

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

INSTITUT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AMÉNAGEMENT DU LITTORAL
I.S.M.A.L

Mémoire

Pour L'obtention du Diplôme
D'Ingénieur d'Etat en Sciences de La Mer

Thème :

**Evaluation du stock et dynamique de l'oursin
comestible *Paracentrotus lividus* (LAMARCK)
dans la presqu'île de Sidi-Fredj :
conditionnement et qualité microbiologique**

Présenté par : ASSEFSAF Assla
&
LEBNA DJEMMAZI Lila

Soutenu le Février 1996 Devant le jury composé de :

SEMROUD R.	- Maître de conférence (I.S.M.A.L.).....	Président
CHALABI A.	- Chargé de cours (U.S.T.H.B.).....	Rapporteur
MERABTINE H.	- Chargé de cours (I.S.M.A.L.).....	Rapporteur
OUABADI T.	- Chargé de cours (I.S.M.A.L.).....	Examineur
BAKALEM A.	- Chargé de Cours (I.S.M.A.L.).....	Examineur

Sommaire

Introduction.....	1
1. Matériel et méthodes.....	3
1.1. Généralités.....	3
1.1.1. La production mondiale.....	3
1.1.2. Les oursins en Méditerranée.....	4
1.1.3. La pêche et le conditionnement des oursins.....	6
1.1.4. Le marché et la qualité des oursins.....	11
1.1.4.1. Aspect dynamique.....	11
1.1.4.2. Composition biochimique.....	12
1.1.4.3. La maladie de l'oursin.....	12
1.1.4.4. Le contrôle bactériologique.....	13
1.1.4.4.1. Définition des germes tests de contamination fécale.....	14
1.1.4.4.2. Définition des germes pathogènes.....	15
1.2. Matériel.....	15
1.2.1. Diagnose.....	15
1.2.2. Ecologie et biologie de <i>Paracentrotus lividus</i>	16
1.2.2.1. Répartition géographique.....	16
1.2.2.2. Reproduction.....	18
1.2.3. Plan d'échantillonnage.....	19
1.2.3.1. Choix des stations.....	19
1.2.3.2. Stratégie d'échantillonnage.....	19
1.2.3.3. Prélèvements.....	22
1.2.4. Traitement et mesures.....	22
1.3. Méthodes.....	24
1.3.1. Les indices physiologiques.....	24
1.3.1.1. Indice gonadique.....	24
1.3.1.2. Indice de réplétion.....	27
1.3.1.3. Indice de rentabilité.....	27

1.3.2. Etude biodynamique.....	27
1.3.2.1. Structure démographique.....	27
1.3.2.1.1. Identification des sous populations.....	28
1.3.2.1.2. Etude de la croissance.....	29
1.3.2.1.3. Mortalité.....	30
1.3.2.2. Densité.....	31
1.3.3. Le conditionnement.....	32
1.3.3.1. Conditionnement par la glace.....	32
1.3.3.2. Conditionnement par copeaux de bois.....	33
1.3.3.3. Conditionnement par copeaux de bois et additionnés de glace.....	33
1.3.3.4. La conserve.....	33
1.3.3.5. La stabulation en circuit fermé.....	33
1.3.4. L'analyse bactériologique.....	34
1.3.4.1. Protocole expérimental.....	36
1.3.4.2. Expression des résultats.....	37
1.3.4.3. Evaluation et traitement des données.....	37
2. Résultats et interprétations.....	40
2.1. Détermination de la dimension totale de l'échantillon.....	40
2.2. Indices gonadiques.....	40
2.3. Indices physiologiques.....	42
2.3.1. Variations mensuelles des IG et IR.....	42
2.3.2. Relation entre la période de ponte et les phases lunaires.....	44
2.3.3. Evolution bimensuelle des indices gonadiques moyens (IGm) en fonction du diamètre du test sans les radioles (DS).....	44
2.3.4. Indice de rentabilité (R%).....	47
2.4. Dynamique des populations.....	49
2.4.1. Structure des populations.....	49
2.4.2. Croissance.....	56
2.4.2.1. Clé âge-longueur.....	56
2.4.2.1.1. Méthode de PETERSEN (1892)	56
2.4.2.1.2. Méthode de BHATTACHARYA (1967)	59

2.4.2.2. Modélisation.....	61
2.4.2.2.1. Modélisation avec détermination de l'âge.....	61
2.4.2.2.2. Modélisation sans détermination de l'âge.....	61
2.4.3. La mortalité.....	63
2.4.4. Densité.....	63
2.5. Résultats microbiologiques.....	66
2.5.1. Evaluation de la qualité microbiologique de l'eau de mer.....	66
2.5.2. Evaluation de la qualité microbiologique de l'oursin comestible	69
2.5.3. Evaluation de la contamination bactérienne de l'oursin <i>P. lividus</i> préconditionné.....	71
2.5.4. L'épuration en aquarium à circuit fermé.....	75
2.5.5. L'appertisation.....	76
3. Discussion générale et conclusion.....	77
4. Conclusion générale.....	96
Bibliographie.....	99
Annexes.....	105

INTRODUCTION

Introduction

L'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck) est une espèce très commune en Méditerranée occidentale. Depuis quelques années, sa consommation s'est largement répandue, non seulement à l'état frais mais également sous forme de conserve .

La baisse relative de cette ressource, et la demande mondiale grandissante, a induit des efforts permanents par les professionnels de la pêche pour se procurer la matière première. Si la pêche des oursins, et les problèmes qui y sont liés, sont assez bien connus dans certains pays riverains de la Méditerranée, il n'en est pas de même pour l'Algérie. La consommation des oursins est assez limitée, il n'y a aucune législation particulière, et aucun problème de sur-pêche.

L'exploitation en Algérie n'a pas de commune mesure avec celles des pays grands consommateurs, cependant la disponibilité d'un stock relativement vierge, constitue un intérêt économique certain.

Le devenir de l'exploitation commerciale de la ressource Algérienne dépendra, dans une large mesure, de l'importance relative des germes contaminants dans les zones de récoltes, de la qualité, et des possibilités de pré-conditionnement en vue d'un stockage et d'un éventuel transport .

Le choix de la presqu'île de Sidi Fredj comme zone d'étude, outre son intérêt pratique, grâce à sa proximité de l'ISMAL, l'abondance de *P. lividus*, permet une meilleure compréhension de la dynamique de cette espèce .

La démarche de la présente étude peut être décomposée en 5 étapes .

- l'estimation de la qualité de la ressource à partir :
 - des variations de l'indice gonadique (IG) en fonction du cycle lunaire et du diamètre du test sans
 - les piquants (DS),
 - des variations de l'indice de rentabilité (R%), afin de déterminer la taille optimale de récolte.
- l'établissement d'un modèle descriptif de l'évolution mensuelle de l'indice gonadique (IG) à partir de transformations normalisantes

Ces variations ont été étudiées sur une période de Mai à Septembre. Les travaux de SEMROUD et KADA (1987), et SEMROUD (1992), indiquent de façon concordantes que pendant cette période, il y a un pic de l'indice gonadique (IG) suivie d'une ponte.

Une meilleure connaissance des causes de la variabilité de l'indice gonadique (IG) permettrait d'organiser la récolte, en vue d'une qualité meilleure et plus homogène du produit .

- l'étude de la structure démographique et de la croissance de *P. lividus*, par les méthodes statistiques (analyse de distribution de fréquence de taille, BATHACHARRIA, 1967 ET PETERSEN, 1892) en dépit des limites de l'échantillonnage, les diamètres inférieurs à 40 mm ont été délibérément délaissés en raison de la définition de la taille marchande (REGIS, 1979; LE DIREAC'H, 1987).
- l'estimation d'un pourcentage exploitable de la ressource dans la zone d'étude .
- et les possibilités de valorisation de l'oursin comestible par des essais de pré-conditionnement, et une évaluation de sa qualité microbiologique .

Les résultats obtenus seront ensuite discutés, afin de déterminer d'éventuelle complémentarité des approches retenus .

MATERIEL

&

METHODES

1. Matériel et méthodes

1.1. Généralités

1.1.1. La production mondiale

La quasi-totalité des oursins commercialisés proviennent des stocks naturels, l'échinculture 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 *in* GUETTAF et al, 1995). A titre indicatif, le marché annuel mondial est approximativement de 60000 tonnes (GUETTAF et al., 1995). La demande qui est en constante progression entraîne d'importants mouvements commerciaux entre les zones géographiquement productrices et les pays consommateurs, notamment le Japon. Les statistiques de pêche de la FA.O. (1968) classe les pays producteurs dans un ordre d'importance décroissante de production (tabl. 1).

Tableau 1: Pays producteurs d'oursins; production en tonnes (t) (FA.O., 1968).

Pays producteurs	Production en tonnes (t)
Japon	27000
Chili	3700
Corée	600
Formose	300

Ces dernières années, les positions ont changé et si le Japon reste en tête, il est certain que la raréfaction des oursins sur ses côtes a obligé les industriels à en rechercher en Australie et en Nouvelle Zélande. Les valeurs de productions annuelles par pays pour ces dernières années, sont mentionnées dans le tableau ci-dessous (FA.O., 1993).

Tableau 2: Production mondiale d'oursins de 1986 à 1993 d'après les annuaires statistiques des pêches de la FA.O.(1993) (en tonnes métriques).

Années / Pays	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Japon	23072	22760	21812	20414	19398	14136	13889	13713
Chili	25408	24574	22953	25527	15648	21382	29197	31300
U.S.A.	----	653	2822	4326	6027	9336	12039	19237
U.R.S.S.	6328	6030	4735	4770	6065	----	----	----
Canada	----	47	63	29	109	290	575	1002
France	638	213	248	285	301	218	401	259
Corée	239	252	2	100	100	100	100	100
Chine	225	194	30	30	30	30	50	100
Autres pays Asiatiques	3	4	12	37	134	123	65	31
Σ	55913	54727	56518	55518	47812	45615	56316	65742

1.1.2. Les oursins en Méditerranée

Si la pêche des oursins et les problèmes ou les particularités qui y sont liées, sont assez bien connus en France, il n'en est pas de même pour les autres pays riverains de la Méditerranée. En fait, les quantités pêchées sont beaucoup trop faibles pour que la pêche s'opère d'une manière réellement professionnelle. Cependant, le département des pêches de Washington, dans un rapport technique sur la biologie des pêches des oursins dans le monde, fournit une liste des genres d'importance commerciale dans la Méditerranée (tabl. 3) (GREEN-MOTTET 1976, in LE DIREAC'H, 1987).

Tableau 3: Genres d'oursins d'importance commerciale en Méditerranée (d'après GREEN-MOTTET, 1976)

Ordre	Famille	Genre	Localisation
Arbacia	Arbaciidae	<i>Arbacia</i>	Eu. - W. Afr. - Médit
Temnopleuroida	Toxopneustidae	<i>Sphaerechinus</i>	Eu.-Atl. - Médit
Echinoïda	Echinidae	<i>Echinus</i>	Eu.-Atl. - Médit
		<i>Paracentrotus</i>	N.Atl. - E.Atl.-Médit
		<i>Psammechinus</i>	N.Atl. - Médit

Sur les côtes méditerranéennes, cinq espèces d'oursins ont fait et/ou font encore l'objet de capture dans un but de commercialisation.

Arbacia lixula: cet oursin des mers relativement chaudes, appelé communément " oursin juif" par les pêcheurs algériens est extrêmement abondant sur le littoral de toute la baie de Bou-Ismaïl. Il est relativement rare sur la côte méditerranéenne française. Il est très facile à reconnaître, d'abord à cause de sa teinte noir uniforme, sans reflet, et aussi à cause de son périprocte ovulaire, recouvert de 4 grandes plaques triangulaires. L'oursin noir, est recherché pour son aspect décoratif puisque d'après ALLAIN (1972) on en fait "des lampes de bureau". Cette espèce n'est pas consommée, elle l'est occasionnellement en Yougoslavie (LE DIREAC'H *et al.*, 1987).

Echinus Acutus: oursin de grande taille, est commun dans les zones vaseuses. Les chalutiers en ramassent dans leurs filets à chaque calée. Il est surtout abondant vers 50 -70 m de profondeur. Il est très répandu dans toute la Méditerranée. La coloration des piquants est fondamentalement rouge, lavée de jaune ou de vert pâle.

Echinus Melo: il est beaucoup plus rarement rapporté que le précédent, car il se trouve sur les fonds rocheux évités par le chalutier. Il a également une belle taille et existe aussi dans la baie de Bou-Ismaïl. La couleur verte de ses piquants permet de ne pas le confondre avec l'espèce *E. Acutus*. Les piquants primaires d'*Echinus Melo* sont disposés très régulièrement, de plus, les secondaires étant plus abondants que ceux d'*Echinus Acutus*, ainsi que les pédicellaires, le test paraît être plus garni.

Psammechinus Microtuberculatus: cet oursin, de taille relativement petite, n'est qu'occasionnellement consommé et ne fait pas l'objet d'une pêche spécifique. Les naturalistes l'ont souvent confondu avec les jeunes individus d'autres espèces. Elle est assez commune dans la baie de Bou-Ismaïl (DIEUZEIDE, 1935). Leur revêtement de piquants est très dense et la couleur est assez pâle.

Sphaerechinus Granularis: les pêcheurs algériens le considèrent comme l'oursin femelle, et le connaissent sous le nom d'"oursine". Il se rencontre rarement dans la zone très côtière. Les piquants sont à pointe mousse; leur couleur, très belle, est très variable selon les individus: blancs, violets, ou même couleur chaudron, feuille morte, bronze florentin. Il est très peu consommé; d'après ALLAIN (1971), son goût est peu agréable et présenterait même une certaine toxicité. Il n'est pas de même en Grèce où cette espèce est régulièrement consommée (LE DIREAC'H *et al.*, 1987), et en Yougoslavie où on la préfère même au *Paracentrotus lividus*.

Paracentrotus lividus: c'est l'espèce exploitée par excellence sur tout le pourtour méditerranéen. En Yougoslavie, en Algérie et au Maroc, cet oursin est principalement consommé par les touristes et les autochtones du littoral. C'est également le cas en Tunisie où il est aussi apprécié dans les classes les plus aisées de la population. Par contre en Turquie et en Espagne, ce sont plutôt les populations locales du bord de mer qui l'apprécient. Les exigences écologiques de l'oursin violet en font une espèce à très large répartition sur les côtes méditerranéennes, il descend aussi jusqu'à une vingtaine de mètres de profondeur. Sa couleur est variable avec des animaux souvent violets, mais aussi vert foncé, brun ou encore rose-crème. A ces différentes teintes sont souvent associées des appellations commerciales différentes et des prix différents.

Les populations littorales méditerranéennes sont consommatrices d'oursins depuis la plus lointaine Antiquité. La richesse de ce littoral en oursin d'excellente qualité, a permis aux pays méditerranéens de l'exploiter sans que la pêche soit purement professionnelle, à l'exception de la

France qui apparaît dans les annuaires statistiques de pêche de la F.A.O. Cependant, la pêche des oursins dans les pays méditerranéens se présente sous trois niveaux d'exploitation bien différents (LE DIREAC'H *et al.*, 1987).

En France la consommation des oursins et leur exploitation professionnelle est importante. Les techniques de pêches sont développées et de ce fait la pêche est réglementée. Les stocks d'oursins s'épuisent et on en importe de plus en plus.

En Italie et en Espagne, la consommation des oursins n'est pas négligeable. Les techniques de pêches sont spécifiques aux oursins; mais la pêche est très peu contrôlée. Dans ces pays le problème de surpêche ne se pose pas et une partie même est exportée vers la France.

Au Maroc, en Algérie, Tunisie, Turquie, Grèce et en Yougoslavie l'exploitation est faible. La consommation des oursins est surtout touristique, parfois traditionnelle, mais toujours très locale. Il n'existe aucune législation particulière, et aucun problème de surpêche.

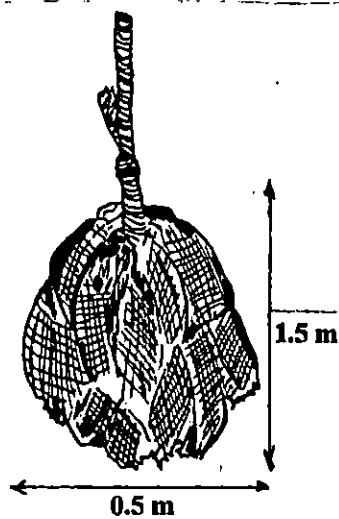
1.1.3. La pêche et le conditionnement des oursins

Aujourd'hui, en Méditerranée, il ne subsiste plus que cinq méthodes de pêche autorisées. La pêche à pied et en plongée libre est répandue dans tout les pays. Dans le bassin Sud, elle est pratiquée par des plaisanciers et par les autochtones du littoral.

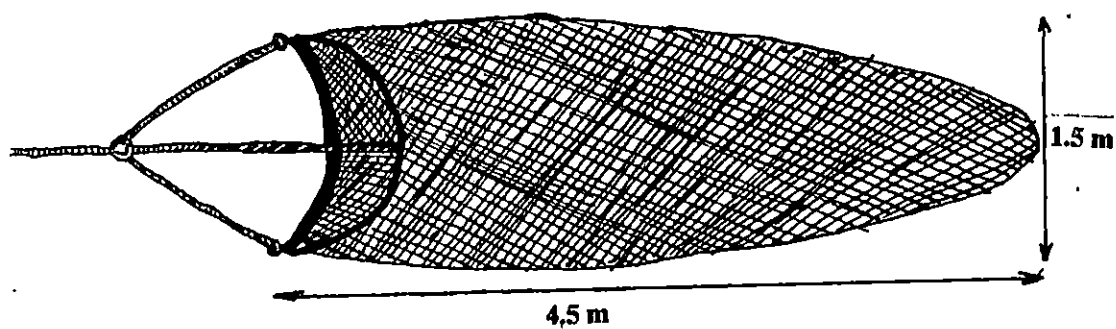
La pêche à la radasse (fig. 1a) consiste à traîner un amas de vieux filets usés et à recueillir les oursins qui s'y accrochent. On pêche encore à la radasse notamment en Italie, en Espagne, et en France, dans le quartier maritime de Marseille.

Le gangui (fig.1b) est une triangle de fer arrondi terminé par un anneau à chacune de ses extrémités, sur lesquelles est fixé un filet. Le gangui à oursin est encore pratiqué en France, mais il demeure formellement prohibé sur les bateaux à propulsion mécanique et plus particulièrement à proximité des herbiers à Posidonies.

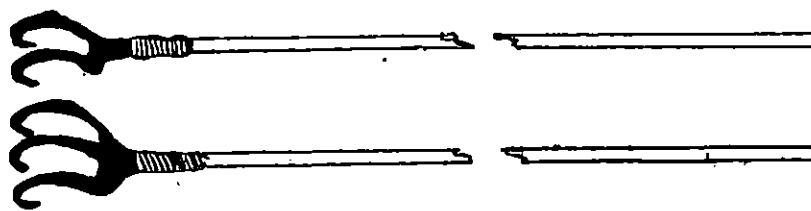
La grappe (fig.1c), à été décrite par ALLAIN (1971) comme une sorte de râteau à dents recourbées fixé à une pièce de bois longue de 3 à 4 m. La forme de la pelle a été modifiée et ressemble actuellement à une petite fourche avec deux ou trois dents longues et recourbées. Son principal intérêt réside dans le fait que les oursins ainsi capturés sont en parfait état, ce qui rend leur présentation meilleure.



a : La radasse montée sur une corde.



b : Le gangui à oursins



c : La grappe telle qu'elle se présente actuellement .

Figure 1a,b,c: Les engins de pêches (d'après GOURRET 1894 in LE DIREAC'H, 1987).

Enfin la plongée en scaphandre autonome n'est autorisée que localement en France pour les pêcheurs professionnels. Un des avantages de cette méthode est que les petits individus ne sont pas récoltés ou détruits (ALLAIN, 1971).

A des fins d'exploitation, le choix de l'espèce nécessite l'étude d'un certain nombre de facteurs. O'CONNOR *et al.* (1978 in REGIS, 1980) 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. Ils ont utilisé comme indice gonadique (IG) le rapport entre le volume des gonades et celui de l'animal, exprimé en pourcentage, et ils ont mesuré cet indice sur un cycle annuel pour chaque espèce. Les pourcentages en poids ou en volume, de l'ordre de 15 à 20 %, par rapport à l'animal entier, ont été retenus pour l'exploitation des oursins (REGIS, 1980). L'état de maturité proprement dit ne semble pas être un élément d'importance majeure au plan de l'exploitation. La croissance de l'indice gonadique quelle que soit la formule choisie pour l'exprimer est en général un processus lent et dont la plus grande partie consiste en une accumulation de réserves au sein de la gonade elle-même, sauf peut-être en ce qui concerne les qualités organoleptiques du produit commercialisé (ce qui reste à prouver). Il est peu important que les gonades soient commercialisées avant l'achèvement de la maturité des produits sexuels, peut-être même est-ce préférable, principalement lorsque l'on envisage la conservation du produit, car le caractère fluent des gonades mûres est défavorable à la mise en conserve. C'est pour cette raison que O'CONNOR *et al.* (1978 in REGIS, 1980), écartent de la liste des espèces dont l'exploitation peut-être envisagée celles dont la reproduction paraît être continue. Ainsi, il apparaît 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, et donc un allongement de la période favorable à l'exploitation (REGIS, 1978).

Etant donné que seules les gonades sont commercialisées, il est indispensable de s'intéresser d'abord aux espèces dont les gonades mûres ou presque mûres occupent un volume important du test. Ainsi, d'après REGIS (1980), les paramètres les plus aisés à mesurer sont 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 a conduit à proposer un indice nouveau appelé 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, peut être confronté aux valeurs déduites de la courbe de variation moyenne de l'indice gonadique en fonction du diamètre du test. Une telle comparaison devrait permettre de choisir, pour chaque cycle de maturité de l'espèce, la gamme de taille à récolter pour parvenir à une rentabilité optimale.

Le conditionnement des produits de la mer a connu un développement remarquable. En plus des méthodes classiques de conservation, les techniques actuelles ont permis au marché moderne de la transformation de se diversifier, assurant ainsi de nouvelles fonctions liées à la nature et à la qualité des stocks pêchés. Il devient indispensable d'assimiler harmonieusement les process classiques aux techniques les plus modernes et ce, dans une double optique: élargissement des connaissances et adaptabilité aux conditions locales, sans toutefois, céder aux phénomènes de mode.

L'état de fraîcheur des produits destinés à la consommation est en relation étroite avec la température de transport et de stockage. De ce fait l'influence de la température se fait sentir jusqu'à la vente au détail. L'expérience quotidienne a démontré depuis longtemps que la conservation pendant le transport est subordonnée aux conditions de réfrigération, d'où l'utilisation de beaucoup de glace dans les caisses à destination lointaine. Les emballages isolants qui épargnent les pertes de frigories peuvent, éventuellement, prolonger d'une trentaine d'heures au maximum la durée pendant laquelle le poisson est consommable (SOUDAN et *al.*, 1965). Les différences constaté dans la capacité de réfrigération proviennent du rapport produit pêché / glace et de la manière d'arrimer la cargaison. En effet, le volume de glace doit être au moins le $\frac{1}{4}$ de celui du produit pêché et de $\frac{3}{4}$ si la réfrigération doit être instantanée (SOUDAN et *al.*, 1965). La réfrigération est plus rapide lorsque la glace est mélangée intimement, en quantité suffisante et de telle manière que l'eau de fusion ruisselle sur toute la surface pour assurer les échanges thermiques. Certaines études anciennes auraient laissées croire que la vitesse de refroidissement par la glace dépendait de la température de l'air ambiant, mais ce n'est pas exact si la réserve de glace est importante. Une certaine économie de glace peut être réalisée en augmentant l'isolement thermique de la caisse d'emballage, par un paillon ou un coussin de fibre de bois par exemple. D'une manière générale les auteurs insistent sur la nécessité d'un emballage étanche pour obtenir une conservation suffisante, et l'industrie tend à se rallier à leur point de vue malgré l'augmentation du prix de revient qui en résulte (SOUDAN et *al.*, 1965).

Le développement du marché des oursins a incité des expériences d'élevage ou de préconditionnement à l'échelle du laboratoire, consacrées à un certain nombre d'espèces d'Echinodermes. REGIS (1980) a mis au point, pour l'étude de la croissance des oursins, un circuit fermé comportant un seul bac d'élevage parfaitement clos et une pompe assurant la filtration et l'aération de l'eau de mer. Les caractéristiques de l'eau de mer ont été conservées par l'installation d'un système de réfrigération et une fermeture hermétique du bac minimisant ainsi l'évaporation. En revanche, il paraît inconcevable d'envisager une véritable aquaculture intensive d'oursins réguliers pour la consommation humaine, par le fait que la lenteur extrême de la croissance s'oppose à toute opération de type intensif, à l'exception des élevages de stabulation qui permettent d'allonger la période de vente d'oursins, utilisés fréquemment en industrie agro-alimentaire (en particulier restauration et poissonnerie), et dont la qualité est toujours supérieure à celle des oursins vivants en milieu naturel (LE GALL et BUCAILLE, 1987). Il demeure que la conservation en aquarium est délicate, les conditions à respecter pour un meilleur taux de survie sont difficiles à préciser puisqu'elles doivent être à l'image de celles qui existent dans chaque habitat. Rappelons cependant qu'un abaissement de la température de l'eau accroît la quantité d'oxygène, facilitant ainsi l'auto-épuration de l'eau autant que la respiration des Echinodermes. Par ailleurs, elle réduit l'activité générale des oursins, et par la même augmente leur chances de survie (SOUDAN *et al.*, 1965).

