qui, au cours de la saison favorable, présentent plusieurs pics de reproduction, ainsi que nous l'avons montré pour les populations de *Paracentrotus lividus* du Golfe de Marseille (fig. 3) (Régis, 1978).

Il est bien connu que, d'une manière générale, la période de reproduction est plus étalée dans le temps chez les espèces vivant en eaux chaudes ou tempérées chaudes. Compte tenu de nos observations évoquées ci-dessus sur *P. lividus*, nous pensons que lorsque la fraction de l'année correspondant à la maturation des gonades et à l'émission des produits sexuels présente des fluctuations secondaires des conditions hydrologiques et, partant, des populations phytoplanctoniques utilisées comme nourriture par les larves, on peut s'attendre à plusieurs poussées successives de l'indice gonadique et donc à un certain allongement de la période favorable à l'exploitation.

Taille des individus à la récolte

Étant donné qu'un très faible taux annuel de croissance paraît être une des caractéristiques majeures de la biologie des échinoïdes réguliers et que les gonades seules sont commercialisées, il est indispensable de s'intéresser d'abord aux espèces dont les gonades mûres — ou

Figure 3
Évolution des indices gonadique (IG) et de réplétion (IR) moyens mensuels de *P. lividus* à l'île de Pomègues pour la classe de taille 30-35 mm.
Monthly changes in average value of gonad index (IG) and repletion index (IR) for the size-class 30-35 mm in the *P. lividus* population at the Ile de Pomègues station.



presque mûres — occupent un volume important du test. En outre, il faudrait disposer, pour chaque espèce dont on envisage l'exploitation, d'une courbe exprimant le poids moyen des gonades en fonction d'un paramètre concernant l'animal entier, c'est-à-dire, en fait, une certaine expression de l'indice gonadique, dont nous avons souligné (Régis, 1978) qu'il existe à peu près autant de formules que d'auteurs s'étant intéressé au problème.

Au plan pratique, il nous semble que cet indice doit être aussi aisé que possible à évaluer par du personnel peu qualifié. Ce n'est certainement pas le cas du « gonad index » de O'Connor *et al.* (1978) basé sur le rapport volume des gonades/volume total du test, car des poids ou des diamètres sont plus faciles à mesurer que des volumes. D'autre part, le poids total de l'oursin est une donnée imprécise comme nous l'avons déjà souligné.

Ainsi, les paramètres les plus aisés à mesurer nous paraissent être, pour les gonades, le poids frais, et, pour l'individu entier, le diamètre à l'ambitus, c'est-à-dire le diamètre maximal du test, ce qui nous conduit à proposer un indice nouveau qu'on pourrait appeler indice de rentabilité (R) ainsi défini

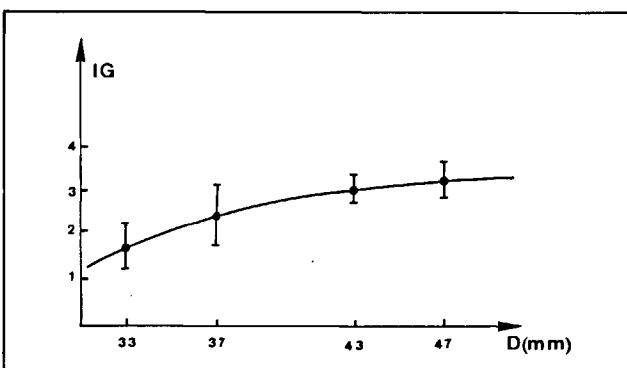
$$R = \frac{\text{poids frais des gonades (dg)}}{\text{diamètre à l'ambitus (mm)}} \times 100.$$

Un tel indice, aisément mesurable par un personnel non spécialisé, peut être confronté aux valeurs déduites de la courbe de variation moyenne de l'indice gonadique en fonction du diamètre du test (fig. 4), courbe qui devra être établie sur la base de données précises obtenues au cours de l'indispensable étude scientifique préliminaire. Une telle comparaison devrait permettre de choisir, pour chaque cycle de maturation de l'espèce, la gamme des tailles à récolter pour parvenir à une rentabilité optimale. En fait, l'on devra s'efforcer de procéder à la récolte en tenant compte non seulement de la valeur de l'indice R, mais aussi des conséquences de la compétition intraspécifique, au plan trophique, à l'intérieur de la population parquée, population qu'on cherchera évidemment à maintenir aussi dense que possible pour rentabiliser au maximum les surfaces de parcentage compte tenu de la quantité des ressources trophiques globales.