Pour les mollusques, la purification des coquillages consiste à placer les produits en bassins au contact de l'eau de mer purifiée. Le phénomène de concentration des micro-organismes dû à l'activité de filtration des coquillages étant réversible, les mollusques se débarrassent de la charge microbienne qu'ils contiennent. Si cette charge initiale n'est pas trop élevée et si le traitement est correctement appliqué, les produits peuvent retrouver une salubrité acceptable en 48 heures voire 75 heures (BUTTIAUX et FERNAND, 1965). Il reste à savoir si les oursins transférés dans un milieu salubre arrivent à se débarrasser des polluants qu'ils accumulent. DELMAS et REGIS (1988 *in* GARTNER, 1989) ont traité cette dernière question, mais uniquement en ce qui concerne les métaux lourds. Les résultats préliminaires de leurs analyses montrent que les oursins présentant de fortes teneurs en métaux lourds peuvent, après acclimatation dans des bassins non pollués, donner des individus de bonne qualité commerciale. De ce fait la question sur la décontamination microbienne est en principe réglée puisque celle-ci est plus rapide.

1.1.4. Le marché et la qualité des oursins

1.1.4.1. Aspects dynamiques

La taille des oursins est mondialement exprimée par le diamètre du test parfois accompagné du poids de l'animal entier. Il faut noter que pour une même espèce les tailles peuvent être très variables d'une région à l'autre, ou d'une année à l'autre. Ces variations seront illustrées par deux exemples particulièrement significatifs. Le premier concerne la côte méditerranéenne française; il porte sur *Paracentrotus lividus*; les valeurs sont de 65 mm pour la taille maximale et de 39,4 mm pour la taille moyenne (ALLAIN, 1972). Le deuxième exemple sera celui de *Paracentrotus lividus* du bassin sud de la Méditerranée. Les valeurs viennent d'Algérie et du Maroc et sont respectivement de 40 mm et 50 mm de diamètre (LE DIREAC'H *et al.*, 1987). Ces chiffres, bien que se rapportant aux côtes méditerranéennes sont très différents et montrent à quel point toutes les valeurs citées restent très relatives.

Les glandes sont dégustées fraîches, accompagnées du liquide qui les baigne avec du jus de citron, du vinaigre et du pain. En fait, la plus grosse partie de ces oursins est vendue à l'état frais. Il a été montré sur les espèces italiennes que dans de bonnes conditions de conservation à 17 °C, les caractères de fraîcheurs se conservent pendant 3 jours, ensuite commencent à apparaître des altérations irréversibles (ALLAIN, 1972). Pour pallier à ce problème, le Japon a créé une industrie de l'oursin et les conserves japonaises sont aujourd'hui disponibles sur tous les marchés. Ces conserves sont de deux types: soit conserve de gonades, soit conserve de pâté de chair préparé à partir du contenu entier de l'oursin. Depuis quelques années les japonais présentent aussi les gonades en surgelé, et ils viennent de mettre sur le marché des gonades lyophilisées. Néanmoins, ce dernier produit nécessite encore quelques améliorations, car diverses études ont montré une altération partielle de la qualité (ALLAIN, 1972).

Devant la diminution des stocks, les marchés français sont importateurs d'oursins principalement d'Irlande, mais aussi d'Espagne et de Grèce, et des conserves d'oursins du Japon (ALLAIN, 1972). Les pêcheurs méditerranéens ont tenté de profiter du marché parisien, malheureusement les oursins de Méditerranée n'ont pas les mêmes qualités que ceux d'Irlande et ils ne supportent pas le stockage et le transport (TARIN *et al.*, 1982 in LE DIREAC'H, 1987). Au Chili, deuxième producteur mondial d'oursins, ces derniers sont consommés plutôt frais et dans une moindre mesure en conserve (SAN-MARTIN, 1987).

1.1.4.2. Composition biochimique

La partie molle de *Paracentrotus lividus* occupe seulement 8,2 % à 11,1 % du poids total frais de l'animal (ZAVODNIK, 1987).

Tableau 4: Composition biochimique des gonades et des viscères (d'après ZAVODNIK, 1987).

	Eau %	cendre %	graisses %	protéine %	glycogène %
gonades	75,6	1,9	4,7	11,5	3,8
viscères	81,5	6,8	2	5,1	0,5

Les gonades mûres ont une valeur calorifique de 105 cal / 100 g de chair, tandis que les viscères présentent 41 cal / 100 g de chair uniquement. Des chercheurs yougoslaves ont montré que la valeur nutritive des gonades d'oursins est de 30% supérieure à celle de la chair de l'huître.

1.1.4.3. La maladie de l'oursin

Les oursins réguliers sont assez fréquemment atteints d'infections microbiennes dues à des bactéries, et des protozoaires: des épizooties entraînant des mortalités en masse ont été rapportées à plusieurs reprises au cours des 20 dernières années; l'une d'entre elles est la maladie dite de l'oursin chauve. Celle-ci n'est pas spécifique et affecte diverses espèces d'Echinides dont l'oursin comestible *Paracentrotus lividus*. Cette maladie est apparue de façon spectaculaire en Méditerranée au début des années 80 (BOUDOURESQUE *et al.*, 1981).

Les symptômes de la maladie décrits par MAES et JANGOUX (1984) se caractérisent par une nécrose des muscles et des ligaments associés aux piquants qui finissent par tomber. Les tissus nécrosés prennent alors une couleur vert foncé à noir puis s'effritent mettant le squelette de l'oursin à nu. La maladie de l'oursin chauve n'est pas nécessairement mortelle, elle le serait dans le cas où les lésions sont trop étendues avec une profonde perforation du squelette. De telles situations sont cependant assez rares et en règle générale, l'oursin réagit efficacement en limitant l'extension des zones lésées. C'est une maladie récurrente qui, dans certaines situations, peut devenir épidémique. Elle n'est pas liée à la pollution des eaux côtières mais est causée par des bactéries marines pathogènes appartenant aux genres *Aeromonas* et *Vibrio*. Elles sont thermosensibles et ne résistent pas à des températures supérieures à 25°C. En outre elles ne se développent que dans les structures dermiques et épidermiques. Elles n'envahissent jamais les organes internes et n'affectent donc pas les glandes génitales (JANGOUX *et al.*, 1987).

1.1.4.4. Le contrôle bactériologique

Conséquences de la pollution domestique sur les populations d'oursins

DELMAS et REGIS (1985) ont montré qu'une pollution complexe à dominante domestique pouvait avoir une influence importante sur la taille des oursins, mais il n'a pu être déterminé si la réduction de taille est due à une mortalité précoce des adultes ou s'il s'agit d'un cas de nanisme. De toute façon, *Paracentrotus lividus* se maintient dans des biotopes soumis à une pollution à dominante domestique et semble même y prospérer. En revanche d'autres travaux ont montré que les oursins, comme tout organisme vivant, peuvent être malade (JANGOUX et al., 1987). Il a été également établi que les causes de leur maladie seraient liées à des facteurs abiotiques (modification des conditions du milieu) ou encore à des facteurs biotiques (infections microbiennes). Toutefois, rien n'indique que le développement d'une quelconque maladie soit lié à la pollution des eaux littorales.

La flore de contamination des produits de la pêche par l'eau de mer

L'eau de mer contient normalement des organismes dits saprophytes, non pathogènes, qui se développent aux dépens des éléments minéraux et organiques du milieu. Par conséquent, les produits de la pêche ont une flore microbienne, parmi laquelle on trouve des organismes comme *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, et *Corynebacteries*. Ils se retrouvent à la surface des poissons, Crustacés, Mollusques ou Echinodermes. Par ailleurs, il existe dans l'eau de mer des germes pouvant être pathogènes pour l'homme, c'est le cas de *Vibrio parahemolyticus* qui peut être responsable de gastro-entérites.

Une des bases essentielles de la protection de la santé publique, pour ce qui concerne la consommation des oursins, réside dans le contrôle bactériologique de ces produits. La contamination des oursins est étroitement dépendante de celle du milieu marin dans lequel ils sont pêchés, mais elle peut également traduire des lacunes en matière d'hygiène lors des manipulations intervenant entre la pêche et la consommation. Par contre, il ne semble pas que les micro-organismes se multiplient dans les Echinodermes comestibles après leur sortie de l'eau dans des conditions habituelles de transport (IFREMER, 1992). L'effet analytique devra donc porter en priorité sur les zones de récolte en vérifiant leurs salubrité.

Pour l'appréciation de la qualité bactériologique, la plus grande attention doit être apportée au choix des germes significatifs. Il concerne la recherche de contaminants bactériens indicateurs de

pollution fécale. Ces germes tests sont principalement les coliformes totaux, coliformes fécaux et les streptocoques fécaux. Mais si l'on estime que la contamination des produits par ces bactéries implique un danger pour le consommateur, ou si des intoxications alimentaires par consommation d'oursins ont été signalées, la recherche doit être étendue aux germes pathogènes et notamment aux salmonelles et le cas échéant à *Vibrio parahemolyticus*. Les critères de qualité bactériologique pour évaluer la salubrité des oursins, et des eaux conchylicoles sont indiqués dans les tableaux 5 et 6.

Tableau 5: Evaluation de la qualité bactérienne des oursins (IFREMER, 1992) .

Désignation	Coliformes fécaux / g (pour 100 ml)	Streptocoques fécaux /g (pour 100ml)	Salmonelle
Oursins présentés vivants	$3 \cdot 10^2$	$2,5 \cdot 10^3$	Absence

Tableau 6: Critères et normes de qualité microbiologiques proposés en 1983 par l' O.M.S. et le P.N.U.E pour les eaux conchylicoles et les fruits de mer en Méditerranée.

Coliformes fécaux présents dans les eaux conchylicoles			
Concentration de Coliformes fécaux pour 100ml à ne pas dépasser dans 80% des échantillons	100%	Fréquence minimale de prélèvement	Méthode d'interprétation
10	100	Mensuelle en hiver; tous les 15 jours en été	Ajustement graphique ou analytique à distribution de probabilité lognormal

1.1.4.4.1. Définition des germes tests de contamination fécale

Les coliformes totaux

Les Coliformes totaux sont des bactéries gram-négatives aérobies et anaérobies facultatives, en forme de bâtonnets ne sporulant pas et fermentant le lactose en produisant du gaz en moins de 48 h lors de leur croissance à 35°C (P.N.U.E / O.M.S., 1987).

Les coliformes fécaux

Les Coliformes fécaux sont des bactéries Gram-négatives et anaérobies facultatives, en forme de bâtonnet ne sporulant pas et fermentant le lactose en produisant du gaz en moins de 24 h lors de leur croissance à 36°C et 44,5°C. Il produisent de l'indole en eau tryptonée contenant du tryptophane à 44,5°C (P.N.U.E. / O.M.S, 1983).

Les streptocoques fécaux

On considère comme streptocoques fécaux toutes les bactéries Gram-positives, anaérobies facultatives, catalase négative, qui fermentent le glucose (BOURGEOIS *et al.*, 1980). Ce sont d'excellents indicateurs de pollution fécale et sont systématiquement utilisés dans ce sens au même titre et en même temps que les Coliformes (RODIER, 1984).

1.1.4.2. Définition des germes pathogènes

Les salmonelles :

Les salmonelles appartiennent à la famille des Entérobactériacés et au genre *Salmonella*. Ce sont des bacilles Gram-négatifs, citrate positif, uréase négative, rouge de méthyle positif et pyruvate de sodium négatif (SINGLETON et SAINSBURY, 1984).

Les vibrions :

Les vibrions appartiennent à la famille des Vibrionaceae. Les cellules du genre *Vibrio* sont des bacilles à Gram-négatif incurvés ou droits mobiles grâce à un flagelle polaire basophile, catalase positive et indole positif (SAINSBURY, 1984). Parmi les espèces pathogènes, on distingue:

- *Vibrio cholerae*;
- *Vibrio parahaemolyticus*;
- *Vibrio alginolyticus*.

1.2. Matériel

1.2.1. Diagnose

Les noms communs de l'oursin "châtaigne" ou "hérisson de mer" sont très évocateurs de cet animal "en boule" muni de piquants. Ces piquants sont portés par le squelette externe ou test formé de vingt rangées de plaques méridiennes soudées les unes aux autres. Au centre de la face ventrale, celle qui repose normalement sur le substrat, s'ouvre la bouche munie de cinq dents apparentes. L'anus est située au centre de la face dorsale. Les sexes sont séparés et la ponte a lieu directement dans la mer. Les glandes génitales sont au nombre de cinq par individu et sont régulièrement et radialement disposées à l'intérieur du test. Le plus souvent, ce sont seulement ces glandes génitales, accompagnées du liquide qui les baigne, qui sont consommées par l'homme.

Il s'agit d'une mention des principaux changements au niveau générique.

- *Echinus lividus* (LAMARCK, 1816)
- *Toxopneustes lividus* (AGASSIZ et DESSOR, 1846)
- *Euryechinus lividus* (VERRIL, 1866)
- *Strongylocentrotus lividus* (AGRASSIZ, 1872)
- *Paracentrotus lividus* (MORTESEN, 1903)

Classe : échinodermes

S/classe : échinidés

Ordre : diadémidés

Tribu : échinidés

Famille : strongylocentrotidés (MORTENSEN, 1935)

Paracentrotus lividus (LAMARCK, 1816), (fig. 2 a et b) appartient au groupe des Camarodontes : dents à carènes; plaques ambulacraires composées, du type échinoïde (deux assules primaires entre lesquelles s'intercalent plusieurs demi-plaques); cinq paires de pores et un tubercule lisse et imperforé par plaque ambulacraire; système calicinal ou apical petit, mais assez saillant; pas de fossettes sur les plaques coronales ou dans les sutures. Piquants pleins, longs, robustes, de couleur variant du vert foncé au marron foncé et au violet; encoches de la ceinture pérignathique peu profondes, auricules jointives; membranes péristomienne portant des plaques en dedans et en dehors des plaques buccales; pédicellaires tridactyles à valves longues et étroites, ophicéphales et trifoliés; pédicellaires globifères à crochet terminal, à une ou plusieurs dents latérales de chaque côté de la lame et à glandes simples (TERMIER, 1953)

1.2.2. Ecologie et biologie de *Paracentrotus lividus*

1.2.2.1. Répartition géographique

Paracentrotus lividus est une espèce franchement Atlanto-Méditerranéenne. Elle a été signalée dans l'Atlantique depuis l'Irlande jusqu'au Rio de Oro, aux Açores et aux Canaries. Elle est également connue dans toute la Méditerranée. Elle a été récoltée entre zéro et 80 mètres mais n'est commune que dans l'étage infralittoral (0 - 35 m ±) et plutôt dans les niveaux supérieurs de

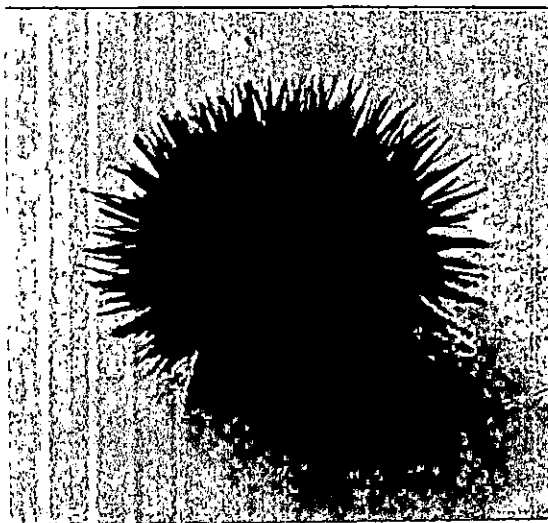


Figure 2 a : *Paracentrotus lividus*

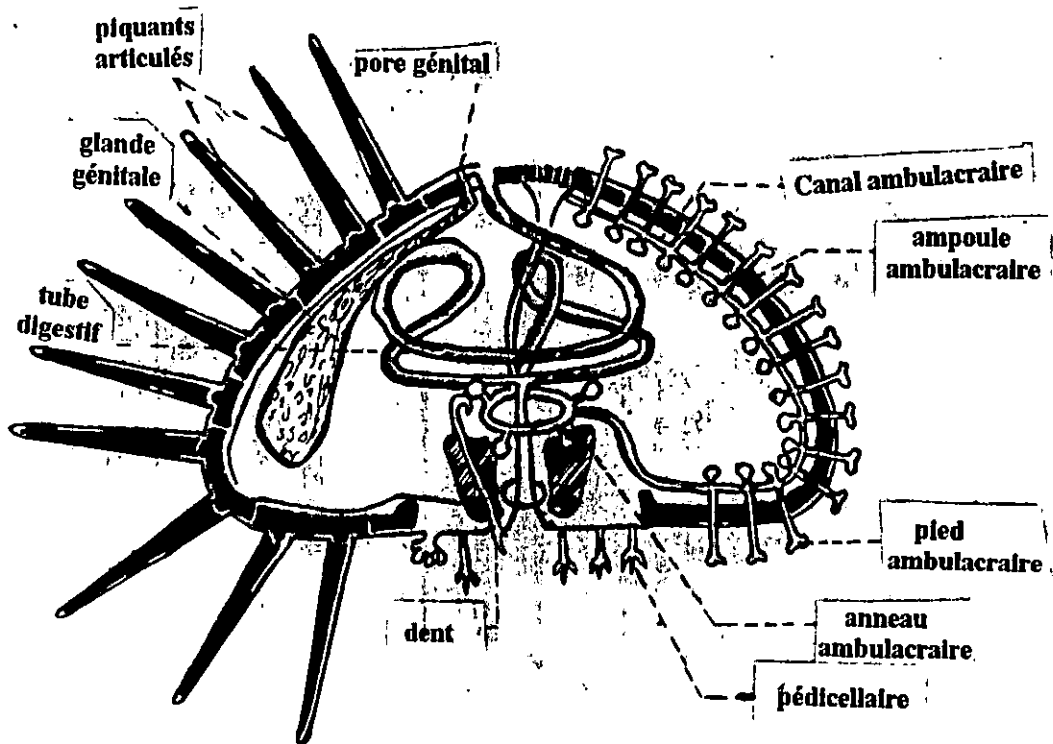


Figure 2 b: Schéma de l'organisation interne de l'oursin.

celui-ci (0-10 à 15 m). En Méditerranée, on la trouve surtout au sein des peuplements d'algues photophiles de la roche littorale superficielle mais aussi dans les herbiers de Posidonies. En "accidentelles" elle a été signalée sur des fonds à *Peysonnelia polymorpha* (CARPINE, 1958) et sur les concrétions coralligènes où *P. lividus* ronge la couche de lithothamniés sur quelques centimètres d'épaisseur et forme ainsi une loge (LAUBIER, 1966). Le même phénomène a été observé sur des falaises littorales (PROUHO, 1887; CHARBONNIER, 1958; LAUBIER, 1966).

1.2.2.2. Reproduction

SEMROUD (1992) a observé plusieurs pontes dans l'année quelle que soit la classe de taille. Les pontes de l'ensemble des classes peuvent avoir lieu au même moment. Les pontes importantes se produisent surtout en mars, mai et juillet où toutes les classes de tailles participent à la reproduction qui paraît être la plus intense en ces mois. L'auteur conclut que les variations de l'indice gonadique montrent qu'il y a une succession de pontes pendant l'année, liée probablement aux variations de la température de l'eau, et / ou aux phases lunaires selon REGIS (1978).

Selon la littérature classique grecque et romaine du moyen âge, le poids des gonades de certains invertébrés marins varierait avec la phase lunaire. En Suez, oursins et crabes sont dits « pleins » à la pleine lune et « vides » à la nouvelle lune; de même en Egypte pour les moules et les oursins. Longtemps après, à Naples et en Grèce, les oursins sont encore dits « pleins » à la pleine lune. A Messine, FOL (1879 in ALLAIN, 1972) avait observé, chez *P. lividus*, que les gamètes étaient libérés chaque mois le jour de la pleine lune. Par contre KOEHLER (1916 in ALLAIN, 1972), à Naples, n'a pu mettre en évidence des variations régulières, ni de la taille ni de la maturation des gonades. FOX (1923 in ALLAIN, 1972) ne relève également aucun rythme lunaire dans la ponte aussi bien pour les spécimens de *P. lividus* d'Alexandrie que pour ceux de Roscoff. Des recherches postérieures, montrent que l'émission des gamètes n'est pas en rapport avec la pleine lune, même si de nombreux adeptes de la pêche aux oursins sont persuadés du contraire (ALLAIN, 1972). On ne peut cependant faire abstraction des observations populaires anciennes qui pourraient avoir pour origine certaines observations liées à la pleine lune.

1.2.3. Plan d'échantillonnage

La zone d'étude se situe dans la région de Sidi Fredj à 24 km environ à l'Ouest d'Alger. Cette zone forme le cap Est de la baie de Bou-Ismaïl et le cap Ouest de la baie d'El Djamila. La région de Sidi Fredj est une station balnéaire très importante, dont les coordonnées sont: 2° 50' à 2° 50' 59 Longitude Est et 36 ° 45' 05'' à 36 ° 45' 11 Latitude Nord (fig. 3).

1.2.3.1. Choix des stations

Le site a été retenu en raison des modalités pratiques qu'il présente, notamment sa proximité du laboratoire et la diversité de ses biotopes. Après avoir prospecté en plongée, quatre stations ont été choisies, différant entre elles par (fig. 4):

- la profondeur;
- l'exposition aux vents et à la houle;
- le peuplement associé, envisagé principalement sous l'angle des ressources alimentaires disponibles pour cet échinoïde. La zone complète est limitée par le centre de thalassothérapie et la digue à proximité de l'ISMAL.
- **Station 1**: située à l'extrémité de la digue, est abritée des vents Est et aucun déversement d'eaux usées n'est présent. Le substrat est rocheux et la profondeur ne dépasse pas un mètre.
- **Station 2**: située à quelques mètres de la digue et présente une zone d'éboulis à faible profondeur (1,50 m).
- **Station 3**: Station localisée à l'avant du centre de thalassothérapie à environ 2 m de profondeur, elle est située dans une zone semi fermée, bien protégée des vents dominants de secteur Est et Nord-Est; elle est soumise aux rejets des eaux usées par le centre thalassothérapique. Le substrat y est rocheux. A cette station on observe un herbier de *Posidonia oceanica* en touffes peu dense.
- **Station 4** : situé à environ 30 mètres de la digue, le biotope se caractérise essentiellement par un peuplement de *P. oceanica*, la profondeur est de 4 mètres.

1.2.3.2. Stratégie d'échantillonnage

En fonction de l'objet de cette étude, les contraintes liées au milieu, et le temps imparti, un échantillonnage aléatoire simple a été effectué. Dans le cas d'unités bien circonscrites (biotopes,

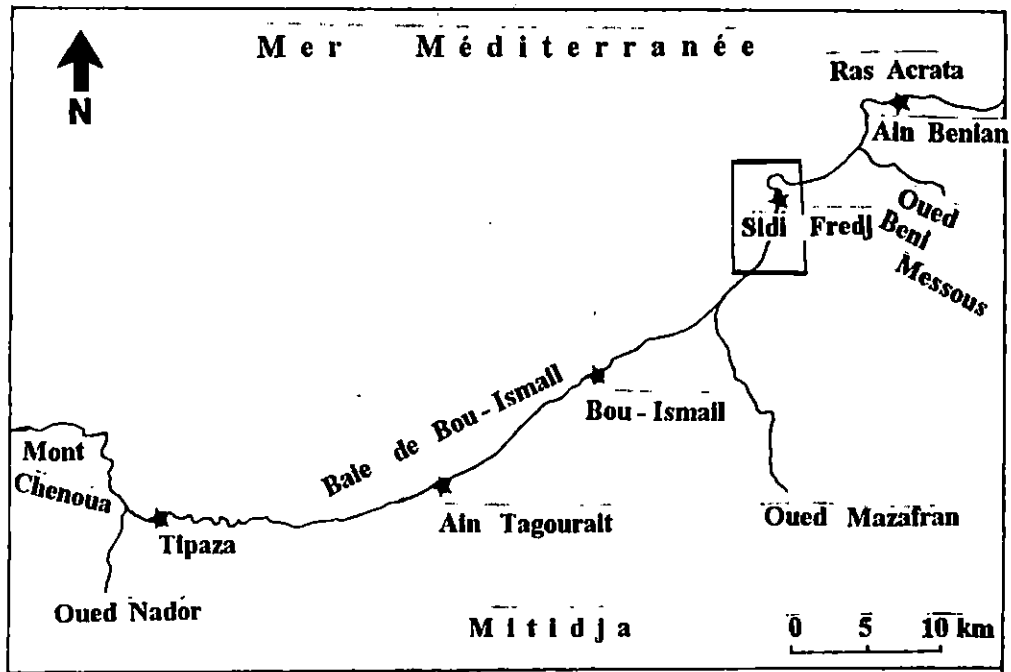


Figure 3: Situation géographique de la presqu'île de Sidi-Fredj.

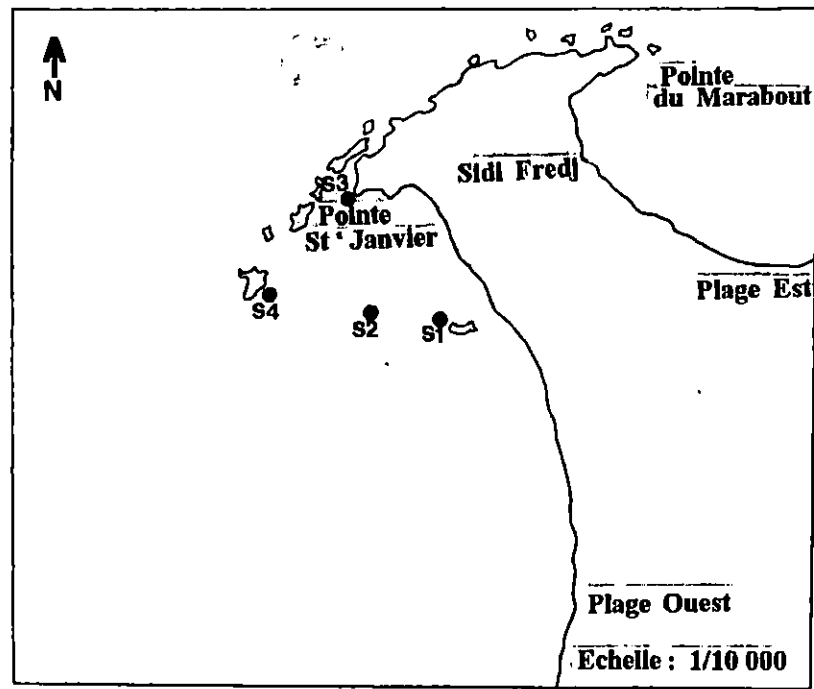


Figure 4: Détails de la presqu'île de Sidi-Fredj.

● Stations

unités morphologiques, populations unispécifiques) (FRONTIER, 1981) un échantillonnage aléatoire simple peut être utilisé. Ce type d'échantillonnage permet, d'appliquer aux données les tests de la statistique paramétrique, à condition que le descripteur utilisé soit distribué normalement dans la population étudiée et que l'échantillon soit assez grand. Il est évident que la probabilité des informations obtenues concernant une population dépend du choix convenable de l'échantillon représentatif. Pour ce faire, un échantillonnage préalable a été réalisé et testé par une méthode relative aux variances (logiciel STATI-TCF, 1987). Pour un échantillon aléatoire simple, les paramètres suivants doivent être pris en considération:

- la taille de l'échantillon (n);
- la moyenne (\bar{x});
- la variance (σ^2);

L'expression de la variance est la suivante:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

L'intervalle de confiance (IC) est:

$$IC = 2t S_{\bar{x}}$$

t: valeur lue sur la table de Student avec n-1 ddl, pour un seuil de probabilité de (1- α) .

$$S_{\bar{x}}^2 = \frac{S^2}{n}$$

$S_{\bar{x}}^2$: variance de la moyenne

avec une précision absolue: δ

$$\delta = tS / \sqrt{n}$$

le nombre d'individu (n) à récolter:

$$n = \frac{t^2 S^2}{\delta^2}$$

Les calculs se font par itération car la valeur de t dépend de n. La taille de l'échantillon à prélever dépend de:

- la précision souhaitée (< 20 %);
- de la variabilité de la variable;
- de la probabilité désirée (95%) (DAGNELIE, 1973).

1.2.3.3 Prélèvements

Les prélèvements ont été faits en plongée libre (apnée) au cours d'une période étalée sur 5 mois dans chacune des 4 stations retenues pour cette étude. Le rythme de l'échantillonnage, souvent lié aux conditions météorologiques, est en moyenne de deux fois par semaine pour toute la zone d'étude. L'alimentation des oursins, se faisant probablement la nuit, le contenu digestif peut varier au cours de la journée par digestion et défécation des aliments absorbés (SEMROUD, 1992). Les prélèvements ont donc toujours lieu le matin entre 10 heures et 12 heures. Les prélèvements destinés à l'étude des indices physiologiques et biodynamique sont constitués par un lot de 20 individus.

Pour le conditionnement et la stabulation en aquarium, le nombre d'individus récoltés varie en fonction du mode de conditionnement prévu. Généralement l'effectif ne dépasse pas cent individus, sauf pour l'appertisation où le nombre d'oursins prélevés a dépassé les 200 individus. Le transport de la collecte se fait dans des filets afin d'éviter de les abîmer ou de les blesser.

Les prélèvements d'eaux destinés à l'analyse bactériologique doivent s'effectuer dans des conditions d'aseptie rigoureuse. Pour ce faire l'eau est recueillie dans des flacons de 500 ml stérilisés à l'autoclave pendant 20 mn à 120°C. Le flacon étiqueté et fermé, est totalement immergé, une fois rempli, il est fermé sous l'eau afin d'éviter toute contamination. Les oursins sont recueillis dans un filet muni de flotteurs. L'échantillon doit comprendre un nombre d'individus au moins égal à 5, et suffisant pour obtenir au minimum 25 gr de chair et de liquide interne par type de germes recherchés (IFREMER, 1992). Le transport des échantillons au laboratoire, est immédiat au moyen d'une glacière isothermique à environ 4°C. La teneur en micro-organismes pouvant se modifier rapidement, il est nécessaire de procéder à l'analyse dans un délai très court de préférence inférieur à 8 heures, en aucun cas au delà de 24 heures.

1.2.4. Traitement et mesures

Pour l'estimation de la densité à chaque station, les oursins ont été comptés *in situ* à l'aide d'un cadre métallique de 1 m² déplacé sur le substrat afin de couvrir une surface minimale de 10m² et à différents niveaux bathymétriques (1m, 1,50 m, 2m et 4m). Tous les individus pris dans le cadre sont dénombrés; les individus en bordure du cadre sont pris en compte sur deux côtés, négligés sur les deux autres. Tous les galets ou objets divers présents sont systématiquement

retournés (de nombreux jeunes sont dissimulés sous des pierres), puis replacés dans leur position originelles.

En ce qui concerne l'étude des indices physiologiques et l'étude biodynamique, des mesures à l'aide d'un pied à coulisse au 1/10^{ième} de mm près ont été effectuées pour chaque oursin (fig. 5).

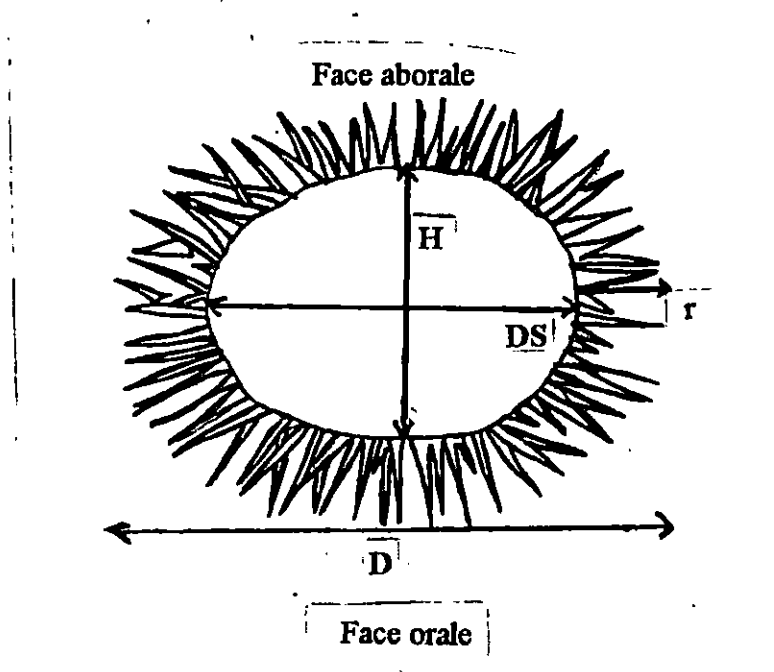


Figure 5: Mesures effectuées sur l'oursin *Paracentrotus lividus*.

D : diamètre horizontal du test avec les radioles (mm);

H : hauteur du test (mm);

DS : diamètre horizontal du test sans les radioles (mm);

r : longueur des radioles (piquants) (mm).

Compte tenu de la variabilité de ces mesures (plus ou moins 1 à 2 mm, selon l'orientation), deux mesures perpendiculaires ont été effectuées pour chaque paramètre biométrique, la plus petite valeur est prise en considération. Les mesures effectuées, la dissection des oursins est réalisée en découpant la calotte orale et en séparant le contenu digestif et les gonades du test. Quand cela est possible, le sexe de l'animal est déterminé par examen direct de la gonade. La forme des gonades chez les mâles est allongées, leur couleur est orange si elles sont mûres et brunes s'il y a eu émission de liquide blanchâtre; les femelles par contre présentent des gonades de

même formes et de même couleur. Dans les papiers aluminium préalablement préparés, numérotés et pesés les gonades (G) et le contenu digestif (TD) sont déposés. Dans des boîtes de pétri sont déposés le test avec les piquants. Les gonades, le contenu digestif ainsi que le test avec les piquants sont pesés à l'aide d'une balance de précision (METTLER H 35 AR) au milligramme près.

PHG : poids humide des gonades (g) .

PHTD : poids humide du contenu digestif (g) .

Les échantillons sont mis ensuite à sécher dans une étuve à 100°C pendant 24 h pour les gonades et le contenu digestif et 48 h pour le test et les piquants. Une deuxième pesée est faite avec la même balance de précision et le poids sec est noté:

PSG : poids sec des gonades (g) .

PSTD: poids sec du contenu digestif (g) .

PT: poids sec du test avec les radioles (g) .

1.3. Méthodes

Pour évaluer l'état des stocks d'oursins de la presqu'île de Sidi Fredj, plusieurs variables ont été étudiées.

1.3.1. Les indices physiologiques

1.3.1.1. Indice gonadique

Etant donné que la partie comestible des oursins correspond aux gonades, il est indispensable de connaître l'évolution de leur développement au cours du temps et en fonction des conditions de vie. Il existe plusieurs manières d'estimer le développement des glandes sexuelles, il est possible d'utiliser soit des volumes soit des poids humides soit un volume et un poids humide. Pour ce travail, le choix a porté sur la formule préconisée par REGIS (1980); celle-ci exprime le pourcentage du poids sec des gonades par rapport au poids sec de l'animal .

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

D'après REGIS (1980), le fait de prendre des volumes comme base de calcul de l'indice gonadique n'est pas une méthode fiable, de plus le poids humide total est une donnée dont la précision reste douteuse. En effet, la quantité du 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, il 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, toutes ces sources d'erreurs sont éliminées (REGIS, 1980). NEDELEC (1982 *in* SEMROUD, 1992), a préféré pondérer le poids sec des gonades par une valeur proportionnelle au volume de l'individu (le cube du diamètre horizontal du test). Le choix repose en fait sur la grande fiabilité de la mesure du diamètre et sur le gain de temps par rapport à la mesure du poids sec des individus.

$$IG = \frac{\text{Poids sec de gonades}}{(\text{diamètre horizontal du test})^3} \quad ; \text{IG en mg/cm}^3$$

Dans les deux cas le poids des gonades est représenté, reste l'option pour l'une des deux expressions des indices gonadiques la plus appropriée pour le présent travail. Pour ce faire une étude de la variation par régression multiples du poids sec des gonades (PSG) en fonction du diamètre au cube (DS³) et du poids du test (PT) a été effectuée. La régression est calculée par la méthode des moindres carrés (DAGNELIE, 1975). Le test de Fisher SNEDECOR (F) permet la comparaison des variances. Le traitement des données a été réalisé par le logiciel STAT-ITC (1987). Le coefficient de corrélation est obtenu lors de ce calcul.

Modélisation de l'évolution de l'indice gonadique (IG) en fonction du diamètre du test (DS)

La méthode des régressions linéaires a permis d'exprimer l'indice gonadique moyen en fonction du diamètre du test par quinzaine d'échantillonnage. L'étude de régression de IG en fonction de DS donne une idée de la façon dont varie, en moyenne la variable IG dite dépendante en fonction de la variable DS, dite indépendante. La régression linéaire permet de rechercher l'équation de la droite ou de la droite transformée qui s'ajuste le mieux. La droite de régression est obtenue par la méthode des moindres carrés qui consiste à rendre minimale la somme des carrés des écarts entre les points observés et les points correspondant à la droite (DAGNELIE, 1975). La méthode se résume comme suit:

$$IG_m = f(DS)$$

$$\text{Ln } IG_m = a \text{ Ln } DS + b$$

$$b = \text{Ln}K$$

$$\text{Ln } IG_m / K = a \text{ Ln } DS$$

$$IG_m = K DS^a$$

$$\text{tel que } K = e^b$$

a = coefficient de régression obtenus par la méthode des régressions des moindres carrés

b = terme constant.

Un test de signification du coefficient de régression est réalisé par un test de FISHER SNEDECOR. F_{obs} (calculé par le logiciel STAT-ITC, 1987) est comparé à la valeur théorique $F_{1-\alpha}$ relative à la distribution de SNEDECOR à 1 et $n-2$ ddl. La corrélation est significative quant $F_{\text{obs}} > F_{1-\alpha}$ au risque de 0.05. Cette transformation exige que les variables soient aléatoires et distribuées normalement (DAGNELIE, 1975). L'intervalle de confiance (IC) du coefficient de régression est également estimé pour l'étude biométrique.

$$IC = 2 \times Sa$$

Sa: écart-type estimé par rapport à la pente (test de STUDENT).

Etude biométrique

La relation d'allométrie de type $IG_m = K DS^a$, lie le poids sec des gonades de l'oursin (IG qui en est une mesure) à sa taille (DS). Les valeurs b et a s'obtiennent en transformant la fonction puissance en une fonction linéaire:

$$\text{Ln } (IG_m) = \text{Ln } (K) + a \text{Ln } (DS); \quad \text{Ln } (K) = b$$

a : coefficient d'allométrie (coefficient de croissance relative entre le poids sec des gonades, exprimé en indice gonadique, et du diamètre sans les piquants). Le coefficient d'allométrie est comparé à une valeur théorique $C = 3$.

$a = C$; croissance isométrique (le poids croît proportionnellement au cube du diamètre);

$a < C$, allométrie minorante (le poids sec des gonades croît moins vite que le cube du diamètre);

$a > C$, allométrie majorante (le poids sec des gonades croît plus vite que le cube du diamètre).

La comparaison de la pente (a) à la valeur théorique (C) se fait dans les limites de l'intervalle de confiance au seuil $\alpha = 5 \%$.

1.3.1.2. Indice de réplétion

Sur les mêmes échantillons, l'indice de réplétion (IR), défini comme suit a également été calculé:

$$IR = \frac{\text{Poids sec du contenu digestif (mg)}}{\text{Poids sec du test (mg)}} \times 100$$

C'est un indice qui permet de connaître l'état de la cavité gastrique. Pour les raisons précitées (paragraphe 1.3.1.1.), le poids sec du contenu digestif a été pondéré par une valeur proportionnelle au volume de l'individu (le cube du diamètre horizontal du test).

$$IR = \frac{\text{Poids sec du contenu digestif}}{(\text{Diamètre horizontal du test})^3} \times 100 ; \quad IR \text{ en mg / cm}^3$$

1.3.1.3. Indice de rentabilité

Sur un plan pratique un indice gonadique appelé de rentabilité R a été proposé par REGIS (1980).

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

Cet indice permet de choisir pour chaque cycle de maturation de l'espèce la gamme de tailles à récolter. Dans ce contexte une étude de corrélation des rentabilités en fonction des IGM correspondant aux différentes classes de taille a été effectuée.

1.3.2. Etude biodynamique

1.3.2.1. Structure démographique

L'étude abordée consiste à préciser la structure démographique potentiellement exploitable. Il s'agit d'identifier les classes de tailles et d'âges présentes et commercialement intéressantes. Les paramètres de croissance permettront ultérieurement un éventuel suivi des populations

exploitables. Bien qu'aggrégative, l'espèce peut néanmoins se distribuer de façon aléatoire sur la zone étudiée si la zone considérée est suffisamment grande. Afin de déterminer des différences entre les stations étudiées, le \overline{DS} a été comparé pour chacune des stations et testé par le test de KRUSKALL-WALLIS (annexe 2.3).

1.3.2.1.1. Identification des sous populations

Pour l'identification des cohortes des populations de *P. lividus*, la méthode des différences logarithmiques exposée par BHATTACHARYA (1967) pour l'isolement de populations d'invertébrés, a été utilisée.

Cette méthode permet de séparer les n sous-populations gaussiennes d'un mélange. Elle consiste, une fois les données regroupées en classes de taille d'égale amplitude h et de point médian x de construire un graphique en portant en ordonnée pour chaque abscisse x la quantité:

$$\text{Log. } z = \text{Log. } (x + h) - \text{Log. } z(x)$$

$z(x + h)$ et $z(x)$ étant les effectifs des classes de point milieu $x + h$ et x . Sur les graphiques ainsi obtenus correspond donc au nombre de sous populations dans chaque station. De ces droites, on peut extraire ensuite la moyenne de taille pour chacune des classes observées ainsi que la variance et l'écart type de chacune des sous-populations mises en évidence.

-Moyenne : $m = \lambda + h/2$ $\lambda =$ point d'intersection

$h =$ intervalle de classe

- variance : $s^2 = d/b h \cotg \theta - h/2$

θ : angle aigu formé pour chaque composante avec l'axe x

d : échelle sur l'axe des ordonnées

b : échelle sur l'axe des abscisses

Selon les recommandations du groupe de travail sur la dynamique des populations (MTIMET *et al.*, 1995), la méthode de BHATTACHARYA (1967) offre une meilleure estimation de l'âge par l'analyse des fréquences de tailles.

Simultanément à l'utilisation de la méthode de BHATTACHARYA (1967), les distributions de fréquences de tailles des individus échantillonnés selon la méthode de PETERSEN (1892 *in* LE GUEN et MORIZUR, 1989) a permis de suivre le déplacement des modes et donc l'accroissement des individus. Les effectifs totaux par classes, regroupés en une seule distribution permettent aussi d'identifier les âges présents dans la population échantillonnée.

Les histogrammes de fréquences de tailles ont été établis à partir des effectifs regroupés par classes de différents pas, 1 mm pour l'étude de la croissance et 2 mm pour l'analyse de la structure démographique. Le principe consiste à identifier dans la distribution les pics correspondants aux modes, donc aux cohortes. Les pas retenus ont été choisis de manière à:

- être inférieurs ou égaux, au taux d'accroissement annuel fourni par la littérature (+ 2 mm pour les individus de 40- 45 mm; REGIS, 1978);
- éviter d'éliminer certaines classes d'âge faiblement représentées, mais biologiquement significatives (AZZOLINA, 1988).

1.3.2.1.2. Etude de la croissance

La détermination de l'âge du premier mode des distributions de fréquences de tailles a été réalisée en se référant aux résultats obtenus par AZZOLINA (1988). Les âges obtenus sont utilisés pour le calcul des paramètres de croissance selon le modèle de VON BERTALANFFY (1938, *in* SPARRE et VENEMA, 1992), à partir de la méthode d'ABRAMSON et TOMLINSON, sous forme d'un software établi par SAILA et PRAGER (1987).

Le modèle de VON BERTALANFFY considère que la croissance résulte de deux processus physiologique simultanés et opposés:

- l'anabolisme proportionnel à la surface du corps;
- le catabolisme proportionnel au volume du corps.

L'équation de la croissance de VON BERTALANFFY (1938) s'écrit:

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

avec:

L_{∞} = longueur asymptotique; (cm)

L_t = taille au temps t ;

K = coefficient de catabolisme; (an)

t_0 = temps correspondant à $L_t = 0$

Plusieurs modèles mathématiques décrivant la croissance individuelle, linéaire ou pondérale des organismes vivants ont été proposés, parmi lesquels les plus utilisés sont les modèles de VON BERTALANFFY (1938 *in* SPARRE et VENEMA, 1992) et GOMPERTZ (1825 *in* AZZOLINA, 1988), cette dernière semblant plus apte, de par la forme sigmoïde asymétrique de la courbe ajustée, à représenter la croissance des jeunes individus (YAMAGUCHI, 1975 *in* AZZOLINA, 1988) Néanmoins, le modèle de VON BERTALANFFY a été choisi en raison notamment:

- de l'absence de juvéniles dans notre échantillonnage (tailles inférieures à 35mm),
- de l'utilisation de ce modèle par d'autres auteurs pour décrire la croissance de *P. lividus* (ALLAIN, 1978; AZZOLINA, 1988);
- de sa commodité d'emploi (programme d'ajustement disponible).

Principe et équation de la méthode D'ABRAMSON et TOMLINSON (1961 *in* DAGET, 1972)

C'est une méthode basée sur un principe d'ajustement des valeurs observées de type moindres carrées, elle permet d'estimer la dispersion des points observés par rapport à la courbe ajustée en interférant la variance. L_{∞} , k et t_0 sont estimés de façon non linéaire (DAGET, 1972) dans le cas d'une croissance de type VON BERTALANFFY. Cette méthode nécessite l'emploi d'un ordinateur d'après le programme BGC36, à partir du logiciel FISHPARM (SAILA et PRAGER, 1987).

1.3.2.1.3. Mortalité

La mortalité naturelle (M), qui dans ce cas particulier de stock considéré vierge (la mortalité par pêche $F = 0$) est égale à la mortalité totale Z ($M = Z$), a été abordée par trois méthodes:

- La méthode de WETHERALL *et al.* (1984 *in* WETHERALL, 1986), permet de déterminer L_{∞} et Z/k graphiquement sans connaissance préalable de l'âge, en se basant sur l'analyse des fréquences de longueur; elle suppose:
 - la population en équilibre;

- la croissance linéaire de type VON BERTALANFFY;
- le taux de mortalité constant.

L'équation de la droite est de la forme

$$\bar{L}_i = bL_i + a$$

avec:

L_i : longueur en (cm) représentée en centre de classes dans la distribution des fréquences de taille

L_i : longueur moyenne en (cm) ;
$$\bar{L}_i = \frac{(\%N_i \times L_i)_{cumulé s}}{(\%N_i)_{cumulé s}}$$

- La méthode de DJABALI *et al.* (1994), établie sur la base des paramètres de croissances et de mortalité de 56 stocks de poissons vivants dans la Méditerranée, notamment benthiques. De ce fait, elle pourrait être considérée comme applicable aux échinodermes.

$$\text{Log}_{10} M = 0,0278 - 0,1172 \text{Log}_{10} L_{\infty} + 0,5092 \text{Log}_{10} K$$

- Enfin, la méthode de TAYLOR (1959 *in* KORICHI, 1988) relie la mortalité naturelle aux paramètres de l'équation de VON BERTALANFFY K et t_0

$$M = (2,99K) / (2,996 + Kt_0)$$

Pour une même espèce, ces méthodes fournissent le plus souvent des résultats assez différents entre lesquelles le choix est difficile, les moyennes arithmétiques des valeurs obtenues sont donc fréquemment utilisées (FARRUGIO *et al.*, 1995).

1.3.2.2. Densité

L'estimation a été faite à partir des densités moyennes des quatre stations. Le calcul d'un intervalle de confiance autour de la valeur moyenne de densité, nécessite la normalité de la population et l'homogénéité de la variance; conditions non satisfaites en raison de la dispersion agrégative de cette espèce, la variance s^2 est toujours supérieure à la moyenne (LE DIREAC'H *et al.*, 1987; AZZOLINA, 1988). La transformation $Y_i = X_i^p$ des données, où X_i est l'effectif (i ème) du quadrat, $p = 1 - b / 2$, b étant le coefficient de la loi de TAYLOR, permet de normaliser la distribution de fréquences et de stabiliser la variance (ELLIOT, 1977 *in* FRONTIER, 1981). Le coefficient b de la loi de TAYLOR est calculé par régression linéaire après transformation logarithmique de la loi de TAYLOR. La loi de TAYLOR (1961 *in* DAGNELIE, 1975) est la suivante:

$$\sigma^2 = k \bar{x}^b$$

Par l'utilisation de la double transformation logarithmique:

$$\text{Ln } \sigma^2 = b \text{Ln } \bar{x} + \text{Ln} k$$

b étant le coefficient de régression et Ln k le terme constant.

1.3.2.3. Estimation de la phase exploitable

A des fins d'exploitation, la taille des oursins (diamètre ou poids) constitue une bonne image du stock à exploiter. Pour avoir une approche aussi claire que possible, le poids humide moyen des gonades (PHGm) et l'effectif correspondant pour chaque classe de tailles échantillonnées ont été retenus. Ceci a permis de calculer le pourcentage du stock en cumulé par la fin, et d'évaluer un pourcentage d'exploitation rationnelle (30%) de la population (annexe 2.5). Ce qui signifie que 70% du stock sera préservé.

1.3.3. Le conditionnement

Le prélèvement effectué, les oursins sont aussitôt transportés au laboratoire pour une analyse bactériologique suivi par le conditionnement. Différents modes de conditionnement ont été testés:

- la glace ;
- les copeaux de bois ;
- glace et copeaux;
- aquarium

1.3.3.1. Conditionnement par la glace

Dans une boîte en polystyrène au quart remplie de glace, les oursins sont disposés l'un à côté de l'autre en prenant soin de ne pas laisser d'espace entre deux individus. Une fois la boîte pleine, les oursins sont recouvert d'une seconde couche de glace. Une partie des boîtes, scotchées au chatterton et étiquetées est placée dans un réfrigérateur; l'autre partie est rangée dans un endroit frais en attendant l'analyse microbiologique après 6 heures, 9 heures, 24 heures, 30 heures et 48 heures d'entreposage.

1.3.3.2. Conditionnement par copeaux de bois :

La sciure de bois rouge à été utilisée, car celle ci est sans odeur et s'imbibe rapidement. Avant son emploi, la sciure est trempée pendant 24 heures dans de l'eau de mer en provenance de la zone d'étude. Les oursins sont disposés dans les boites en polystyrène entre deux couches de copeaux, préalablement stérilisés à 120°C pendant 20 mn afin d'éviter toute contamination de l'oursin. Les boites fermées et étiquetées, sont placées dans un endroit frais en attendant l'analyse entre 6 et 48 heures d'entreposage.

1.3.3.3. Glaces et copeaux

Le contact directe et prolongé avec la glace, ou la sciure humidifiée a provoqué une altération des oursins. L'association de la sciure et de la glace a été adoptée, en plaçant les individus entre deux couches de copeaux stérilisés puis en dernière couche, de la glace contenue dans des sachets stériles. De cette façon, tout en évitant le contact directe avec la glace, la réfrigération est assurée. Une analyse microbiologique à différentes heures d'entreposage a été également effectuée.