Figure 4

Valeurs moyennes de l'indice gonadique (IG) en fonction du diamètre du test (mm) chez *P. lividus* (île de Pomègues).

Comparison of average values of gonad index (IG) with the test diameter (mm) in the Ile de Pomègues population.



D'une manière générale, il paraît assez probable que, en raison de l'extrême lenteur de la croissance post-pubérale, on aura avantage, pour la plupart des espèces, à faire la récolte au cours de la première année de reproduction. Pour autant que R atteigne une valeur acceptable, compte tenu du prix de revient du traitement.

Approvisionnement en juvéniles pour le parcentage

Compte tenu de la durée de la phase larvaire planctonique, il est irréaliste d'approvisionner une aire de parcentage en juvéniles par le moyen d'une éclosure. Les zones qui seront choisies pour le parcentage étant évidemment celles où l'espèce prospère en dehors de toute intervention de l'homme, bénéficieront d'un certain recrutement naturel. Néanmoins, les difficultés que nous avons éprouvées, pour les deux espèces dont nous avons étudié la croissance (*Paracentrotus lividus* et *Arbacia lixula*), à nous procurer de très jeunes individus (diamètre inférieur à 10 mm) dans les stations où nous faisons nos prélèvements, suggèrent fortement que ces très jeunes individus auraient un habitat différent de celui des préadultes et adultes. Dans le cas de *Paracentrotus lividus*, en particulier, l'idée nous est venue que les juvéniles pouvaient se trouver à une certaine profondeur, et, de fait, nous avons pu en obtenir qui avaient été récoltés par hasard dans le microhabitat lamellaire que constituent les écailles laissées sur les rhizomes de la phanérogame *Posidonia oceanica* par la chute des feuilles âgées.

Une fois élucidé le biotope propre aux très jeunes individus (moins de 10 mm) quand il n'est pas déjà connu, il est possible de concevoir, comme on le fait pour le naissain d'huîtres ou de moules, des collecteurs. Les observations que nous avons faites sur des concentrations de postjuvéniles, toujours étroitement entassés les uns contre les autres dans des fissures ou sous des galets, suggèrent un comportement grégaire très marqué dont devrait s'inspirer la conception des collecteurs. Nous pensons que des collecteurs micro-alvéolaires (dimension des alvéoles de l'ordre de 5 mm) constitués de deux plaques juxtaposées, séparées par un écart de 2 mm, pourraient représenter un exemple de prototype à expérimenter. Bien entendu, il conviendrait que le matériau servant à la fabrication de ces collecteurs fût, d'une part, suffisamment résistant à l'eau de mer, et d'autre part, que sa nature chimique fût compatible avec l'installation d'une flore abondante d'algues benthiques unicellulaires.

CONCLUSIONS

Il nous semble que, pour les oursins à gonades comestibles, une certaine forme d'élevage peu sophistiquée, c'est-à-dire ne mettant en jeu que des investissements minimes et une technicité peu évoluée, peut être rentable vu la valeur commerciale élevée du produit, pour autant que l'espèce et le site de l'opération seront choisis sur la base d'une étude scientifique préliminaire suffisamment approfondie.

Néanmoins, nous considérons aussi que la production de petites quantités d'échinoïdes réguliers peut fournir un

profit accessoire de certaines opérations d'aquaculture portant sur des poissons ou des crustacés. A ce propos, on sait que le principe des opérations d'aquaculture intégrée tel qu'il a été développé, par exemple, par Tenore *et al.* (1974) s'applique plutôt à des élevages de type intensif et vise essentiellement deux objectifs : — d'une part, à faire récupérer par une espèce, à un échelon déterminé de la pyramide trophique, une partie de l'énergie laissée disponible par l'espèce dont la culture est envisagée en priorité à cet échelon; — d'autre part, de faire utiliser par des espèces benthiques réputées détritivores le matériel organique figuré vivant ou non vivant (organismes planctoniques, boulettes fécales, débris divers issus de tous les organismes) se déposant sur le fond. Cette seconde fonction est, en principe, dévolue à des annélides polychètes ou à des crustacés péracarides. Ainsi que l'a suggéré Pérès (1979), cette conception intégrée de l'aquaculture intensive qui consiste, en somme, à faire occuper des niches écologiques vacantes, devrait être étendue aux opérations de type semi-extensif, telles que celles qui se déroulent dans des portions de lagunes côtières ou de baies préalablement circonscrites par des filets, ou dans des bassins suffisamment vastes (0,1 ha environ avec une profondeur de l'ordre de 1,5 à 2 m). Il nous paraît que celles des espèces d'échinoïdes réguliers dont la polyphagie a été — ou sera — démontrée et qui sont souvent capables de vivre parfaitement sur des fonds non rocheux, prouvu que ceux-ci comportent une fraction grossière (gravier ou petits galets) ou soient rendus suffisamment compacts, par exemple par des rhizomes de phanérogames marines, pourraient compléter l'action des polychètes tout en fournissant une ressource commercialisable accessoire. Par exemple, *Paracentrotus lividus* capable d'utiliser efficacement, comme nous l'avons dit plus haut, le matériel dissous, le matériel organique particulaire (cellules phytoplanctoniques) tombant sur le fond, les diatomées benthiques, les débris ou cadavres d'autres espèces animales, nous paraît parfaitement apte à jouer un tel rôle.