L'emballage prévu pour le conditionnement des fruits de mers est normalisé. Des boites en polystyrène expansé (chlorure de polyvinyle cellulaire durci) de (35.5 x 35.5cm) sont, grâce à leur structure cellulaire fermée, étanches à la vapeur d'eau et douées de propriétés isolantes remarquables; leur résistance mécanique est en général satisfaisante bien que le polystyrène ait tendance à se désintégrer sous l'action des variations prolongées. Ce type d'emballage est manipulable; il permet l'écoulement des eaux de fusion et présente l'avantage de ne pas comprimer exagérément les individus.

1.3.3.4. La conserve

Une fois le prélèvement effectué les oursins sont placés dans des glacières isothermes entourés de glace en paillettes, et placés dans un congélateur jusqu'au moment du traitement. Par le fait que les oursins sont des animaux très altérables demandant à être traités très frais, le transport à la conserverie se fait en une durée ne dépassant pas 15 heures. Après un temps suffisant pour la décongélation de la glace, l'ouverture des oursins se fait suivant le même procédé utilisé pour l'étude biodynamique. les gonades sont récupérées à l'aide d'une spatule en prenant la précaution de ne pas les abîmer, et plongées pendant 30 minutes dans de la saumure à deux

concentrations différentes (10 et 30 %). L'emboîtement et le jutage (saumure) se font manuellement, le volume totale représente le 3 / 4 de la boîte. Le sertissage des boîtes est automatique, l'autoclavage s'effectue à 120°C pendant 20 minutes selon le barème de stérilisation de l'institut APPERT (1977) pour divers coquillages en saumure légère. Le refroidissement des boîtes se fait par immersion dans de l'eau potable. Les conserves ont subi un contrôle de stabilité selon les normes AFNOR (1977), les étapes adoptées sont les suivantes:

- prendre au moins 5 boîtes sans défauts majeurs (bombées, fuitées, ou floches), y compris une boîte servant de témoin;
- relever les différentes caractéristiques des boîtes retenues: nature du produit, type et format de l'emballage;
- conserver le témoin à la température du laboratoire (inférieure à 25°C);
- disposer les boîtes sur papier filtre, et incuber à 55°C deux des boîtes choisies pendant 7 jours;
- effectuer des examens journaliers et retirer de l'étuve les boîtes présentant un bombage ou une fuite. Après l'étuvage, toutes boîtes défectueuses nécessitent une analyse microbiologique plus approfondie

Un essai de pré cuisson des gonades avant l'emboîtement a également été effectué. Les gonades mâles et femelles sont soigneusement prélevées puis placées séparément dans des boîtes en fer inoxydable au 1 / 10 basse. La cuisson se fait au bain marie pendant 10 minutes. Une boîte témoin est préservé sans cuisson.

Pour l'appertisation, les boîtes utilisées sont en fer blanc (1/10 basse) non vernies constituées par une mince feuille d'acier doux. Les emballages métalliques sont de bon conducteurs de la chaleur.

1.3.3.5. La stabulation en circuit fermé

L'installation utilisée pour l'expérimentation concernant la stabulation des oursins dans l'eau de mer, est illustrée par la figure 4. Le vivier est de forme rectangulaire, en P.V.C rigide (inertie chimique des matériaux). Il couvre une capacité volumique de 0.86 m³ (3m x 0.76m x 0.64m), soit 860 litres. Le pouvoir calorifique du PVC est de l'ordre de 1.75 kcal / m³/ °C. Le vivier aquarium est équipé de:

- mousse en polyether pour la filtration mécanique (élimination des matières en suspension);
- un lit bactérien composé de biolithe pour l'élimination de certaines matières en solution (NH₄⁺, NO₂⁻). Les Nitrosomonas transforment l'ammoniaque en nitrites et les Nitrobacter transforment les

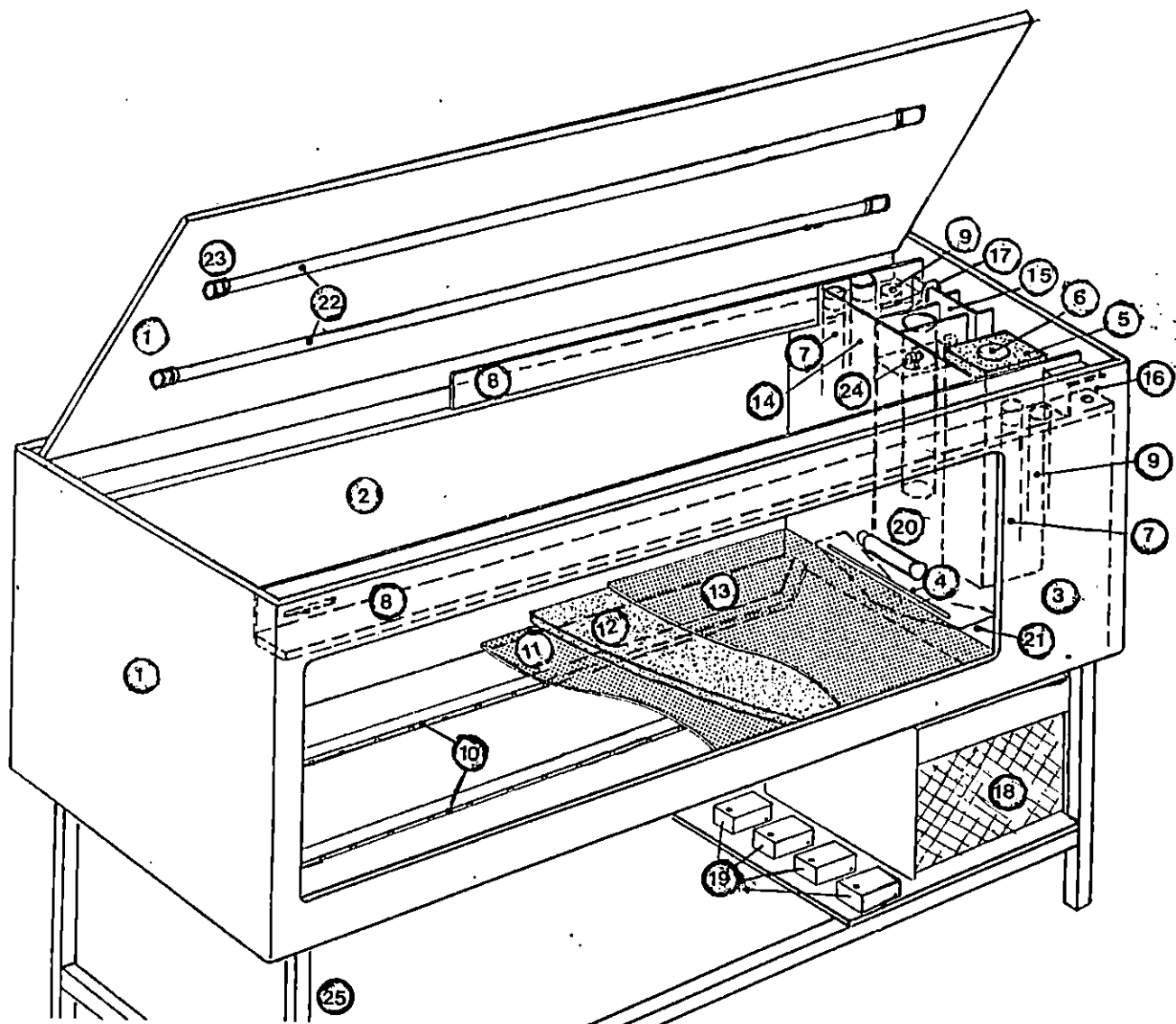


Schéma de principe de l'Aquarium-vivier.

1 - Corps et couvercle ; 2 - Volume utile ; 3 - Compartiment de traitement de l'eau ; 4 - Orifice d'alimentation du compartiment de traitement de l'eau ; 5 - Bloc de mousse de polyéthère assurant la filtration mécanique ; 6 - Canal central de récupération de l'eau filtrée ; 7 - Exhauteurs assurant la circulation de l'eau ; 8 - Gouttières de transport de l'eau filtrée vers l'extrémité opposée au compartiment de traitement et fente de rejet ; 9 - Canalisations d'alimentation du double fond ; 10 - Canalisations de répartition de l'eau filtrée et aérée dans le double fond ; 11 - Tôle plastique perforée supportant la mousse synthétique ; 12 - Mousse synthétique, support du lit bactérien ; 13 - Tôle plastique perforée protégeant la mousse synthétique ; 14 - Compartiment de stérilisation par U.V. ; 15 - Réacteur, écumoir et trop plein de l'écumeur ; 16 - Boîtier de commande et de contrôle de la thermorégulation ; 17 - Pompe à air alimentant les exhauteurs, l'écumeur ainsi que le diffuseur de brassage et d'aération ; 18 - Groupe compresseur de réfrigération ; 19 - Pompe à air alimentant les exhauteurs, l'écumeur ainsi que le diffuseur de brassage et d'aération ; 20 - Diffuseur de brassage et d'aération ; 21 - Fond conique de la chambre de décantation et orifice de purge ; 22 - Tubes fluorescents d'éclairage ; 23 - Douilles élastiques fixées au couvercle réfléchissant ; 24 - Robinet d'alimentation d'eau en goutte-à-goutte, éventuellement commandé par régulateur de niveau à flotteur ; 25 - Support.

Figure 6: Schéma de l'aquarium vivier (TERVER, 1979).

nitrites en nitrates non toxique pour les poissons.

- un exhausteur créant un mouvement d'eau nécessaire à la filtration.
- un système d'oxygénation par bullage;
- un système de réfrigération (non maîtrisé tout au long de l'expérimentation) et une fermeture hermétique du bac (TERVER, 1979).

L'aquarium a été rempli d'eau de mer en provenance de la zone d'étude. Le milieu naturel a été reconstitué par l'introduction de galets et divers cailloux recouverts de diatomées. Quelques feuilles de Posidonies sont également introduites dans l'aquarium. Avant l'introduction des oursins dans le bac, le circuit a fonctionné à vide pendant une semaine. Les oursins prélevés ainsi que l'eau d'aquarium sont analysés avant toute expérimentation. La stabulation a consisté à placer les oursins, dans un aquarium d'eau de mer pure, où ils dégorgent les polluants, éventuellement absorbés dans la zone de récolte. Ce procédé garantit généralement la qualité sanitaire des fruits de mer, et permet le stockage avant la vente.

1.3.4. L'analyse bactériologique

Le but de l'analyse bactériologique est de déterminer la nature et l'importance de la flore accidentelle, par une recherche qualitative (germes pathogènes) et quantitative (germes fécaux). Ce qui permet ainsi de préciser l'état de salubrité de l'échantillon analysé.

1.3.4.1. Protocole expérimental

En prévision de l'analyse bactériologique de l'eau de mer, eau de l'aquarium et des oursins, toutes les conditions d'asepsie doivent être réunies. Pour cela les instruments utilisés doivent être stérilisés au préalable, flamber à la flamme avant leur utilisation et maintenus dans la zone aseptique de travail (BRISOU, 1980). Les dénombrements dans l'eau sont réalisés sans aucune préparation préalable.

Il faut s'assurer que les oursins sont encore vivants (piquants mobiles et coquille non endommagé); l'ouverture est pratiquée au niveau de la calotte orale, au moyen de ciseaux flambés et refroidis. Le contenu entier (chair et liquide coelomique) est recueilli dans un bêcher stérile préalablement taré, afin de déterminer le poids frais des tissus. L'ensemble est transvasé dans un broyeur de type Waring Blendor auquel on rajoute, au moyen d'une éprouvette, un volume (ml) de diluant (eau physiologique à 9 ‰) égal à deux fois le poids de chair et de liquide coelomique et broyer pendant 30 à 40 secondes.

La méthode des tubes multiples préconisée par le P.N.U.E. / O.M.S. (1987; 1983) a été utilisée pour le dénombrement des coliformes fécaux et totaux (CT, CF) et les streptocoques fécaux (SF). L'identification des germes pathogènes, vibrions et salmonelles, s'est effectué selon la méthode décrite dans le tableau 7 et en annexe 3.1 (UNEP / WHO / AIEA, 1986). La composition des milieux de culture utilisés pour la recherche des germes test de contamination fécale et des germes pathogènes est consignée en annexe 3.2.

1.3.4.2. Expression des résultats

Pour l'expression des résultats des germes tests de contamination fécale, le nombre de tubes positifs pour chaque dilutions de l'ensemencement est calculé au moyen de la table NPP (nombre le plus probable; annexe 3.3), et exprimés en nombre de germes pour 100 ml d'échantillon analysé.

1.3.4.3. Evaluation et traitement des données

La méthode d'évaluation de la concentration des indicateurs microbiens utilisée est fondée sur un modèle statistique (P.N.U.E. / O.M.S., 1995). Les teneurs en indicateurs microbiens présents dans les échantillons d'eaux à analyser, suivent une distribution de probabilité lognormale. Cette méthode permet de doser les concentrations microbiennes par rapport au pourcentage établis, et aide à comprendre les variations dans le temps de la qualité microbiologique de l'eau côtière. Les

résultats d'expériences sont triés en concentrations croissantes et converties en logarithme naturels. A chacune des concentrations microbiennes est associé un fréquence cumulative $F(X_i)$ tel que:

$$F(X_i) = i / n+1 \times 100$$

X_i = concentration microbienne à la $n^{i\text{ème}}$ position

$F(X_i)$ = fréquence cumulative associé à la $n^{i\text{ème}}$ concentration

i = numéro d'ordre de chaque concentration microbienne

n = nombre total de concentrations microbiennes

La distribution des probabilités lognormale correspondant aux résultats des expériences est obtenue par la méthode numérique suivant une régression par la méthode des moindres carrés. La dispersion des résultats par rapport à leur valeur moyenne est obtenue par le calcul de l'écart-type de la distribution définie par l'expression:

$$s = \text{Ln } xx\ 84 - \text{Ln } xx\ 50$$

$$= \text{Ln } xx\ 50 - \text{Ln } xx\ 16$$

xx 84, xx 50, xx 16: concentrations microbiennes à interpoler des probabilités non dépassées dans 84 % , 50 % et 16% des échantillons respectivement, xx représente les deux initiales de l'indicateur microbien considéré. L'estimation de la déviation standard peut être interprétée de la manière suivante:

$s \leq 1$: station de prélèvement avec une qualité microbiologique très stable.

$1 < s < 3$: station de prélèvement avec une variation temporaire de sa qualité microbiologique à l'intérieur des limites les plus couramment observées

$s \geq 3$: station de prélèvement avec une qualité microbiologique assez variable dû soit à une source discontinue de pollution, soit à un modèle variable de circulation côtière (variation de la direction des vents).

L'intervalle de confiance de la concentration microbienne médiane, xx50 à une station d'échantillonnage est déterminée par l'expression suivante:

$$\left[\exp \left(\text{Ln } xx50 - \frac{s}{\sqrt{n}} t_{1-\alpha/2, n-1} \right), \exp \left(\text{Ln } xx50 + \frac{s}{\sqrt{n}} t_{1-\alpha/2, n-1} \right) \right]$$

xx50: concentration microbienne non dépassée dans 50 % des échantillons estimés à partir de la distribution lognormale.

s: écart-type de la distribution lognormale

$t_{1-\alpha/2, n-1}$: valeur de la distribution cumulative de Student avec n-1 ddl.

n : nombre de concentrations microbiennes incluses dans la série de données.

α : niveau de signification.

Tableau 7: Protocole expérimental de l'analyse de l'eau de mer et des oursins (1: OMS/PNUE, 1983; 2: OMS/PNUE, 1987; 3: UNEP/AIEA, 1986; 4: OMS/PNUE, 1995).

JOUR	COLIFORMES TOTAUX / FECAUX 1	STREPTOCOQUES FECAUX 2	SALMONELLES 3	VIBRIONS 4
1 ^{er}	<p><u>Test Présomptif :</u></p> <p>*Ensemencement :</p> <p>10 ml de la solution mère → 3 tubes / dilution de BCPL (D/C) .</p> <p>1 ml de la solution mère → 3 tubes / dilution de BCPL (S/C)</p> <p>1 ml de la solution mère → 3 tubes / dilution de VBL (S/C) .</p> <p>Incubation : 37° pd 48h .</p>	<p><u>Test Présomptif :</u></p> <p>*Ensemencement</p> <p>10 ml. de la solution mère → 3 tubes / dilution de Rothe (D/C).</p> <p>1 ml de la solution mère → 3 tubes / dilution Rothe (S/C).</p> <p><u>Incubation :</u> 37° pd 48h.</p>	<p><u>Pré enrichissement :</u> oursin uniquement</p> <p>10 ml. de la solution mère → TSE</p> <p>Incubation : 37° pd 18h</p> <p>1^{er} <u>enrichissement :</u> O + Eau .</p> <p><u>Ensemencement :</u></p> <p>10ml de la solution mère (TSE pour les oursins) → SFB (D/C)</p> <p>+ additif SFB (D/C).</p> <p>1 ml de la solution mère → SFB (S/C) + additif SFB (S/C).</p> <p><u>Incubation :</u> 37° pd 24h.</p> <p>(+ additif SFB D et S/C)</p> <p><u>Incubation :</u> 24h à 37°c .</p>	<p>1^{er} <u>enrichissement :</u></p> <p><u>Ensemencement :</u> (oursins)</p> <p>50 ml. de la solution mère → EPAI (concentré 10 fois)</p> <p>Eaux : 450 ml EPAI (concentré 10 fois) .</p> <p><u>Incubation :</u> 16 à 18h à 37°c .</p>
2 ^{ème}			<p>1^{er} <u>isolement :</u></p> <p><u>Ensemencement :</u></p> <p>SFB (S/C) → Hektoen</p> <p>2^{ème} <u>Enrichissement :</u></p> <p><u>Ensemencement :</u></p> <p>SFB (D/C) → SFB (S/C) .</p> <p>Incubation à 37° pd 24h .</p>	<p>1^{er} <u>isolement :</u></p> <p><u>Ensemencement :</u></p> <p>Flacon trouble EPA I → GNAB</p> <p>2^{ème} <u>Enrichissement :</u></p> <p><u>Ensemencement :</u></p> <p>qq gouttes EPA I → EPA (S/ C) → EPA II</p> <p>Incubation : 37°c pd 24 h .</p>
3 ^{ème}	<p><u>Lecture :</u></p> <p><u>Tube + :</u> VBL : gaz ds la cloche</p> <p>BCPL : virage au jaune ds la cloche → existence des CT</p> <p><u>Test confirmatif :</u> pour CF</p> <p><u>Ensemencement :</u></p> <p>qlq gouttes du <u>Tube +</u> → VBL - E.P.ex.I.</p> <p><u>Incubation :</u> -VBL (37° pd 24 h) .</p> <p>-EPI ex. I (44° pd 24 h) .</p> <p style="text-align: right;">gaz</p>	<p><u>Lecture :</u></p> <p><u>Présence de trouble microbien</u></p> <p>→ probabilité de présence de SF .</p> <p><u>Test Confirmatif :</u></p> <p><u>Ensemencement :</u></p> <p>qlq gouttes du <u>Tube +</u> → EVA (milieu de Litsky).</p> <p>Incubation : 37° pd 24h .</p>	<p><u>Lecture :</u></p> <p>colonies <u>suspectes</u> (sur Hektoen bleutées à centre noir) → TSI</p> <p>Incubation à 37° pd 24h</p> <p>2^{ème} <u>isolement :</u></p> <p><u>Ensemencement</u></p> <p>SFB (S/ C) → Hektoen .</p> <p>Incubation à 37° pd 24h .</p>	<p>2^{ème} <u>isolement :</u></p> <p><u>Ensemencement</u></p> <p>EPA II → GNAB .</p> <p>Incubation à 37° pd 24h .</p> <p><u>Lecture :</u></p> <p>colonies suspectes sur GNAB (translucide lisses et bombées)</p> <p><u>Ensemencement</u></p> <p>GNAB → KIA.</p> <p>Incubation : 37°c pd 24 h .</p>
4 ^{ème}	<p><u>Lecture :</u> <u>Tube +</u></p> <p>VBL :-Présence de gaz ds la cloche</p> <p>-Apparition d'une culture ds la masse liquide .</p> <p>E.P.ex.I. +réactif de Kovacs</p> <p>→ apparition d'un anneau rouge</p> <p>→ Présence d'<i>Escherichia coli</i> .</p> <p><u>Expression des résultats</u></p> <p><u>Tube +</u> → Dénombrement par la méthode du NPP . (annexe ,Table 1) .</p>	<p><u>Lecture :</u></p> <p>Apparition d'un trouble</p> <p>Formation d'une pastille violette au fond du tube → présence des SF .</p> <p><u>Expression des résultats :</u> se rapporter à la table NPP .(Voir annexe ,Table 1) pour déterminer le nombre de SF ds 100 ml d'échantillon .</p>	<p><u>Lecture :</u> Colonies suspectes</p> <p>Hektoen → TSI .</p> <p>Confirmation du TSI .</p> <p>Identification biochimique avec <u>souche de 24h</u> +disque ONPG . lecture après 24h :</p> <p>ONPG (+) : coloration jaune .</p> <p>ONPG (-) : incolore .</p>	<p><u>Lecture :</u></p> <p>GNAB → KIA .</p> <p>Confirmation du KIA .</p> <p>Identification biochimique avec <u>souche de 24h</u> +disque oxydase, .</p> <p>(TDA, LDC, ONPG, ODC)</p> <p>lecture après 24h :</p> <p>Résultats (-) : virage au jaune .</p> <p>Résultats (+) : virage au rouge orangé .</p>

RESULTATS

&

INTERPRETATION

2. Résultats et interprétations

2.1. Détermination de la dimension totale de l'échantillon

La détermination de la taille des unités d'échantillonnage a fait l'objet d'un prélèvement préalable de vingt individus dans chacune des quatre stations retenues. Les résultats obtenues, regroupés dans le tableau 9, indiquent que la taille de 20 individus par échantillon élémentaire est satisfaisante pour les variables étudiées (\overline{DS} , IR, IG et R). La précision est inférieure à 20 %. Dans la pratique, la plupart des chercheurs se contentent d'une précision de l'ordre de 20 à 25 %, quand il s'agit d'étudier des paramètres comme la densité totale, la biomasse globale et autres aspects globaux d'un peuplement ELLIOT, (1977 in FRONTIER, 1981).

Tableau 8: Tailles des échantillons suivant l'intervalle recherché.

Station et date	Variable	\bar{X}	S ² (ddl=19)	IC	Préc. (%)	Nmoy.	Nmin.	Nmax.
S ₂ 20-05-1995	DS	5.02	0.2522	0.39	7.7	8	5	16
	IR	11.72	5.115	2.27	19.3	5	3	10
	IG	2.594	1.767	0.6	23.13	22	13	46
	R	37.72	185.851	6.36	16.86	20	12	43
S ₃ 22-05-1995	DS	4.355	0.259	0.39	9	8	5	16
	IR	9.587	9.339	1.43	14.9	20	12	43
	IG	1.086	0.282	0.23	23.02	20	12	42
	R	12.636	36.44	2.82	22.3	20	12	43
S ₄ 27-05-1995	DS	5.445	0.4699	0.53	9.7	8	5	16
	IR	8.2548	1.6786	1	12.1	8	5	16
	IG	5.6777	7.3827	1.27	22.37	20	12	43
	R	67.723	818.65	13.4	19.78	20	12	43
S ₁ 29-05-1995	DS	5.389	0.208	0.35	6.6	8	5	16
	IR	9.222	5.474	1.81	19.6	8	5	16
	IG	3.2644	6.411	1.2	36.76	20	12	42
	R	31.788	179.249	6.3	19.8	20	12	42

\bar{X} : moyenne; S²: variance d'échantillonnage; IC: intervalle de confiance recherché (à 95%); Préc.: précision (IC/moyenne x 100); N: taille de l'échantillon (moyenne, minimum et maximum); DS: diamètre du test sans radioles; IR: indice de réplétion; IG: indice gonadique; R: indice de rentabilité.

2.2. Indices gonadiques

Pour apprécier la signification éventuelle des fluctuations de l'indice gonadique (IG) deux formules ont été retenues. Dans les deux cas le poids sec des gonades (PSG) est représenté:

IG = PSG / PT (REGIS, 1982); IG = PSG / DS³ NEDELEC (1982 in SEMROUD, 1992). L'option entre ces deux expressions a nécessité une étude par régression multivariable. La principale préoccupation lors de ce choix, a été d'éviter au maximum les erreurs d'évaluation.

L'étude de la variation du poids sec des gonades (PSG) en fonction du diamètre au cube (DS³) et du poids sec du test (PT) par régression multiple a porté sur les données des 680 individus de *Paracentrotus lividus* récoltés (annexe 1.1). Les 19 classes de tailles obtenues sont réparties en un pas de 2 mm. Le but poursuivi lors du choix des variables explicatives (DS³, PT) est d'assurer une précision maximale de l'équation exprimant le poids sec des gonades, c'est à dire une variance résiduelle minimale. L'examen de la matrice des corrélations présente une corrélation significative entre le PSG et le PT (tabl 9), le coefficient de corrélation $r = 0.899$, et $F_{obs.}$ est supérieur à $F_{1-\sigma = 95\%}$ pour $n-2$ ddl = 17.

Tableau 9: Matrice des corrélations entre le poids sec des gonades et le poids du test

	DS ³	PT	PSG
DS ³	1		
PT	0.6512	1	
PSG	0.5459	0.899	1

L'analyse de la variance présente une régression significative entre le poids sec des gonades (PSG) et le poids sec du test ($F_{obs.} = 71.702$, $F_{obs.} > F_{1-\sigma}$). $F_{obs.}$ étant la variable aléatoire de FISHER SNEDECOR; $F_{1-\sigma = 95\%}$: tiré de la table des distributions F de SNEDECKOR (DAGNELIE, 1975). Par contre, la variable diamètre du test au cube (DS³) correspond à une augmentation de la variance résiduelle dans l'expression du poids sec des gonades ($F_{obs.} = 0.2299 < 1$); c'est à dire une perte de qualité de la régression poids sec des gonades et diamètre du test au cube (tabl. 10).

Tableau 10: Analyse de variance du poids sec des gonades (PSG) en fonction du poids du test (PT) et du diamètre au cube (DS³).

Variable expliquée	Variable	a	b	r	$F_{obs.}$	ddl
PSG	PT	0.197	-1.93	0.899	71.7	17
	DS ³	-	-	0.5459	0.2299	17

a: coefficient de régression; b: terme constant; r: coefficient de corrélation.

Sur la base de ces résultats, il apparaît que l'indice gonadique défini comme le rapport du poids sec des gonades sur le poids sec du test est le plus approprié pour exprimer le développement des glandes sexuelles par rapport à l'ensemble de l'individu. En fait, selon REGIS (1986), c'est la prise en considération simultanée de ces deux critères (PSG, PT), qui peut permettre d'établir avec une approche satisfaisante si une zone est exploitable pour la pêche.

2.3. Indices physiologiques

Afin de suivre l'évolution des indices moyens de réplétions et gonadiques chez les deux sexes, trois moyennes ont été calculées:

- une moyenne mensuelle des indices gonadiques (IG) et des indices de réplétions (IR) (tabl. 11);
- une moyenne des IG sur quinze jours soit deux moyennes par mois en fonction des diamètres du test (annexe 1.2);
- et une moyenne des IG pour chaque jour d'échantillonnage toutes stations confondues (annexe 1.3).

2.3.1. Variations mensuelles des IG et IR

Les indices moyens de réplétion et gonadique de *Paracentrotus lividus* pour l'ensemble des prélèvements (tabl. 11) ont une évolution similaire. Par ailleurs, l'allure des courbes (fig. 7) met en évidence des variations importantes avec des maxima atteint en juin (ou juin-juillet) qui diminuent de façon progressive jusqu'en septembre.

Tableau 11: Variations mensuelles moyennes des indices gonadiques (IGm) et des indices de réplétions (IRm).

Mois	IGm	S	IRm	S	n
mai	3.15	2.56	9.69	2.6	80
juin	4.95	4.86	10.28	6.62	120
juillet	4.56	4.5	6.98	3.55	180
août	3.52	3.48	5.61	2.82	220
septembre	3.22	3.34	5.12	1.84	80

S: écart type estimé, n: effectif

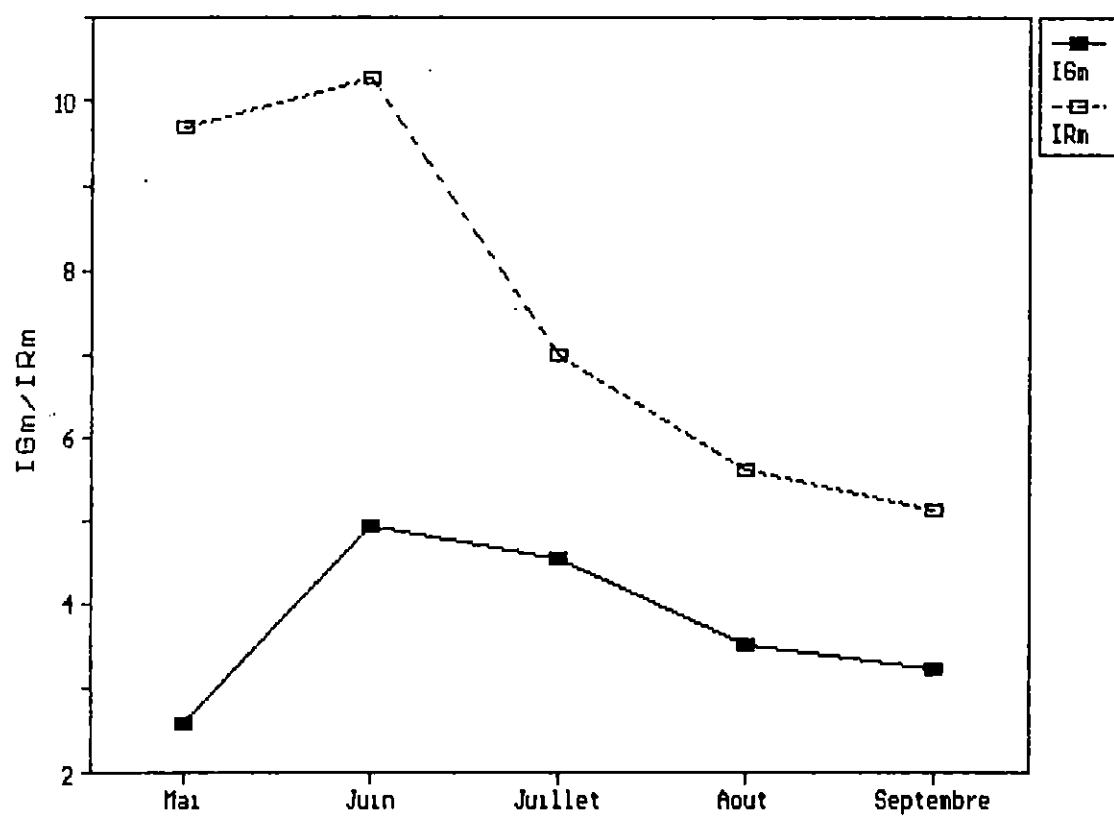


Figure 7: Variations mensuelles des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm).

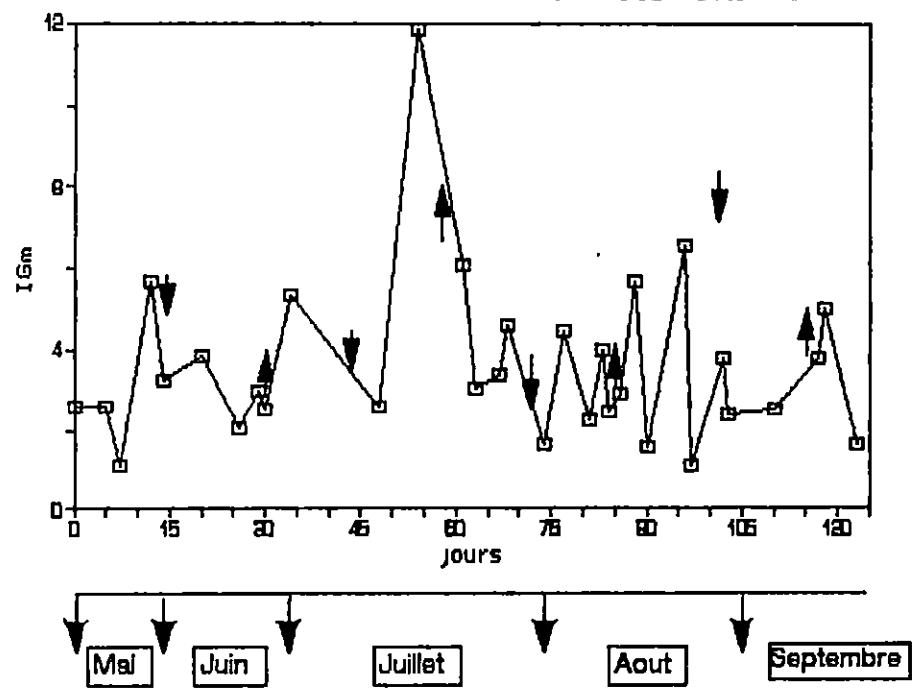


Figure 8: Relation entre les périodes de ponte et les phases lunaires (IGm: indice gonadique moyen: ▲ : pleine lune; ▼ : demi lune).

2.3.2. Relation entre la période de ponte et les phases lunaires

Le nombre de jours écoulés entre les dates des phases lunaires et l'indice gonadique maximal pour les mois de mai à septembre ont été relevés (annexe 1.4). Les résultats sont consignés dans le tableau 12.

Tableau 12: Correspondance entre le premier pic de l'indice gonadique moyen (IGm) et le cycle lunaire.

Date de pleine lune	Date du 1 ^{er} pic de l'IGm	Intervalle de temps (jours)
14-05	27-05	13
13-06	18-06	5
12-07	15-07	3
10-08	12-08	2
9-09	9-09	2

Il est assez frappant de constater que le 1^{er} pic de l'IGm pour chaque mois, à l'exception du mois de mai, coïncide avec la date de la pleine lune. Cependant, il semble que les durées entre les maxima d'IG et ceux d'apparition de la pleine lune sont comparables à l'exception toujours du mois de mai. De l'examen de la courbe (fig.8), il se dégage l'impression que la maturation et plus particulièrement le déclenchement de la ponte paraissent être conditionnés essentiellement par le dépassement d'un certain seuil de la période de demi-lune. La même courbe indique l'existence d'une succession de pics de reproduction suivant les dates de demi-lune, sans pour autant que la périodicité soit régulière. En outre, la particularité réside dans l'augmentation de l'amplitude des pics après la pleine lune.

2.3.3. Evolution bimensuelle des indices gonadiques moyen (IGm) en fonction des diamètres du test sans les radioles (DS)

Les valeurs de l'indice gonadique moyen (IGm) en fonction du diamètre sans les radioles par quinzaine d'échantillonnage (annexe 1.2) ont été résumées dans le tableau 13, après l'établissement d'une équation obtenue par régression linéaire. La représentation graphique (fig. 9) de ces équations indiquent l'existence d'une évolution régressive des IG moyens progressivement à l'avancement de la saison, à l'exception du mois de mai. D'autre part, L'IG moyen (tabl.13) présente une corrélation étroite avec la taille, (coefficient de corrélation hautement significatif) pour les cinq premières quinzaines de l'échantillonnage. Pour le mois de septembre ($r = 0.64$), le test de signification du coefficient de régression (a) présente une corrélation non significative (tabl.14).

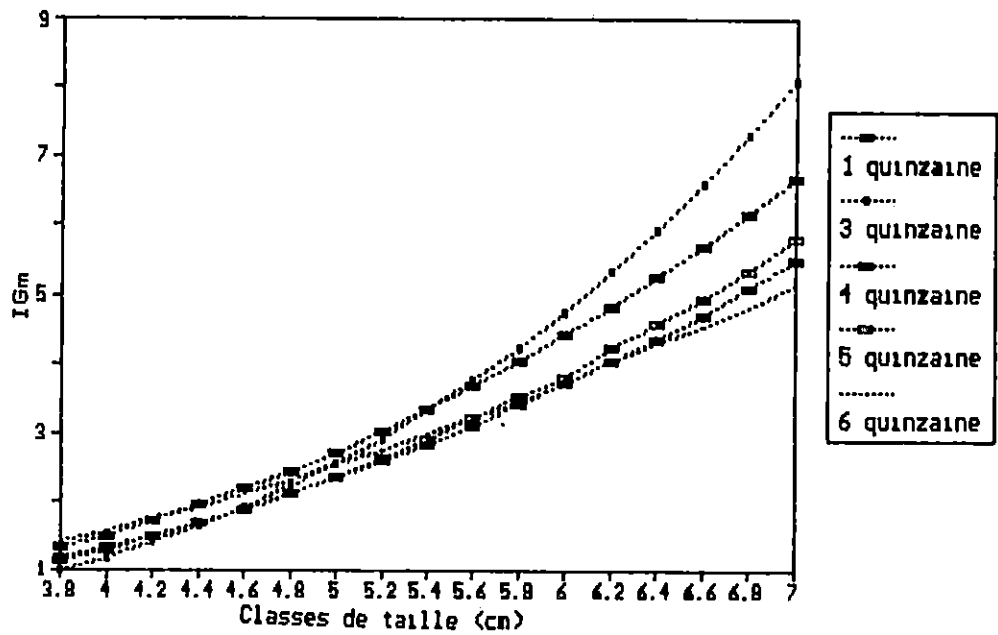
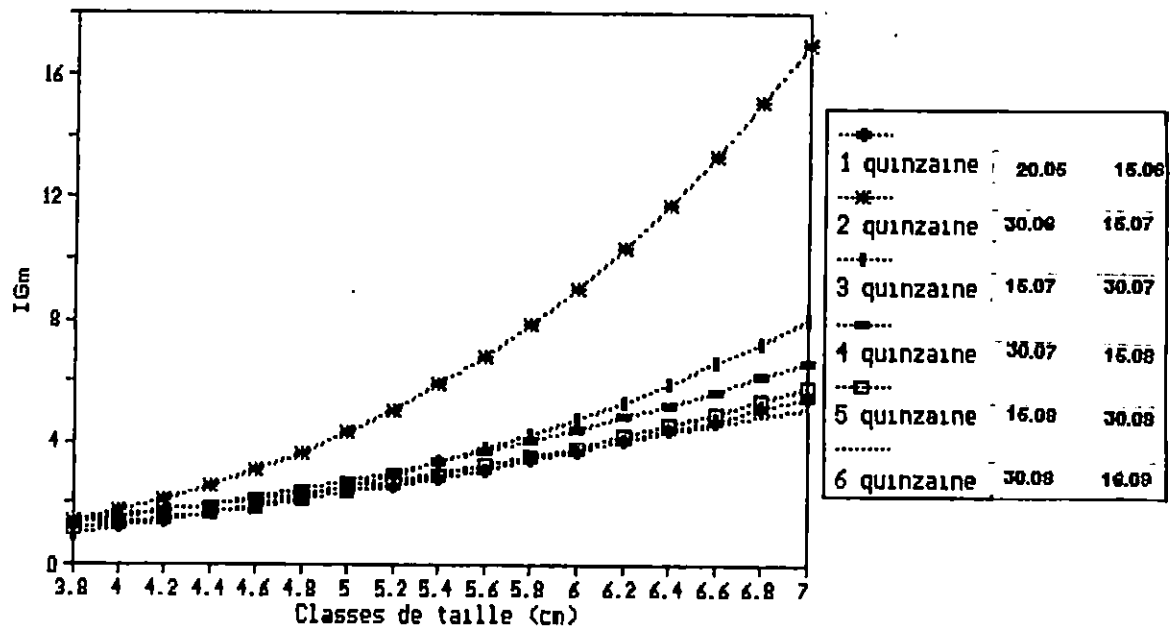


Figure 9: Evolution bimensuelle des indices gonadiques moyens (IGm) en fonction du diamètre du test sans les piquants (DS).

Pour l'étude biométrique (IG/DS), la comparaison des pentes entre elles révèle une augmentation significative de la 1^{ère} à la 2^{ème} quinzaine (tabl. 14). L'intervalle de confiance du coefficient de croissance relative (a) entre IG et DS (fig 10) présente une allométrie minorante pour la 1^{ère} période et une allométrie majorante pour la 2nd période (IG est maximal en cette période). Les autres périodes d'échantillonnage se caractérisent par une régression modérée de l'IG. Les valeurs du coefficient de régression (a) indiquent qu'il y a une isométrie pour la 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} quinzaine et une allométrie minorante pour la 6^{ème} quinzaine (IG est minimal). Le coefficient de régression (a) montre bien la variation du matériel génétique entre ces différentes périodes de prélèvement. Pour ces périodes, il y a donc une dysharmonie de croissance très marquée au profit du diamètre du test sans piquant (DS). Tandis que DS continue à s'accroître régulièrement les IG, eux, proportionnellement ne s'accroissent plus au même rythme. Ce qui a été observé pour la 6^{ème} quinzaine d'échantillonnage. Il est à noter que les pentes sont exprimées avec un intervalle de confiance significatif ($\alpha = 5\%$).

Tableau 13: Equations biométriques des indices gonadiques moyens (IGm) bihebdomadaires en fonction des diamètres du test sans radioles (DS).

Dates	Equations	r	[DS]	[IG]
20-05 au 15-06 1 ^{ère} quinzaine	$IGm = 3.932.10^{-2} (DS)^{2.54}$	0.87	[3.8-6.4]	[0.84-4.88]
30-06 au 15-07 2 ^{ème} quinzaine	$IGm = 5.847.10^{-3} (DS)^{4.1}$	0.91	[4.2-6.8]	[1.75-18.87]
15-07 au 30-07 3 ^{ème} quinzaine	$IGm = 1.058.10^{-2} (DS)^{3.41}$	0.91	[4.2-6.2]	[1.1-7.57]
30-07 au 15-08 4 ^{ème} quinzaine	$IGm = 3.84.10^{-2} (DS)^{2.65}$	0.78	[4.2-6.3]	[1.68-6.48]
15-08 au 30-08 5 ^{ème} quinzaine	$IGm = 3.09.10^{-2} (DS)^{2.69}$	0.71	[4.2-6.4]	[1.1-4.9]
30-08 au 16-09 6 ^{ème} quinzaine	$IGm = 8.42.10^{-2} (DS)^{2.12}$	0.64	[4.4-7]	[1.6-8.3]

[DS]: intervalle de variation du test sans les radioles; [IG]: intervalle de variation de l'indice gonadique; r: coefficient de corrélation.

Tableau 14: Variation du coefficient de régression (a) estimée par le test (F) de SNEDECOR (DAGNELIE, 1975).

a	Sa	ddl _(n-2)	F _(1, n-2)	F _{0,95}	obs.
2.54	0.41	12	38.29	4.75	+
4.10	0.53	12	60.15	4.75	+
3.41	0.53	9	41.05	5.12	+
2.65	0.53	9	41.05	5.12	+
2.69	0.88	9	9.33	5.12	+
2.12	0.73	10	4.51	4.96	-

a: coefficient de régression; Sa: écart-type estimé par rapport à la pente; ddl: degré de liberté; obs.: observation (+: significatif, - non significatif).

2.3.4. Indice de rentabilité (R%)

Pour l'évaluation d'une rentabilité optimale quant aux tailles récoltées, deux périodes, correspondant à deux cycles de maturations des gonades (IGm maximal et minimal), ont été retenues: à savoir la 2^{ème} et la 6^{ème} quinzaine de la période d'échantillonnage (annexe 1.4).

Pour les deux périodes, les corrélations entre indice de rentabilité (R%) et indice gonadique moyen (IGm) et diamètre du test (DS) sont significatives (tabl.15 et 16). De ce constat, les équations exprimant l'indice de rentabilité (R) en fonction de l'indice gonadique moyen (IGm) pour les deux périodes ont été établies (tabl.17) et illustrées par la figure (11).

Tableau 15: Matrice de corrélation pour la 2^{ème} quinzaine d'échantillonnage.

	DS	IG	R
DS	1		
IG	0.875	1	
R	0.834	0.747	1

Tableau 16: Matrice de corrélation pour la 6^{ème} quinzaine d'échantillonnage.

	DS	IG	R
DS	1		
IG	0.578	1	
R	0.707	0.867	1

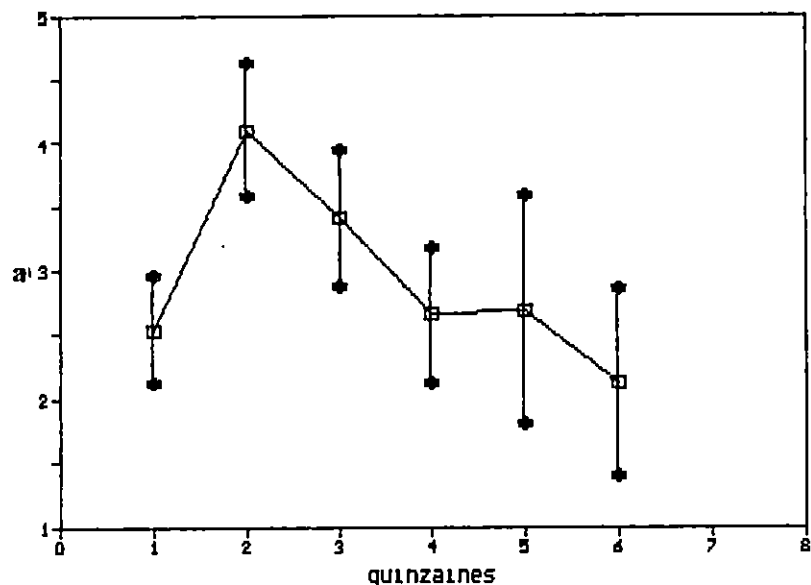


Figure 10 : Evolution du coefficient de régression (a) par quinzaine d'échantillonnage et intervalle de confiance correspondant .

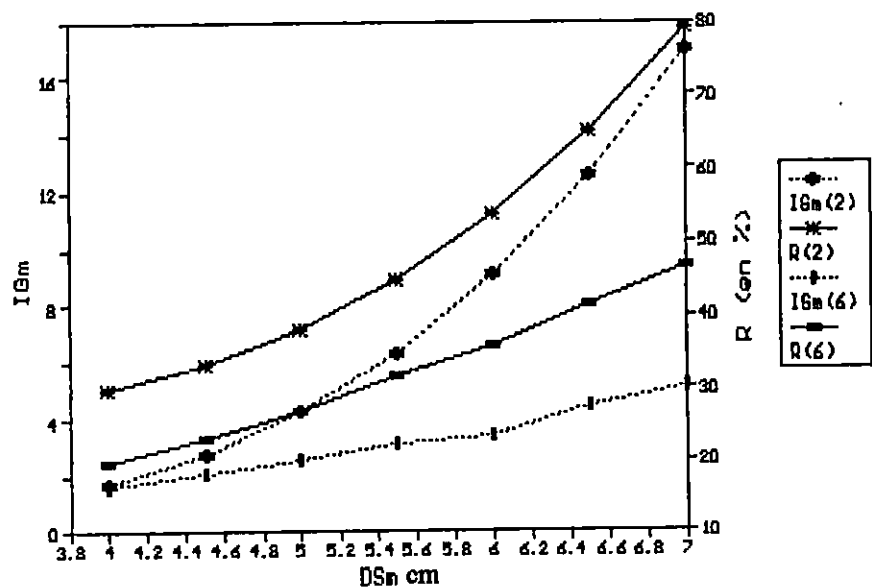


Figure 11 : Evolution de l'indice de rentabilité (R%) et de l'indice gonadique moyen (IGm) pour la période de ponte (6^{ème} quinzaine) et de préonte (2^{ème} quinzaine) en fonction du diamètre moyen du test sans les piquants (DSm) .

Tableau 17: Equations de l'indice de rentabilité et de l'indice gonadique en fonction du diamètre du test.

Période	Equations	Intervalle de variation des DS et IG expérimentaux
2 ^{ème} quinzaine	IGm = 5.85.10 ⁻³ (DS) ^{4.1} R = 3.25 (IGm) + 23.93	[4.2 - 6.8] [1.75 - 18.87]
6 ^{ème} quinzaine	IGm = 8.42.10 ⁻² (DS) ^{2.12} R = 7.52 (IGm) + 7.77	[4.4 - 7] [1.6 - 8.3]

L'analyse de la figure (11) indique que la rentabilité augmente plus vite avec l'augmentation du diamètre du test pendant la période de pré-ponte (IGm maximal) et dégage une différentielle de 30 % pour les classes de tailles supérieures à 55 mm par rapport au stade post-ponte (IGm minimal). Cette différence est vraisemblablement due à l'accumulation des réserves au sein des gonades pendant la 2^{ème} quinzaine d'échantillonnage. En tenant compte de l'indice gonadique moyen (IGm) pour chaque gamme de taille récoltée (fig.11, annexe 1.4), il apparaît qu'un indice de rentabilité (R%) de 30 à 40% représente un pourcentage en poids rentable pour l'exploitation de *P. lividus*. Les valeurs retenues correspondent à des classes de tailles allant de 50 à 60 mm pendant la période de post ponte (6^{ème} quinzaine) et de 40 à 50 mm pour la 2^{ème} quinzaine d'échantillonnage, avec des indices gonadiques moyens variant de 3.10 à 4.45.

2.4. Dynamique des populations

Cette partie aborde les questions relatives à l'évolution de la population du point de vue de sa croissance et de sa structure démographique.

2.4.1. Structure des populations

Les fréquences des diamètres des tests mesurés pour chaque station sont consignées en annexe 2.1. L'étude des histogrammes de fréquences de tailles de toutes les stations étudiées, a permis d'isoler statistiquement une zone où toutes les stations montrent des populations de structures identiques (fig.12a, 12b); les maximum se situent entre 50 et 55 mm. La méthode de BATTACHARYA (1967) a permis de diviser les stations en deux zones (annexe 2.2, fig.13 a et b):

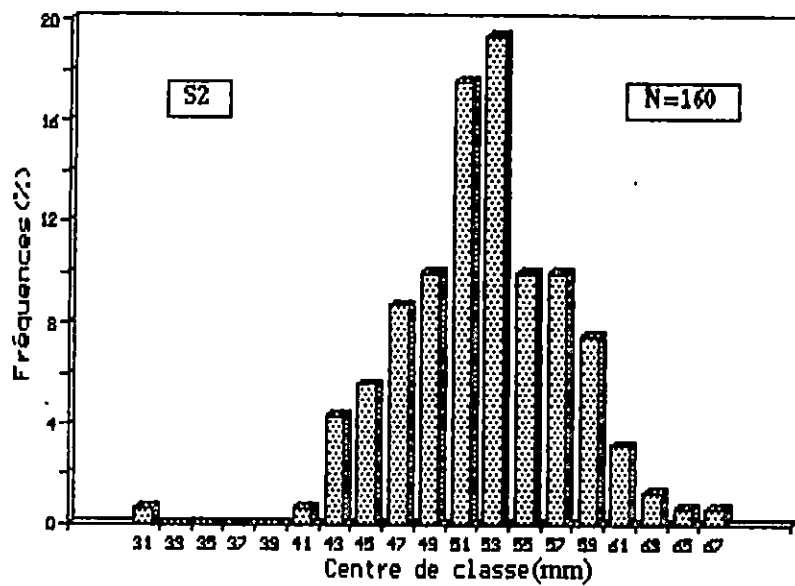
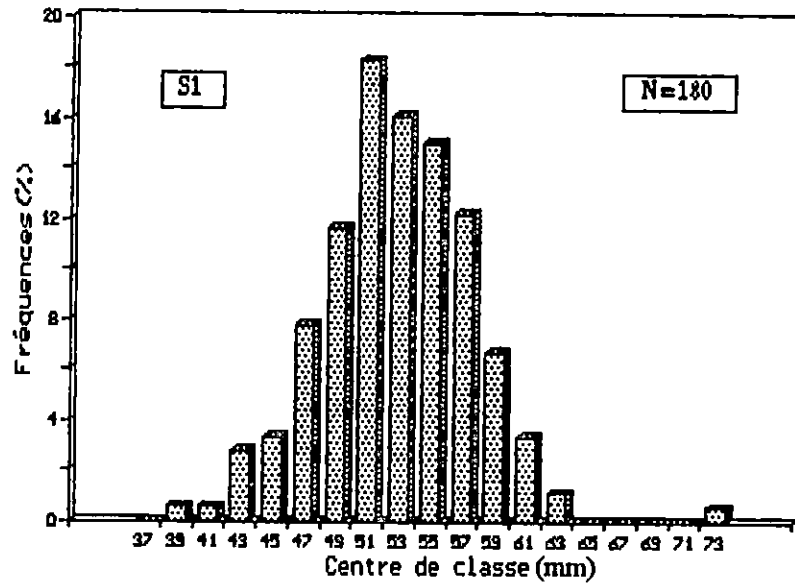


Figure 12 a: Structure de la population de *Paracentrotus lividus* des stations 1 et 2.