RÉFÉRENCES

- Allain J. Y., 1978. Age et croissance de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) et de *Psammechinus miliaris* (Gmelin) des Côtes Nord de Bretagne (Échinoïde), *Cah. Biol. mar.*, **19**, 11-21.
- AyLing A. L., 1978. The relation of food availability and food preferences to the field diet of an Echinoid *Evechinus chloroticus* (Valenciennes), *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **33**, 223-235.
- Booolootian R. A., Giese A. C., Tucker J. S., Farmanfarmaian A., 1959. A contribution to the biology of a deep sea echinoid *Allocentrotus fragilis* (Jackson). *Biol. Bull. Woods Hole, Mass.*, **116**, 362-372.
- Brylinsky M., 1971. Release of dissolved organic matter by marine macrophytes, *Ph. D. Thesis*, Univ. Georgia, 90 p.
- Dix T. G., 1977. Survey of Tasmanian sea urchin resources, *Tasmania Fish. Res.*, **21**, 1-14.
- Ebert T. A., 1968. Growth rates of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* related to food availability and spine abrasion, *Ecology*, **49**, 1075-1091.
- Ebert T. A., 1977. An experimental analysis of sea urchin dynamics and community interactions on a rock jetty, *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **27**, 1-22.
- Fenaux L., 1968. Maturation des gonades et cycle saisonnier des larves chez *A. lixula*, *P. lividus* et *P. microtuberculatus* (Échinoïdes) à Villefranche-sur-mer, *Vie Milieu*, ser. A, **29**, 1-52.
- Fuji A., 1967. Ecological studies on the growth and food consumption of Japanese common littoral sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz), *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **15**, 83-160.
- Giese A. C., 1961. Further studies on *Allocentrotus fragilis*, a deep-sea echinoid, *Biol. Bull. Woods Hole Mass.*, **121**, 141-150.
- Gonor J. J., 1973. Reproductive cycles in Oegon populations of the echinoid, *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson). I. Annual gonad growth and ovarian gametogenic cycles, *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **12**, 45-64.
- Greenway M., 1976. The grazing of *Thalassia testudinum* in Kingston Harbour, Jamaica, *Aquat. Bot.*, (Special issue), **2**, 117-126.
- Jensen M., 1969. Age determination of echinoids, *Sarsia*, **37**, 41-44.
- Karlson R., 1978. Predation and space utilization patterns in a marine epifaunal community, *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **31**, 225-239.
- Kawamura K., 1966. On the age determining character and growth of a sea urchin, *Strongylocentrotus nudus*, *Repr. Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. St.*, **6**, 6 p.
- Lang C., Mann K. H., 1976. Changes in sea urchin populations after the destruction of Kelp Beds, *Mar. Biol.*, **36**, 321-326.
- Lawrence J. M., Lawrence A. L., Holland M. O., 1965. Annual cycle in the size of the gut of the purple sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson), *Nature*, **205**, 4977, 1338-1339.
- Lawrence J. M., Lawrence A. L., Giese A. C., 1966. Role of the gut as a nutrient-storage organ in the purple sea urchin (*Strongylocentrotus purpuratus*), *Physiol. Zool.*, **39**, 281-290.
- Moore H. B., 1934. A comparison of the biology of *Echinus esculentus* in different habitats. Part. I, *J. mar. biol. Assoc., U.K.*, **19**, 869-885.
- Moore H. B., 1935. A comparison of the biology of *Echinus esculentus* in different habitats. Part. II, *J. mar. biol. Assoc., U.K.*, **20**, 109-128.
- Nagai Y., Kaneko K., 1975. Culture Experiments of the sea urchin *Strongylocentrotus pulcherrimus* fed an artificial diet, *Mar. Biol.*, **29**, 105-108.
- O'Connor C., Riley G., Lefebvre S., Bloom D., 1978. Environmental influences on histological changes in the reproductive cycle of four New South Wales sea urchins, *Aquaculture*, **15**, 1-17.
- Pellegrini M., 1971. Contribution à l'étude biochimique des phanérogames marines. Répartition et évolution de l'azote total chez *Posidonia oceanica* Delile, *Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille*, **31**, 197-203.
- Penchaszadeh P., 1974. Ecología del mejillón, *Mytilus platensis* d'Orb, de bancos circalitorales, *Thesis doctoral*, Univ. Buenos-Aires.
- Penhale P. A., Smith W. O., 1977. Excretion of dissolved organic carbon by eelgrass (*Zostera marina*) and its epiphytes, *Limnol. Oceanogr.*, **22**, 400-407.
- 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**, 5034, 397-399.
- Pequignat E., Pujol J. P., 1968. Absorption cutanée de 3 H-Proline à très faible concentration et son incorporation dans le collagène chez *Psammechinus miliaris*, *Bull. Soc. Linn Normandie*, **10**, 209-219.
- 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**, 28-41.
- Pérès J. M., 1979. Contrôle de la production marine dans le cadre d'Écotron, Act. Coll. CNEXO (octobre 1978) (sous presse).
- Régis M. B., 1977. Organisation microstructurale du stéréome de l'Échinoïde *Paracentrotus lividus* (Lmk) et ses éventuelles incidences physiologiques, *C.R. Acad. Sc. Paris*, **285**, 189-192.
- Régis M. B., 1978. Croissance de deux Échinoïdes 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, *th. Doct. Sc.*, Univ. Aix-Marseille III, 221 p.
- Régis M. B., 1979. Incidences de certaines particularités microstructurales du squelette (sutures et radioles) sur l'écologie et l'éthologie de *Paracentrotus lividus* (Lmk) et *Arbacia lixula* L. (Echinoïde), *Mar. Biol.* (sous presse).
- Swann E. E., 1961. Some observations on the growth rate of sea urchins in the genus *Strongylocentrotus*, *Biol. Bull.*, **120**, 3, 420-427.
- Sumich J. L., McCuley J. E., 1973. Growth of a sea urchin, *Allocentrotus fragilis*, off the Oregon Coast, *Pacific Sci. Hawaii*, **27**, 156-167.
- Tenore K. R., Browne M. G., Chesney E. S., 1974. Polyspecies aquaculture systems: the detrital trophic level, *J. Mar. Res.*, **32**, 425-432.
- Vadas R. L., 1977. Preferential feeding: an optimization strategy in sea urchins, *Ecolog. Monogr.*, **47**, 337-371.