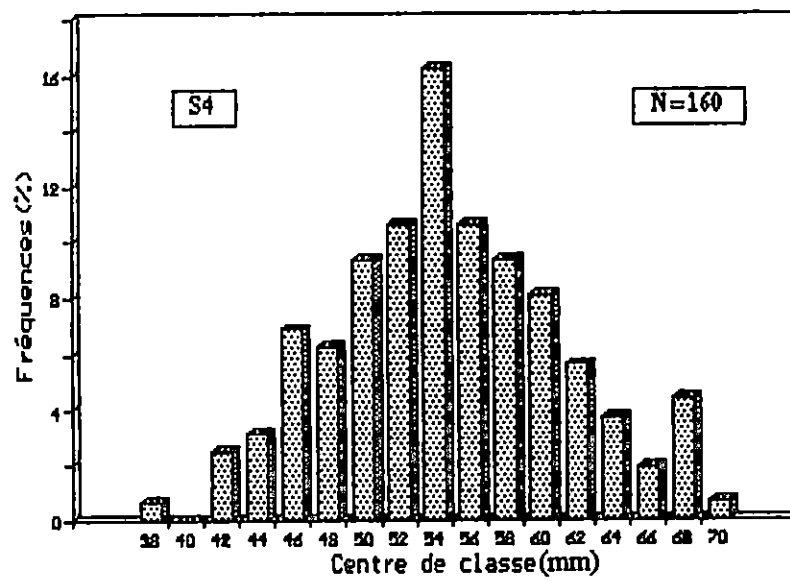
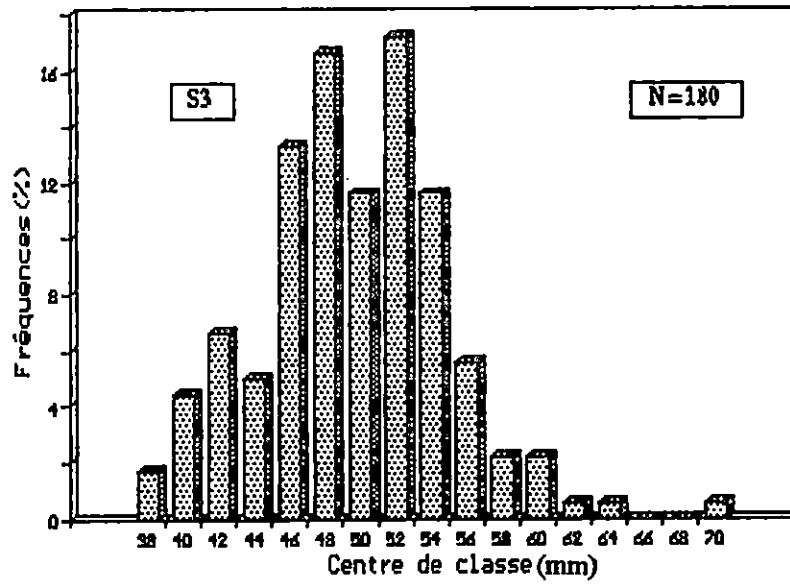


Figure 12 b: Structure de la population de *Paracentrotus lividus* des stations 3 et 4 .

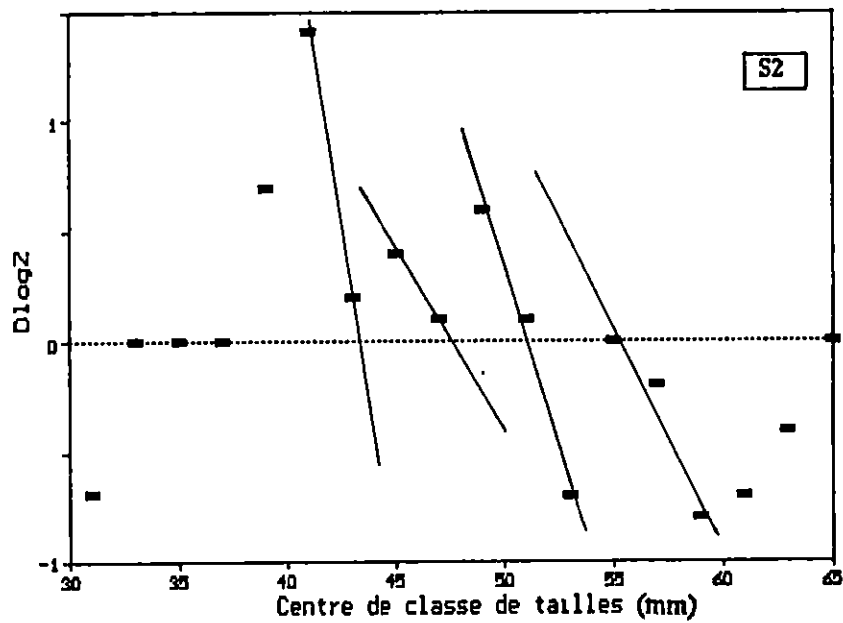
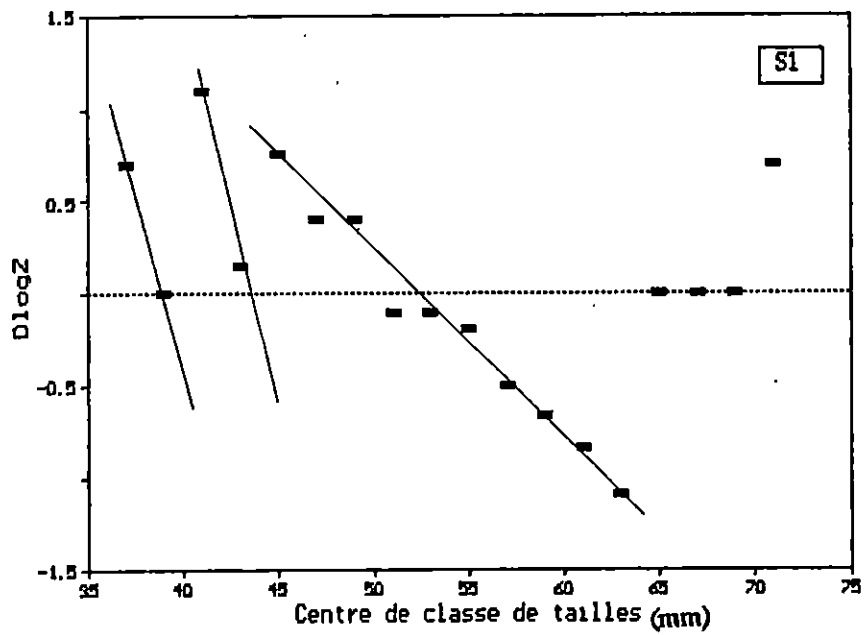


Figure 13 a: Droites de BHATTACHARYA (1967) de *Paracentrotus lividus* pour les station 1 et 2

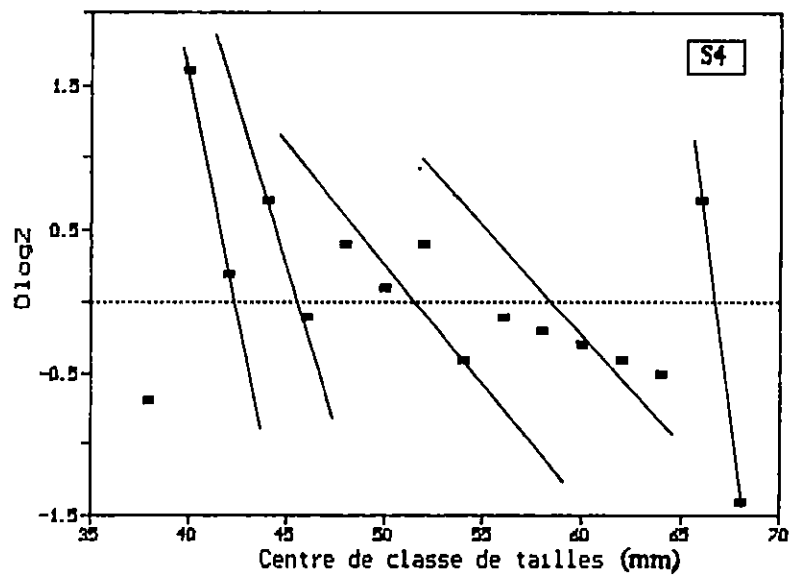
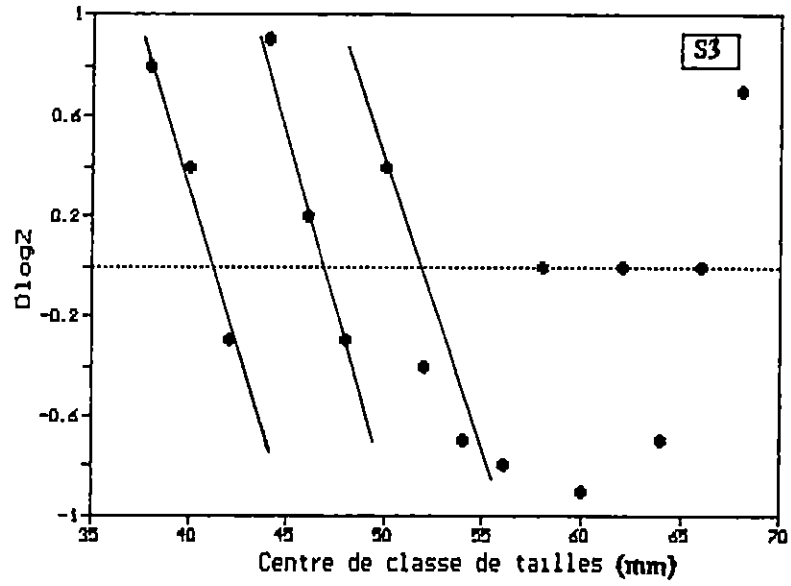


Figure 13 b: Droites de BHATTACHARYA (1967) de *Paracentrotus lividus* pour les stations 3 et 4.

- zone où les individus sont grands, avec des sous populations gaussiennes dans des classes d'âge élevées, diamètres au dessus de 55 mm (tabl.18, fig.13). Ce sont les stations 2 et 4, où 80% des individus ont des tailles supérieures à la taille marchande (40 mm définie par REGIS, 1979; LE DREAC'H, 1987)

- zone où les individus sont plus petits, mais restent encore favorable à une exploitation rentable. Pour la station 1, 70% des individus récoltés dépassent la taille marchande (annexe 2.1), mais les populations les plus âgées (diamètres sans les piquants supérieurs à 55 mm) tendent à disparaître. Pour la station 3, la taille moyenne des individus récoltés est inférieure à 50 mm, 50% des individus dépassent 40 mm.

Tableau 18: Diamètre moyen de chaque sous-population calculé selon la méthode de BHATTACHARYA (1967)

Stations	Diamètre moyen pour chaque sous- population (mm)					
1	40	44.3		53		
2		44.3	48.7	52.1	56.30	
3		42.1	47.9	52.2	59	63
4		43.3	46.8	51.6	54.55	67.7

La variabilité du diamètre moyen (DSm) inter-stations a été vérifiée par une analyse de variance non paramétrique (test de KRUSKAL et WALLIS in DAGNELIE, 1975). Les résultats montrent que l'hypothèse de différence des diamètres de la population de *P. lividus* échantillonnée ne peut être rejetée. $KHi^2_{obs} = 16.124 > KHi^2_{99.9\%} = 16.3$, pour 3 degrés de liberté. (annexe 2.3). La différence des diamètres est significative au seuil de risque $\alpha = 0.01\%$, ce qui confirme les résultats obtenus par la méthode de BHATTACHARYA (1967).

L'étude de la variabilité du diamètre moyen (DSm) à l'intérieur des 4 stations, constitue un indice simple de l'évolution de la structure démographique des populations de *P. lividus* dans la zone étudiée. Le calcul de l'intervalle de confiance autour des (DSm) par stations et la représentation graphique (fig. 14) montrent que les variations sont statistiquement significatives au moins pour la plupart des stations (non chevauchement des intervalles de confiance d'une station à l'autre). Le (DSm) varie en fonction de la nature du substrat et/ou de la profondeur. Le tableau 19 montre que les grands individus se retrouvent dans la station 4 (herbier dense).

La méthode de BHATTACHARYA (1967) a permis de distinguer au niveau de cette station 6 classes de tailles, le diamètre moyen de l'ensemble de la population est de 54.18. cm contre 49.02 pour la station 3 (herbier sur roche). Or à la suite des observations, il semble que le diamètre moyen (DSm) des oursins des stations 1 et 2 ne sont pas très différent. La différence entre les deux stations revient donc uniquement au nombre des sous populations respectives et au pourcentage des individus dépassant la taille marchande.

Tableau 19: Diamètres moyens pour l'ensemble de la population de *P. lividus* au niveau de chaque station

Statio ns	Nature du substrat	Profondeur (m)	n	DS moy	IC
1	Roche	1	180	52.27	0.35
2	Eboulis	2	160	51.69	0.41
3	HR	1.5	180	49.02	0.39
4	HD	4	160	54.18	0.51

DSmoy.: diamètre moyen pour l'ensemble de la population,
 IC : intervalle de confiance, HR : herbier sur roche, HD : herbier dense,
 n : effectifs

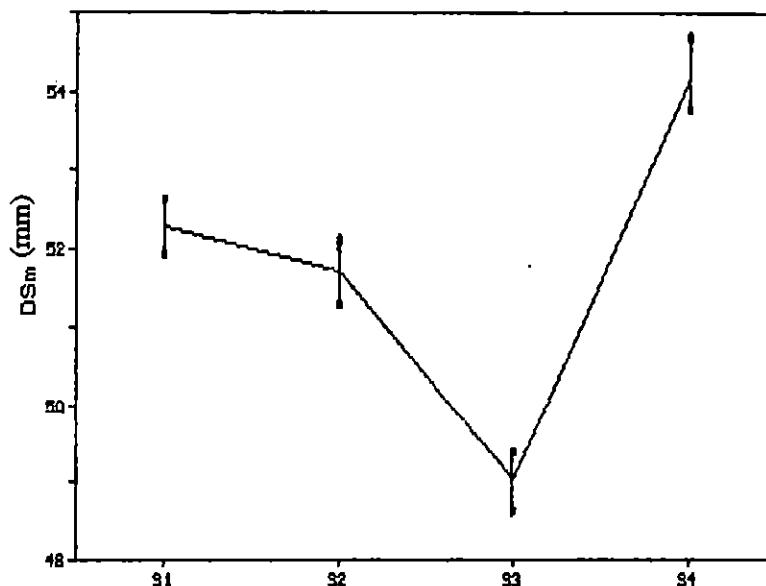


Figure 14 : Variation du diamètre moyen sans les piquants (DSm) de *P. lividus* au niveau des quatre stations et intervalle de confiance.

2.4.2. Croissance

2.4.2.1. Clé âge-longueur

Du mois de mai au mois de septembre 1995, les diamètres sans les piquants (DS) des 680 individus échantillonnés ont été répartis par intervalles de classe de 1 mm. Les individus de moins de 40 mm de diamètre en moyenne, en raison de la définition de la taille marchande, ont été délibérément délaissés. En conséquence, les tailles inférieures à cette valeur sont peu ou pas représentées dans les distributions statistiques.

2.4.1.1.1. Méthode de PETERSEN (1892)

Le principe retenu consiste à répartir dans le temps les différents modes observés (annexe 2.4). Pour chaque mois, les modes sont identifiés (fig. 15 a et b); ils correspondent aux *maxima* des effectifs (tabl. 20).

Tableau 20: Modes obtenus dans la distribution mensuelle des effectifs de *Paracentrotus lividus*.

Modes Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mai	38.5	40.5	44.5	48.5	51.5	53.5	56.5	58.5	60.5		68.5
Juin			45.5	47.5	51.5		56.5		60.5	64.5	67.5
Juillet	38.5	41.5	45.5	47.5	51.5	53.5	56.5		61.5		67.5
Août			46.5	47.5	52.5			59.5	62.5		67.5
Septembre		42.5	46.5	50.5	52.5	54.5	56.5	60.5		65.5	

La première opération a consisté à déterminer l'âge du 1^{er} mode identifié dans les distributions obtenues. La technique utilisée a été de comparer la plus petite valeur modale obtenue avec les résultats d'AZZOLINA (1988) après lecture des stries d'accroissement de *P. lividus* (tabl. 21).

La figure 15 montre que seuls les histogrammes du mois de mai et de juillet présentent une allure polymodale. Le premier laisse apparaître 10 modes à partir des centres de classes de 35 à 40 mm et le second montre 9 modes. Les modes du mois de mai présentent des effectifs très réduits, aussi serait-il abusif de les attribuer à des classes d'âge différentes dès lors que l'on sait que la méthode de PETERSEN (1892 *in* LE GUEN et MORIZUR, 1989) exige des effectifs élevés. Les résultats quoique fragmentaires sont consignés dans le tableau 21.

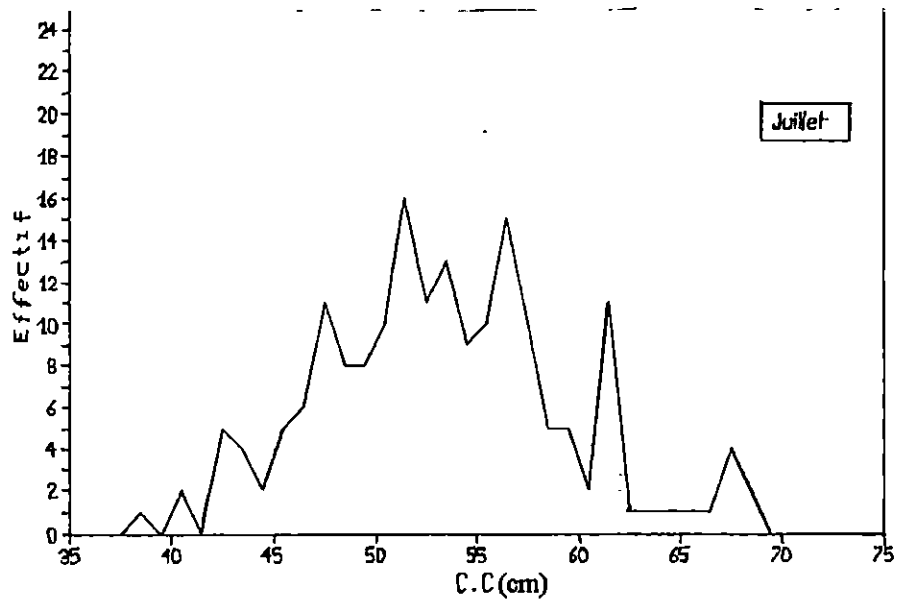
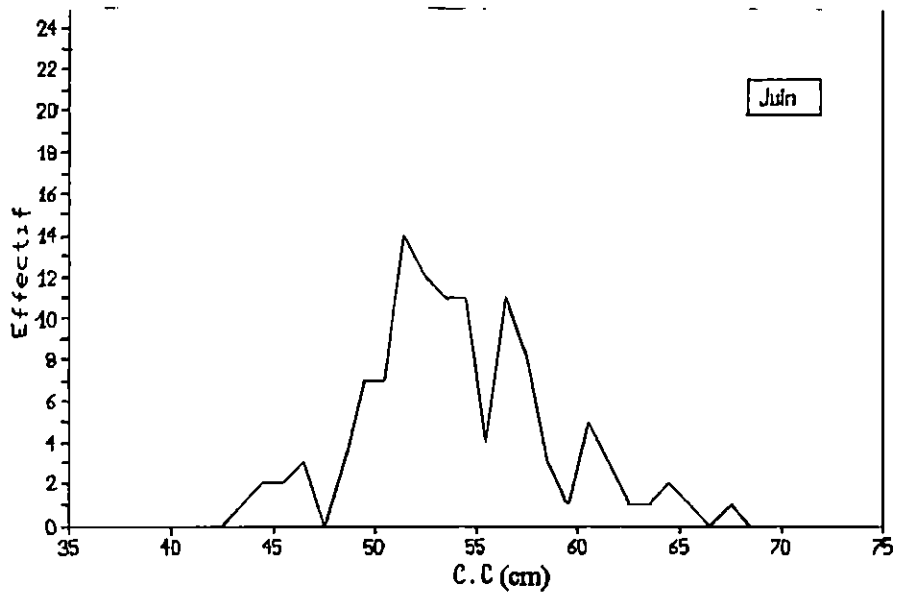
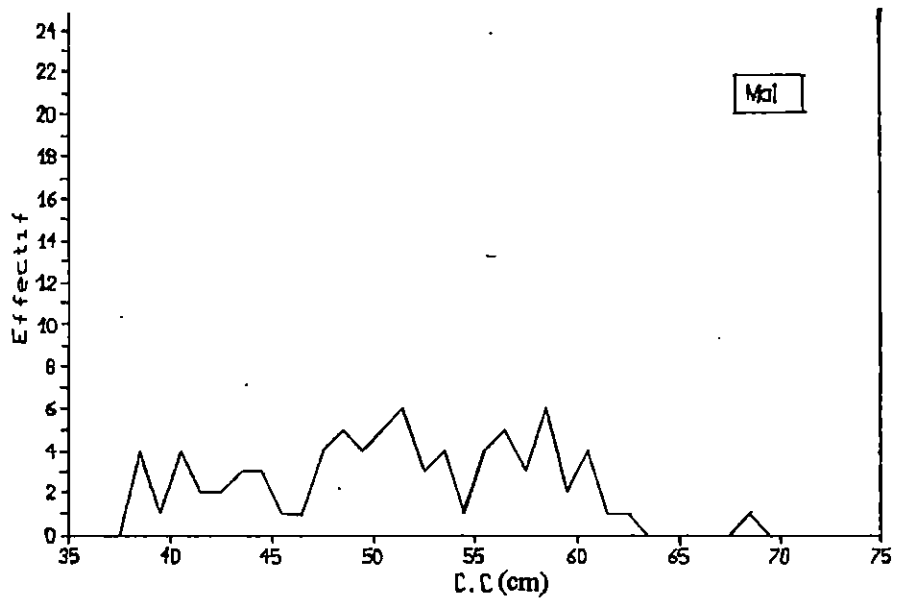


Figure 15 a : Histogramme de fréquence de tailles de *P. lividus* de la zone étudiée. Méthode de PETERSEN, (1892 in LE GUEN et MORIZUR, 1989)

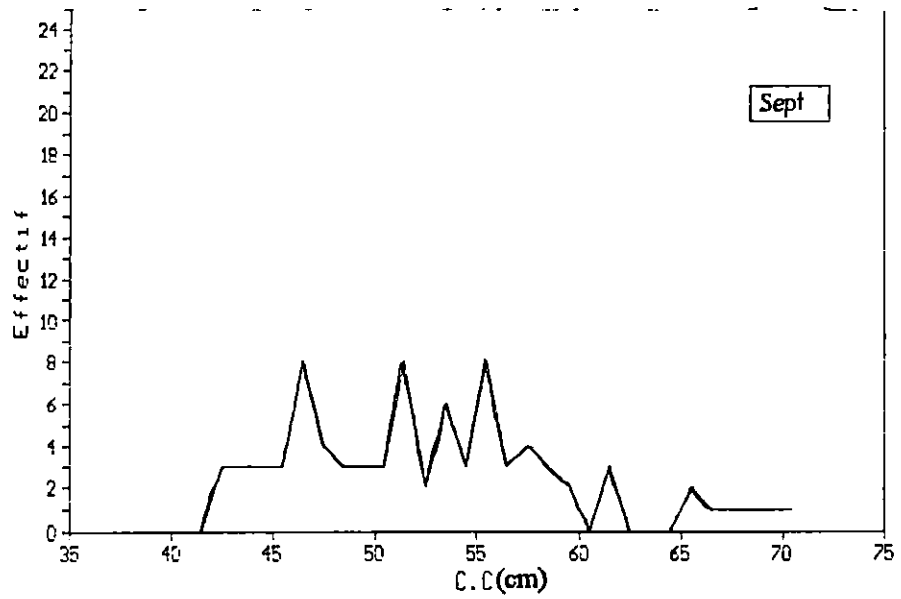
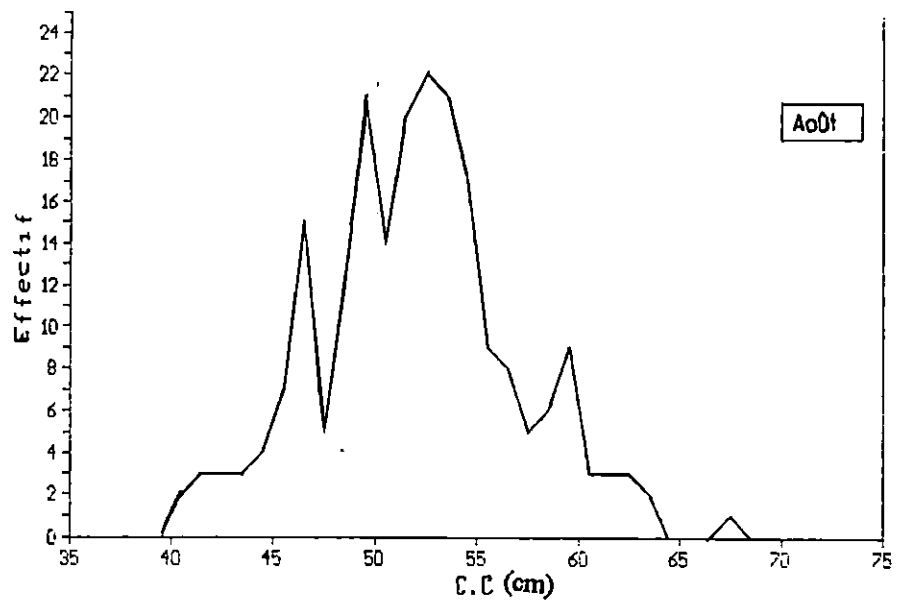


Figure 15 b : Histogramme de fréquence de tailles de *P. lividus* de la zone étudiée. Méthode de PETERSEN, (1892 in LE GUEN et MORIZUR, 1989)

Tableau 21: Résultats de la croissance de *P. lividus* obtenus par AZZOLINA (1988).

Groupe d'âge	1	2	3	4	5	6	7
Age moyen	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5
Diamètre moyen (mm)	20.72	29.30	37.38	41.45	45.79	49.25	51.5

Par analogie à la clé-âge longueur obtenu par AZZOLINA (1988), l'âge moyen établi pour les différents modes, aboutit à une concordance des résultats (tabl. 22). Le taux d'accroissement par contre présente des fluctuations très nette d'une taille moyenne à une autre, ceci semble être lié à l'aspect subjectif de cette méthode pour la détermination des composantes.

Tableau 22: Décomposition en classes d'âges par la méthode de PETERSEN (1892 in LE GUEN et MORIZUR, 1989), pour les effectifs du mois de juillet 1995.

Groupe d'âge	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Valeur modale (mm)	38.5	42.5	45.5	47.5	51.5	53.5	56.5	61.5	67.5
Taux d'accroissement mm/an	3	4	2	4	2.4	3	5	6	

2.4.2.1.2. Méthode de BHATTACHARYA (1967)

L'amplitude (h) des classes de taille doit être faible au regard des écart types estimés (s) des groupes d'âge déterminées: LAURENT et MOREAU (1973) donnent la valeur critique de 2.2 pour le rapport (h / s). L'amplitude de 1 mm correspondant à la précision de la mesure, a donc été adopté (tab. 23). Une amplitude supérieure conduirait de surcroît à éliminer certaines classes d'âge faiblement représentées, mais biologiquement significatives (classes jeunes, en raison du biais d'échantillonnage déjà évoqué au § 2.4.2.1, ou classes âgées, d'effectif faible à l'intérieur de la population).

Tableau 23: Modes et tailles moyennes obtenus par la méthode de Bhattacharya (1967)

Modes	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tailles moyennes (mm)	38.6	40.9	41.7	46.8	49.8	52.6	56.5	56.7	61.1	62.5	63	67.8	70.5
Variance (s ²)	0.26	0.49	2.33	1.40	3.05	5.13	1.39	5.70	0.82	8.32	2.38	0.83	1.75
Ecart type (s)	0.51	0.70	1.53	1.18	1.75	2.26	1.18	2.40	0.91	2.88	1.54	0.91	1.32
Précision (h / s)	1.95	1.43	0.66	0.84	0.57	0.44	0.85	0.42	1.10	0.35	0.65	1.1	0.76

Sur les données brutes (annexe 2.4), le nombre de sous population est estimé à 13 (tabl 24). si l'on ajoute 1 à chaque classe de taille pour qu'il n'y ait pas de classes à effectif nul (LE DIREAC'H, 1985). Les distributions de fréquences de taille pour cette méthode (fig. 16) ont été analysées après lissage en utilisant un pas de 2 (tabl. 24), de façon à éliminer les sous populations fictives engendrées en raison de l'irrégularité des modes de la distribution obtenue. L'intérêt de cette façon de procéder est de supprimer, ou tout au moins d'atténuer, la variabilité de croissance attribuée au cycle gonadique des oursins (AZZOLINA, 1988). L'hypothèse du double pic de reproduction en mai et septembre, selon FENAUX (1968) et VERLAQUE (1984), inhibe fortement le taux de croissance, la longueur du test ne croît plus quant les gonades sont en phase de maturation. L'âge du premier mode a également été établi, en se référant aux résultats obtenus par AZZOLINA (1988).

Tableau 24: Décompositions en classes d'âges de l'histogramme de fréquence de tailles par la méthode de BHATTACHARYA (1967).

Groupe d'âge (ans)	3.5		4.5		5.5		6.5		7.5		8.5		9.5	
Taille moy. (mm)	38.6	40.9	41.7	46.8	49.8	52.6	56.5	56.7	61.1	63	62.5	67.8	70.5	
Taille moy. après lissage (mm)	38.6	41.30		48.3		54.6		58.9		62.8		69.2		
Taux d'accroissement (mm) / an	2.7		7		6.3		4.3		3.9		6.4			

Après lissage, cinq composantes se dégagent de cette décomposition. La première et la dernière sous population n'ont pas été prises en considération, en raison de leur faible effectif. Les valeurs de 38.6 et de 69.2 correspondant à 3 individus en moyenne pourrait introduire un biais dans l'estimation des paramètres de croissance. Mais d'après l'allure de la suite des points, il existerait en fait deux sous populations. Les résultats montrent que les tailles moyennes obtenues à partir du groupe d'âge 5 sont supérieures à celles obtenues par la méthode de PETERSEN (1892 *in* LE GUEN *et* MORIZUR, 1989). L'écart entre les tailles moyennes des groupes d'âges 4 et 5 est très différent selon la méthode; il est de 4 mm avec la méthode de PETERSEN (1892 *in* LE GUEN *et* MORIZUR, 1989) et de 7 mm avec cette méthode (BHATTACHARYA, 1967). Comparativement aux données d'AZZOLINA (1988), la similitude pour les groupes d'âges obtenus par la méthode de BHATTACHARYA (1967) est moins évidente que la méthode de PETERSEN (1892 *in* LE GUEN *et* MORIZUR, 1989). En fait, une nette différenciation des tailles moyennes apparaît à partir de l'âge 5. Il est important de souligner qu'il pourrait y avoir une surestimation des tailles, d'autant plus que l'accroissement inter-individuel est élevé, mis à part les groupes d'âges 6 et 7 qui semble légèrement compatibles. Selon REGIS (1987) et AZZOLINA (1988), le taux annuel de croissance

pour les individus dont le diamètre est compris entre 40 et 50 mm est de 4 mm. Cependant, les résultats obtenus par la méthode de BHATTACHARYA (1967) ont été retenus pour le calcul des paramètres de croissance. Le choix de cette méthode revient à l'évolution de l'accroissement inter-individuel. Le taux de croissance diminue au fur et à mesure que les individus avancent en âge.

2.4.2.2. Modélisation

2.4.2.2.1. Modélisation avec détermination de l'âge

Les résultats de la méthode de BHATTACHARYA (1967) ont permis de modéliser la croissance linéaire selon l'équation de VON BERTALANFFY (1938 *in* SPARRE et VENEMA, 1992). Les paramètres de croissance K , L_{∞} et t_0 , déterminés par la méthode d'ABRAMSON et TOMLINSON (1961 *in* SAILA et PRAGER, 1987) sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau 25: Paramètres de croissance déterminés par la méthode d'ABRAMSON et TOMLINSON (SAILA et PRAGER, 1987).

Paramètres	L_{∞} (mm)	K	t_0 (ans)
	78	0.22	1.075

2.4.2.2.2. Modélisation sans détermination de l'âge

La méthode de WETHERALL *et al.* (1984 *in* WETHERALL, 1986) (annexe 2.5) a rendu possible la détermination de L_{∞} (fig. 17) et Z/K sans connaissance préalable de l'âge, en se basant uniquement sur les fréquences de longueurs. Les paramètres sont portés dans le tableau 26.

Tableau 26: Détermination de L_{∞} et Z/K par la méthode de WETHERALL *et al.* (1984 *in* WETHERALL, 1986), r : coefficient de corrélation.

Paramètres	L_{∞} (mm)	Z/K	Equation	r
	73	1.054	$y = 0.735x + 19.32$	0.99

Le tableau 27 récapitule l'ensemble des paramètres estimés par les différentes méthodes.

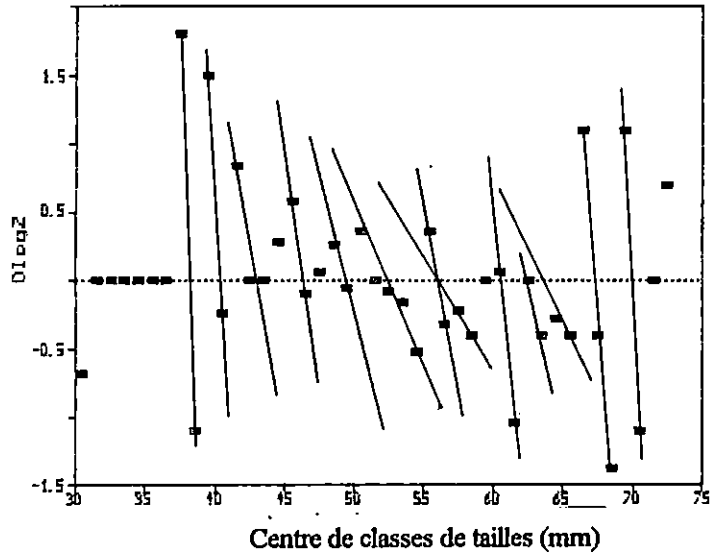


Figure 16 : Décomposition de l'histogramme de fréquence de taille de *P. lividus* par la méthode de BHATTACHARYA (1967)

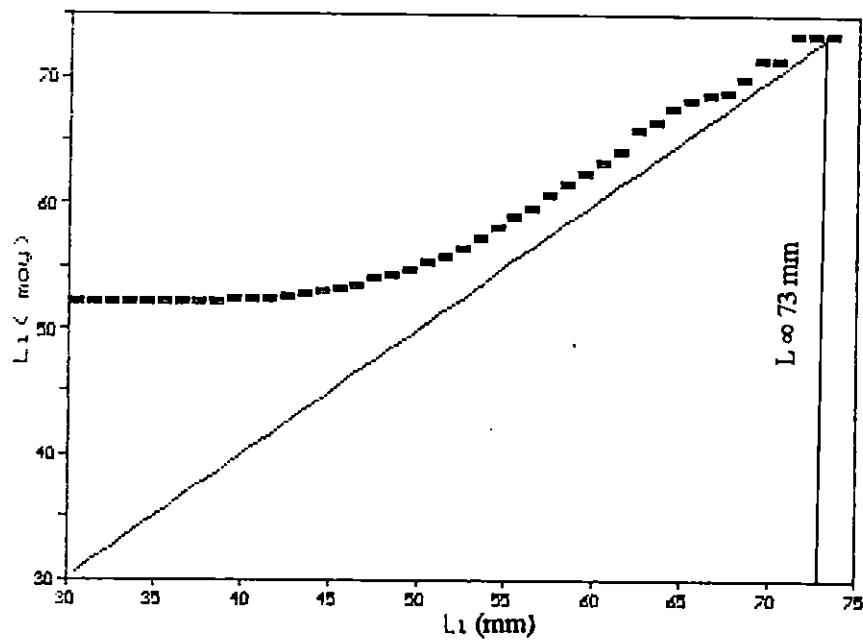


Figure 17: Détermination de L_∞ et Z/K de *Paracentrotus lividus* par la méthode de WETHERALL et al. (1984 in WETHERALL, 1986)

Tableau 27: Paramètres de la croissance estimés par les méthodes d'ABRAMSON et TOMLINSON (1961 in SAILA et PRAGER 1987) et de WETHERALL *et al.* (1984 in WETHERALL, 1986).

Méthode	ABRAMSON et TOMLINSON (1961)	WETHERALL <i>et al.</i> (1984)
Paramètres		
L_{∞} (mm)	78	73
K	0.22	-
to (ans)	1.075	-
Z/K	-	1.054
Z	-	0.23

La courbe de croissance théorique est représenté par la figure 18.

2.4.3. La mortalité

Le tableau 28 résume les valeurs des coefficients de mortalité naturelle (M) obtenues par différentes méthodes. La valeur M (0.296) déterminée par la méthode de DJABALI *et al.* (1994), donne une surestimation, quoi que légère, de ce coefficient relativement aux résultats obtenus par les autres méthodes. Cette valeur dépend des estimations de L_{∞} et K, donc de la manière dont est effectué l'échantillonnage et du nombre de groupes d'âges y figurant. Cette méthode peu adaptée aux Echinodermes permet néanmoins de situer l'état du stock, même de façon approchée. Le coefficient de mortalité naturelle retenu (M=0.243 / an) représente la moyenne des trois méthodes d'estimations utilisées (FARRUGIO *et al.*, 1995).

Tableau 28: Estimation de la mortalité naturelle M par les méthodes de TAYLOR (1959 in KORICHI 1988), WETHERALL *et al.* (1984) et DJABALI *et al.* (1994).

Méthodes	TAYLOR (1959)	WETHERALL <i>et al.</i> (1984)	DJABALI <i>et al.</i> (1994)
M	0.204	0.232	0.296

2.4.4. Densité

L'examen des résultats (annexe 2.6) sur l'ensemble des stations et leurs moyennes respectives (tabl. 29, fig. 19), ont permis de mettre en évidence une forte disproportion dans la répartition du nombre d'oursins comestibles (*Paracentrotus lividus*) dans les surfaces observées.

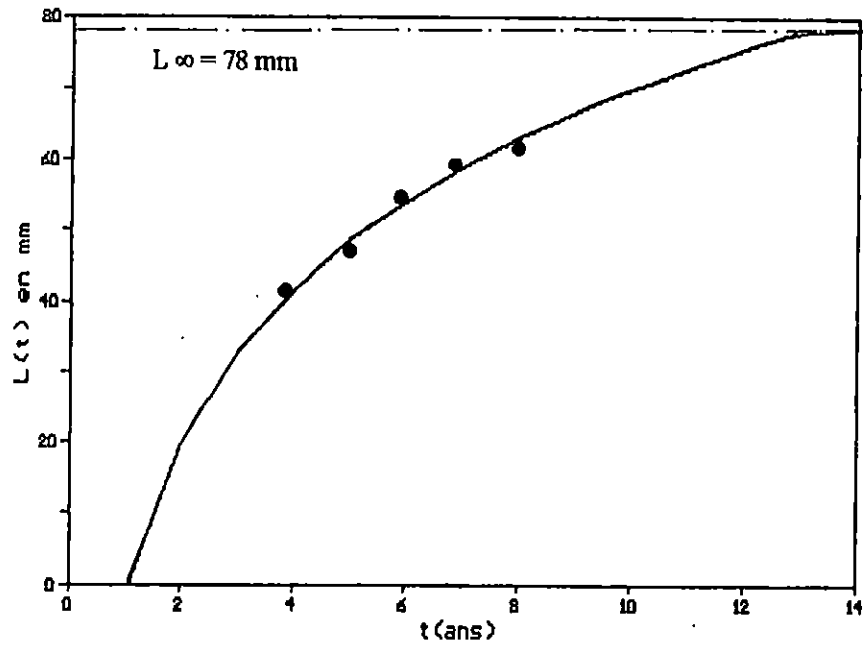


Figure 18 : Courbe de croissance de *P. lividus* ajustée par la méthode de TOMLINSON ABRAMSON (1961 in SAILA et PRAGER 1987) .

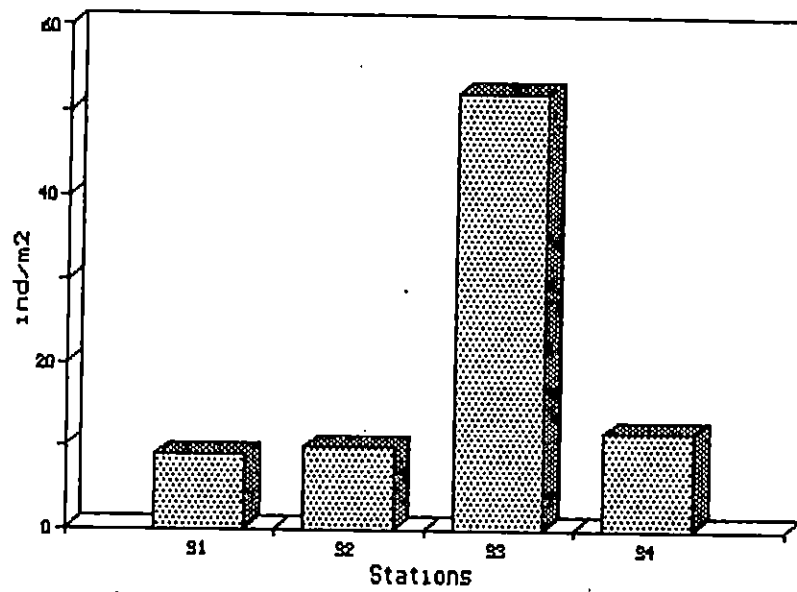


Figure 19 : Histogramme de densité moyenne de *P. lividus* au niveau des quatre stations étudiées .

Tableau 29 : Densités moyennes de *P. lividus* dans les différentes stations

Stations	S1	S2	S3	S4
\bar{X} ind / m ²	8.9	10.1	52.2	11.83
n (m ²)	30	30	10	18
σ	5.86	4.71	16.66	6.2
σ^2	35.52	24.21	308.35	40.70
Profondeur (m)	1	2	1.5	4

n: nombre de m² explorés; σ : écart type; σ^2 : variance. S1: roche; S2: éboulis; S3: herbier sur roche; S4: herbier à *Posidonia oceanica*.

Le pic de densité est observé au niveau de la station (3), il présente une moyenne de 52.2 individus par mètres carrés. La différence de densité paraît être conditionnée par la nature du substrat et dans une moindre mesure par la profondeur. De ces résultats il ressort également que la distribution des oursins / m² est fortement agrégative, la variance est supérieure à la moyenne, et donc la méthode classique de calcul de l'intervalle de confiance ne présente pas d'intérêt.

La loi de TAYLOR (1961 in FRONTIER, 1981) utilisée repose sur le fait que, dans le cas de répartition agrégative, la variance σ^2 d'une population est proportionnelle à une fonction puissance de la moyenne arithmétique (\bar{X});

$$\sigma^2 = K \bar{X}^b \quad \text{ce qui équivaut à:} \quad \text{Ln}\sigma^2 = \text{Ln}K + b\text{Ln} \bar{X}$$

Cette transformation permet de normaliser la distribution de fréquence et de stabiliser la variance.

L'étude de la régression $\text{Ln}\sigma^2$ en fonction de $\text{Ln}\bar{X}$ donne une corrélation significative ($r=0.975$), ce qui indique que cette équation représente correctement la relation existant entre les deux variables. Le coefficient de régression (b) de la droite est égal à 1.33 et l'exposant p de la transformation future sera donc égal à $(1 - 1.33/2)$; soit 0.34.

$$Y_1 = X_1^p = X_1^{1-1.33/2} = X_1^{0.34}$$

La moyenne arithmétique des valeurs transformées:

$$\bar{Y}_1 = \sum X_1^{1-b/2} / n = 2.613;$$

avec l'écart type de la population $S_y = 0,821$

La densité de la population dans l'espace étudié est donc:

$$X = (\bar{Y})^{1/1-b/2} = 16.858 \text{ individus / m}^2$$

$$X = 17 \text{ individus / m}^2$$

L'intervalle de confiance de la densité moyenne de *Paracentrotus lividus* est le suivant:

$$IC = t_1 - \alpha/2 \frac{S_y}{\sqrt{n}} ; \quad (\alpha = 5 \%)$$

$$IC = 2.353 \times \frac{0.821}{\sqrt{4}} = 0.965$$

- minimum: $\bar{X} \cdot IC/2 = 8.1 \text{ ind./m}^2$

- maximum: $\bar{X} \cdot 2/IC = 35.12 \text{ ind./m}^2$

$$\bar{X} \in [8.1 , 35.12]$$

Soit 8 à 35 individus / m²

2.5. Résultats Microbiologiques

2.5.1. Evaluation de la qualité microbiologique de l'eau de mer

Les concentrations expérimentales en germes tests de contamination fécale de la station 1 obtenues par les méthodes d'analyses préconisées par le P.N.U.E / OMS (1995) sont résumées dans le tableau suivant:

Tableau 30: Résultats des analyses microbiologiques de l'eau de mer.

Dates	CT/100ml	CF/100m l	SF/100ml	Germes pathogène	Etat de la mer
20-5-95	43	4	9	absence	calme
27-5-95	700	700	240	//	//
3-6-95	93	21	43	//	//
10-6-95	3	3	3	//	//
1-7-95	240	43	9	//	//
9-7-95	43	3	150	//	//
15-7-95	2700	2700	90	//	peu agitée
22-7-95	1500	1500	93	//	//
30-7-95	750	200	23	//	calme
6-8-95	43	9	3	//	peu agitée

Les résultats obtenus par le modèle de la probabilité logarithmique normale avec référence aux critères provisoires O.M.S./P.N.U.E (1985) de la qualité de l'eau sont présentés sous forme synoptique dans le tableau 31.

Tableau 31: Qualité microbiologique de l'eau de mer, évaluation selon un modèle gaussologarithmique.

Concentrations expérimentales	S	Ic ^a 95%	Ic ^b 95%
CT50=263 CT80=1012 CT84=1163 CT95=1655	1.487	95	806
CF50=115 CF80=584 CF90=877 CF100=1261	1.81	33	446
SF50=41 SF90=154	1.174	17	95

S: déviation standard; Ic^a: Limite inférieure de l'intervalle de confiance de la moyenne des concentrations en germes; Ic^b: Limite supérieure de l'intervalle de confiance de la moyenne des concentrations en germes

Pour l'évaluation de la qualité microbiologique des eaux de baignades, l'O.M.S/P.N.U.E (1985) (tabl. 32) prend comme critère les Streptocoques fécaux (SF50, SF90) et les Coliformes fécaux (CF50, CF90). Sur cette base d'évaluation, les résultats obtenus sont considérés comme étant dans les normes établies pour la baignade (fig. 20). Toutefois, les concentrations en Coliformes fécaux obtenues dépassent les critères de salubrité concernant les eaux de récolte des fruits de mer, dans 80 % et 100% des échantillons analysés (fig. 21). Les intervalles de confiance calculés (tabl. 31), signifient que 95% des valeurs se situeraient dans l'intervalle compris entre [33 - 446] CF / 100ml, [95 - 806] CT / 100 ml et [17 - 95] SF / 100 ml d'eau de mer analysée. L'intervalle est une mesure des valeurs les plus probables des concentrations médianes observées dans la station d'échantillonnage. Outre ces paramètres, la déviation standard ($1 < S < 3$) des concentrations obtenues, caractérise la zone comme ayant une qualité microbienne variable dans le temps. L'état de la mer, le 15 et 22 juillet (tabl. 30) met en évidence la remise en suspension des germes fécaux piégés dans le sédiment. En ces dates, les teneurs en germes tests de contamination fécale sont maximales. La recherche des salmonelles et des vibrions s'est révélée négative dans tous les prélèvements. Les résultats afférents à ces micro organismes ne figurent donc pas dans les tableaux.

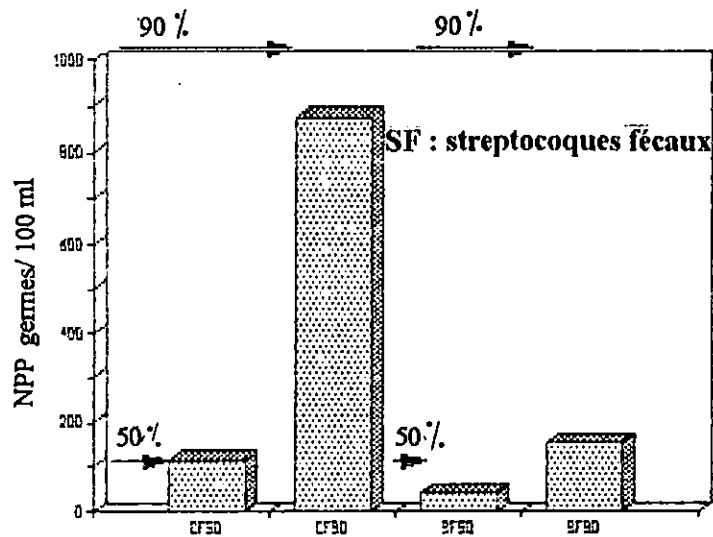


Figure 20 : Evaluation de la qualité microbiologique de l'eau de mer selon les critères de salubrité des eaux de baignades (OMS/PNUE, 1983).

NPP : nombre le plus probable .