Centre National pour l'Exploitation des Océans

Publications scientifiques et techniques

Pour les besoins de la communauté océanographique, le CNEXO publie différents types de documents classés dans les séries suivantes :

Rapports scientifiques et techniques

- *Pollution chimique des estuaires. La salmoniculture en Norvège.*
- *Le manganèse des fonds océaniques. Rapport du Groupe de Travail « Estuaires-Deltas ».*
- *Corrosion marine, Bibliographie. Production de juvéniles de bar, de sole et de turbot.*

Rapports économiques et juridiques

- *Compétences communautaires en matière de protection de l'environnement marin.*
- *Organisations de producteurs des pêches maritimes en France et droit communautaire.*
- *Les États-Unis et le Droit de la Mer.*
- *Les frontières maritimes en droit international.*
- *Ressources halieutiques et droit international.*

Recueil des travaux du Centre Océanologique de Bretagne

6 tomes, 1972-1978.

Résultats de campagnes à la mer

- *NORATLANTE, CINECA, MEDIPROD, BIOGAS, MEDOC, GUIDOME, CYAGOR, NEADS.*

Actes de colloques

- *Colloque sur la mariculture. Les satellites et l'océanologie.*
- *Colloque national ECOTRON.*
- *Le thon rouge en Méditerranée. Les côtes atlantiques de l'Europe.*

Divers

- *Structures en béton à la mer. Mécanique des sols en mer profonde. Grands codes de calcul.*
- *La Recherche Océanologique Française : Répertoire des Laboratoires et des Chercheurs.*

Pour toute demande de catalogue,
liste complète des titres et prix,
s'adresser à :

Section Documentation
Centre Océanologique de Bretagne
Boîte Postale 337, 29273 Brest Cedex
Tél. : 45.80.55, Telex : 940.627