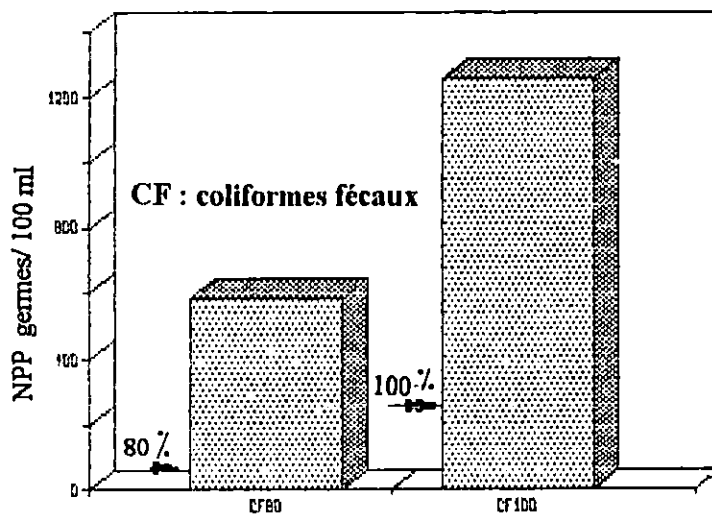


Figure 21 : Evaluation de la qualité microbiologique de l'eau de mer selon les critères de salubrité des eaux conchylicoles .

Tableau 32 : Critères de qualité provisoires pour les eaux de baignade adoptés par les états méditerranéens en 1985.

Paramètres	Concentration par 100 ml à ne pas dépasser		Méthode d'analyse	Méthode d'interprétation
	50%	90%		
Coliformes fécaux	100	1000	Méthode des tubes multiples (O.M.S./PNUE, 1983)	Ajustement graphique ou analytique à une distribution des probabilités lognormale
Streptocoques fécaux	100	1000		

2.5.2. Evaluation de la qualité microbiologique de l'oursin comestible *P.lividus*

Les résultats de dénombrement des indicateurs fécaux rapportés à 100 ml de broyât sont présentés dans le tableau 33. La qualité microbiologique des lots d'oursins analysés est jugée au regard des critères de l'IFREMER (1989). D'une manière générale les Streptocoques fécaux, germes test les plus résistants dans l'eau de mer (RODIER, 1987) sont prépondérant dans tous les prélèvements. La variation des Coliformes totaux est irrégulière, une alternance de maxima et minima est observée pendant toute la période échantillonnée, contrairement aux Coliformes fécaux qui restent faibles et constants pour les 7 prélèvements. Les oursins analysés sont considérés comme impropre à la consommation. La moyenne en germes tests de contamination fécale (fig. 22) dépasse largement les normes prescrits par IFREMER (1989). Comme pour l'eau de mer, la concentration maximale en Coliformes totaux (CT) est enregistré le 15.07. La mer étant agitée le 14.07 (observation personnelle) a probablement contribué à une accumulation de ces germes dans les oursins. Le taux élevé en Coliformes totaux noté le 15.07, est peut être dû à un apport supplémentaire en contaminants dans la zone.

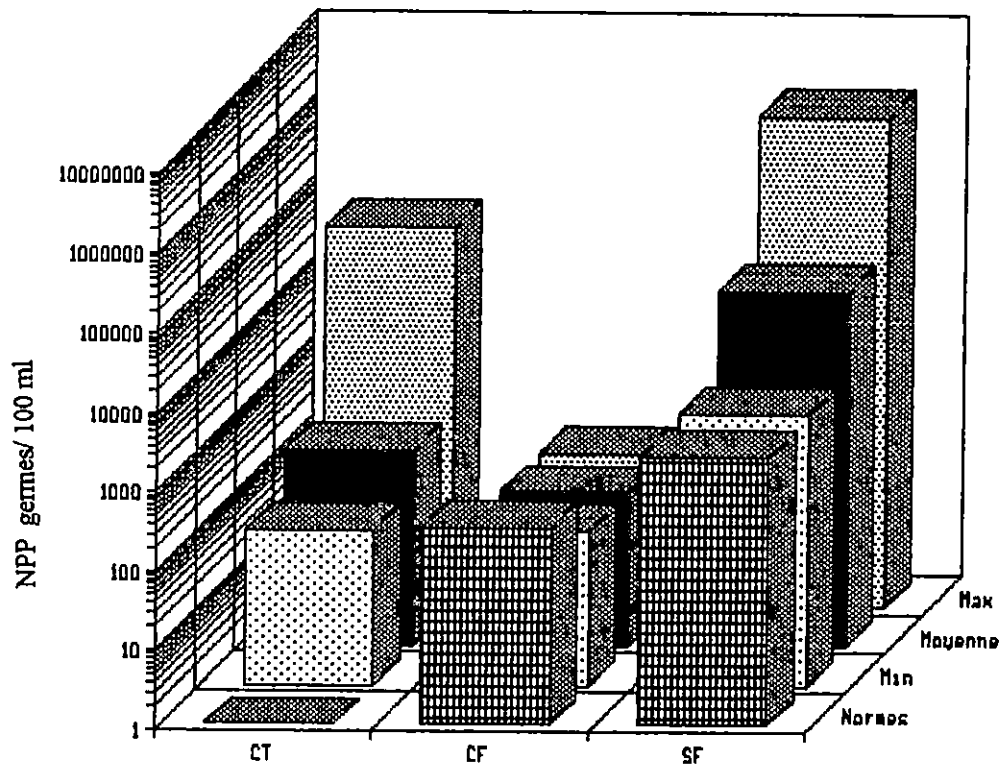


Figure 22 : Evaluation de la qualité bactérienne de *P. lividus* selon les critères établis par IFREMER (1992).

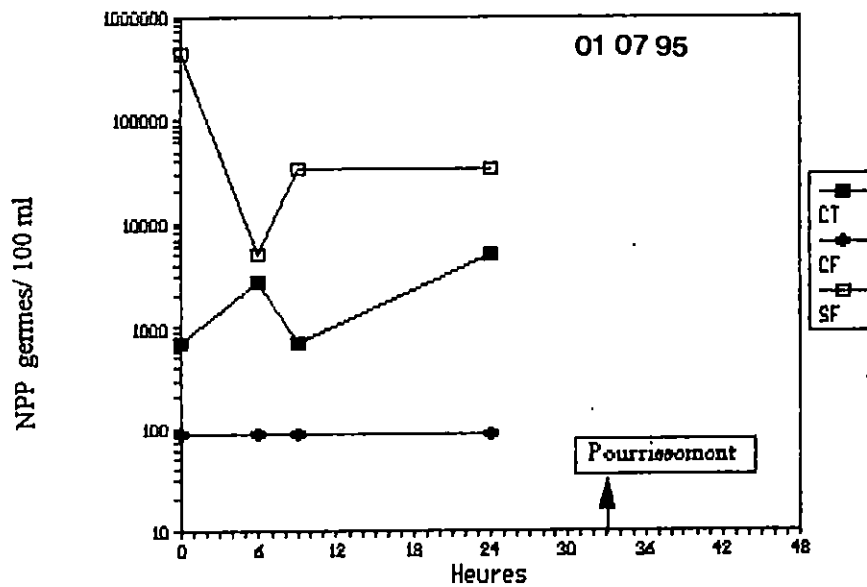


Figure 23 : Evolution de la contamination bactérienne des oursins préconditionnés en copeaux de bois

Tableau 33: Résultats des analyses microbiologiques de l'oursin *Paracentrotus lividus* à T₀. (heure initiale du prélèvement; *: IFREMER, 1989).

Dates	Germes	CT/100ml de broyât	CF/100ml de broyât	SF/100ml de broyât	Qualité du produit
10-6-95		90	90	2790	Hors normes
01-7-95		690	90	450000	Hors normes
09-7-95		90	90	500000	Hors normes
15-7-95		60000	90	6000	Hors normes
22-7-95		90	90	27000	Hors normes
30-7-95		90	90	6000	Hors normes
06-8-95		90	90	12000	Hors normes
*Critères microbiologiques applicables aux oursins présentés vivants			300	2500	

2.5.3. Evaluation de la contamination bactérienne de l'oursin *Paracentrotus lividus* préconditionné

Les résultats en germes tests de contamination fécale des différents préconditionnements sont consignés dans les tableaux 34, 35; et 36. L'analyse des tableaux permet de faire ressortir ce qui suit:

- pour les oursins préconditionnés en copeaux de bois humidifiés à l'eau de mer (tabl. 34), la contamination en germes tests après emboîtement n'est pas uniforme, il existe une dénaturation très nette entre les différentes heures d'observations. En effet, 6 heures après l'emboîtement il y a diminution très nette de la charge bactérienne en Streptocoques fécaux; 9 heures après il y a augmentation de cette même charge; enfin, on note une stabilité de la concentration en Coliformes fécaux (fig. 23). Il est noté également une différence importante entre emboîtement en copeaux avec glace et celui sans glace. Le temps de survie des oursins est prolongé de 6 heures après addition de glace. Le maintien d'une bonne qualité organoleptique des oursins préconditionnés en copeaux de bois, ne s'observe pas au delà de 30 heures. L'odeur de marée disparaît après 24 heure d'entreposage. La charge bactérienne au temps zéro (T₀) est trop importante pour pouvoir minimiser l'altération (fig. 24).

Tableau 34: Résultats des analyses microbiologiques des oursins mis en copeaux

Heures Dates	Germes et qualité organoleptique des oursins	T ₀	6 h après	9 h après	24 h après	30 h après	33 à 48 h après
10-06-1995 *	CT CF SF Odeur Aspect externe Aspect interne	90 90 2790 -de marée -bon -bon			690 120 > 33.10 ³ -de copeaux -piquants aplatis -gonades molles		mort des individus après 48 h
01-07-1995 *	CT CF SF Odeur Aspect externe Aspect interne	690 <90 45.10 ⁴ -de marée -bon -bon	2700 < 90 5.10 ³ -de copeaux -bon -bon	690 < 90 33.10 ³ -de copeaux -aplatis -gonade ferme	49.10 ² < 90 33.10 ³ -de soufre -piquants aplatis -gonades molles	pourrissement	
09-07-1995 **	CT CF SF Odeur Aspect externe Aspect interne	< 90 < 90 15.10 ³ -de marée -bon -bon			210 < 90 15.10 ³ -agréable -piquant mobile -bon		
15-07-1995 **	CT CF SF Odeur Aspect externe Aspect interne	6.10 ⁴ < 90 6.10 ³ -de marée -bon -bon			27.10 ² 120 15.10 ³ -agréable -piquants mobile -bon	210 < 90 2700 -mauvaise -piquants aplatis -moyen	mort après 48 h -de soufre -perte des piquants
22-07-1995 **	CT CF SF Odeur Aspect externe Aspect interne	< 90 < 90 27.10 ³ -de marée -bon -bon					mort après 36 h -de soufre -perte des piquants
06-08-1995 **	CT CF SF Odeur Aspect externe Aspect interne	< 90 90 12.10 ³ -de marée -bon -bon	< 90 < 90 6.10 ³ -de marée -bon -bon	< 90 < 90 15.10 ³ -de marée -bon -bon	< 90 90 33.10 ³ -de marée -piquants légèrement aplatis -bon	6.10 ³ < 90 6.10 ³ -de copeaux -piquants aplatis -moyen	mort après 33 h -de soufre -mauvais -mauvais

*: sans glace; **: avec glace.

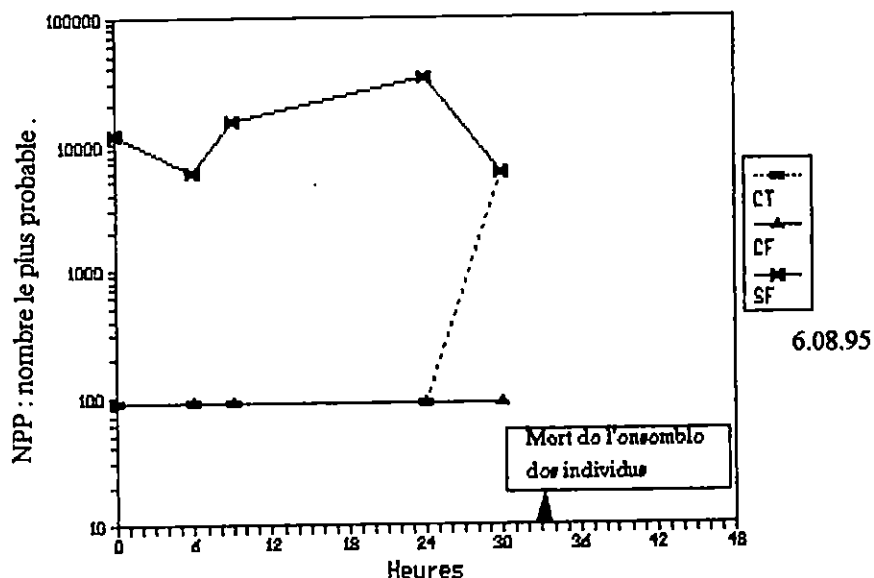


Figure 24 : Evolution de la contamination bactérienne des oursins préconditionnés en copeaux de bois additionnés de glace .

Pour les oursins préconditionnés sous glace, la contamination en streptocoques fécaux varie en fonction du temps (tabl. 35). Les concentrations diminuent après 6 heures de conservation sous glace en ambiance froide puis augmentent 24 h après, sans toutefois atteindre la concentration initiale (T_0) (fig. 25). Un fait remarquable est la stabilité des teneurs en coliformes totaux et fécaux. Selon SOUDAN *et al.* (1965), l'effet du froid sur les coliformes se manifeste généralement par un ralentissement de leur activité métabolique.

Tableau 35: Résultats des analyses microbiologiques des oursins mis sous glace et stockés dans une ambiance froide.

Heures et Dates	Germes et qualité organoleptique des oursins	T_0	6 h après	9 h après	24 h après	30 h après	33h à 48 h après
30-07-1995	CT	< 90	< 90		< 90		
	CF	< 90	< 90		< 90		
	SF	6.10^3	12.10^2		15.10^3		
	Odeur	-de marée	-de marée		-neutre		
	Aspect externe	-parfait	-parfait		-piquants aplatis -gonades fermes		
	Aspect interne	-parfait	-parfait				
06-08-1995	CT	< 90	90	< 90	< 90	< 90	< 90
	CF	90	90	90	90	< 90	< 90
	SF	15.10^3	45.10^2	27.10^2	6.10^3	6.10^3	6.10^3
	Odeur	-de marée	-de marée	-de marée	-de marée	-neutre	-neutre
	Aspect externe	-parfait	-parfait	-légèrement aplatis	-piquants aplatis -parfait	-complètement aplatis	-morts
	Aspect interne	-parfait	-parfait	-parfait	-gonades fermes		

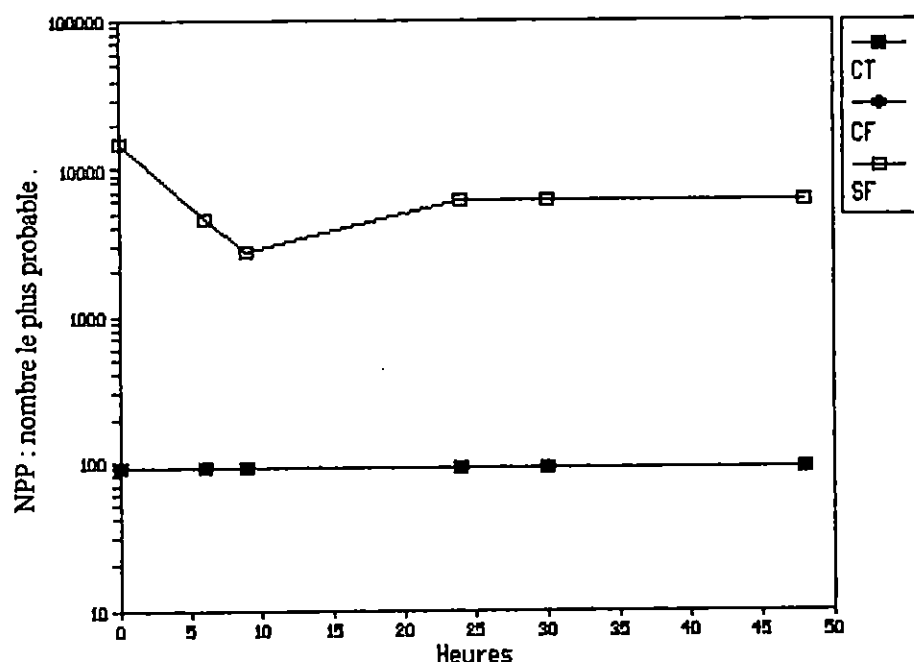


Figure 25 : Evolution de la contamination bactérienne des oursins préconditionnés sous glace et conservés dans une ambiance réfrigérée .

Cette particularité n'a pas été enregistrée chez l'oursin mis en glace et conservés à température ambiante (tabl. 36); la glace ayant fondu après 6 heures de pré-conditionnement.

Les teneurs en coliformes totaux et fécaux ont augmentées et confirment leur sensibilité au froid. Parmi les germes test, les streptocoques fécaux sont le test le plus significatif d'une pollution fécale dans les aliments réfrigérés. La diminution des streptocoques fécaux explique la nécessité d'augmenter le nombre d'observation. La réfrigération de l'air en complément à la réfrigération sous glace paraît nécessaire dans un climat tempéré. Toutefois, au delà de 33 heures les boîtes conservées en ambiance froide (réfrigération) contenaient des oursins ne réagissant plus aux stimuli externes (température, piqûres...). Au delà de 24 heures, la mise en glace entraîne un écrasement des Echinodermes. Les gonades restent fermes jusqu'à 33 heures d'emboîtement. La contamination bactérienne diminue sensiblement après 9 heures d'entreposage sous glace. La durée de conservation paraît être dépendante de la concentration bactérienne initiale.

Tableau 36: Résultats des analyses microbiologiques des oursins préconditionnés sous glace et conservés à température ambiante.

Heures Dates	Germes et qualité organoleptique des oursins	T ₀	6 h après	24 h après
30-07-1995	CT CF SF Odeur Aspect externe Aspect interne	90 90 6.10 ³ -de marée -bon -bon	CT: 72.10 ² CF: 120 SF: 720 -de marée -légèrement aplatis -bon	mort de tous les individus

2.5.4. L'épuration en aquarium à circuit fermé

La qualité de l'eau d'aquarium a été évaluée avant les essais de stabulation (le 03-06-1995), et présentait de très faibles teneurs en germes fécaux. Après une semaine de fonctionnement à vide, une baisse sensible des bactéries a été notée. Les résultats de la stabulation des oursins en circuit fermé (c'est à dire sans renouvellement de l'eau) indiquent une diminution du nombre de streptocoques fécaux entre le temps zéro (T₀) et 24 heures (tabl. 37). Par ailleurs, la décontamination n'a pas été observée chez les oursins ayant séjourné en aquarium pour le reste de la période d'expérimentation. Une différence de température notable (tabl. 37) a été enregistré entre l'eau de mer et l'eau d'aquarium. Cette élévation de température est probablement responsable de la mort des oursins. Au delà de 24 heures à une exception près tous les individus meurent suite à une nécrose des piquants entraînant une calvitie partielle du corps. Un essai de refroidissement de l'eau après addition de glace (8l de glace pour 1°C de moins), n'a pas apporter de modifications.

Tableau 37: Résultats des analyses microbiologiques des oursins mis en aquarium.

Heures Dates	T° eau de mer	T° eau d'aquarium	eau d'aquarium	oursin à T ₀	24 h après	48 h après	72 h après
03-06-1995			CT: 43 CF: 4 SF: 23				
10-06-1995	21.1°C	24.6°C	CT < 3 CF < 3 SF: 4	CT: 90 CF < 90 SF: 2790	CT: 270 CF: 120 SF: 6.10 ³	CT: 120 CF: 120 SF: 27.10 ²	<u>morts</u> nécroses des piquants
09-07-1995	19.1°C	25.2°C	CT < 3 CF < 3 SF < 3	CT < 90 CF < 90 SF: 15.10 ⁵	CT < 90 CF < 90 SF: 6.10 ³	<u>mort</u> nécrose des piquants	
15-07-1995 *	23.3°C	22.5°C	CT < 3 CF < 3 SF: 4	CT: 6.10 ⁴ CF < 90 SF: 6.10 ³	CT: 12.10 ² CF: 120 SF: 6.10 ³	CT: 120 CF < 9 SF: 6.10 ³	<u>morts</u> suite à une calvitie

Tableau 37 (suite): Résultats des analyses microbiologiques des oursins mis en aquarium.

Heures Dates	T° eau de mer	T° eau d'aquarium	eau d'aquarium	oursin à T ₀	24 h après	48 h après	72 h après
22-07-1995 *	24.2°C	19.5°C	CT < 3 CF < 3 SF: 9	CT < 90 CF < 90 SF: 27.10 ³	CT < 9 CF < 9 SF: 690	<u>morts</u> nécrose des piquants	mort du reste des individus
30-07-1995	22.2°C	23°C	CT < 3 CF < 3 SF: 240	CT: 6.10 ³ CF < 90 SF: 6.10 ³	CT: 120 CF < 9 SF: 27.10 ²	<u>mort</u> nécrose des piquants	
06-08-1995	25.8°C	25°C	CT: 4 CF < 3 SF: 4	CT < 90 CF: 90 SF: 12.10 ³	<u>mort</u> nécrose des piquants		

*: addition de glace.

2.5.5. L'appertisation

La qualité des gonades d'oursins cuites au bain marie différent selon le sexe de l'individu traité. Les gonades mâles supportent très mal la cuisson. Dès les premières minutes, une mousse blanchâtre se forme rendant le produit inconsommable. Les gonades femelles résistent mieux à la cuisson, ces dernières cuites au bain marie sont beaucoup plus fermes qu'initialement. Suite à un test de dégustation, la préférence des gonades femelles cuites a été constaté. Les gonades non cuites ont été moins appréciée. La stabilité et la qualité hygiénique des boîtes de conserves ont été vérifiée après une incubation à 55 °C. Le produit ayant subi une stérilisation conforme (APPERT, 1979), n'a présenté aucun défaut visible à l'oeil nu.

**DISCUSSION
GENERALE**

&

CONCLUSION

3. Discussion générale et conclusion

Afin de dresser un bilan de l'état du stock exploitable de l'oursin *Paracentrotus lividus* dans la presqu'île de Sidi-Fredj, pour un éventuel conditionnement, plusieurs paramètres sur la biologie et l'écologie de cette espèce qui est la plus pêchée dans le monde ont été étudiés.

Les gonades des échinoïdes réguliers constituent la partie consommée, et celle qui intéresse le plus les professionnels de la pêche. Une bonne connaissance des causes de la variabilité de la taille des glandes sexuelles permettrait de mieux organiser la récolte des oursins.

L'étude de l'évolution de l'indice gonadique (IG), qui est une mesure du poids des gonades de la population de *Paracentrotus lividus* tout comme chez de nombreuses autres espèces telles que les mollusques, paraît être de nature à orienter le choix sur la taille et la période de récolte du produit commercialisable. Malgré son caractère préliminaire, cette étude apporte quelques informations intéressantes.

L'évolution de l'indice gonadique moyen pour l'ensemble des prélèvements de *Paracentrotus lividus*, quel que soit son biotope, présente des fluctuations sur une période relativement courte (5 mois). Deux pontes importantes, caractérisées par la chute de l'indice gonadique moyen (IGm), se localisent aux mois de mai et septembre. Au mois de juillet, la valeur de l'IGm est plus importante, ce qui suppose une mobilisation des réserves. Chez *Paracentrotus lividus*, un lien entre les variations de l'indice moyen de réplétion et celles de l'indice gonadique a été mis en évidence. La période de forte consommation est liée à une période de maturation maximale des gonades; rejoignant les résultats obtenus par SEMROUD et KADA (1987); SEMROUD (1992). Le rapport de cause à effet entre la collecte de nourriture et la croissance de l'indice gonadique (IG) est donc évident chez *Paracentrotus lividus*. Néanmoins, l'allure des courbes obtenues (fig. 7) diffère par l'ampleur plus ou moins prononcée de leur variation qui est probablement liée aux ressources trophiques disponibles. Parmi les facteurs intrinsèques intervenant sur le déroulement des différentes phases du cycle de reproduction chez *Paracentrotus lividus*, la nourriture joue sans nul doute un rôle déterminant sur la maturation des gonades (FENAUX, 1981 in SEMROUD, 1992). Par ailleurs, les valeurs de l'indice gonadique montrent qu'il y a une succession de pontes pendant la période d'échantillonnage (de mai à septembre 95), qui est probablement le résultat d'une période de reconstitution partielle des gonades.

D'après REGIS (1978), ces poussées secondaires sont liées aux variations de la température de l'eau ainsi qu'à une influence éventuelle du cycle lunaire. De nombreux pêcheurs sont persuadés que la ponte des oursins commence à la pleine lune, et plusieurs personnes se demandent s'il s'agit d'un mythe ou si cette croyance est fondée. Pour *Paracentrotus lividus*, cette croyance existe et a certainement pour origine des observations qu'on ne saurait négliger. Pour déceler une éventuelle influence du cycle lunaire, l'étude des variations de l'IGm en fonction des phases lunaires, a permis de voir que la maturation des gonades apparaît le 5^{ème}, 3^{ème} et 2^{ème} jour qui suivent la pleine lune. Par contre, l'émission des gamètes s'observe entre la pleine lune et le premier quartier, avec une alternance de maxima et de minima secondaires à chaque quadrature. L'évolution de l'indice gonadique (IG) suggère donc l'existence d'un pic après chaque pleine lune suivie d'une succession de pics de moindre amplitude entre le premier quartier et le dernier quartier de chaque nouvelle lune. Mais la périodicité de ces phases avec les pics secondaires de l'indice gonadique n'est pas évidente. La courte période d'observations, ne permet pas de confirmer ou d'infirmer ces hypothèses. Il n'est donc pas possible d'apporter une explication véritablement satisfaisante, bien que des travaux sur certains poissons marins ont montré que ces derniers fraient à la pleine lune sans pour autant en déterminer exactement la cause (DAJOZ, 1982). Selon REGIS (1987), les fluctuations de l'IGm de l'oursin comestible sont davantage imputable à des variations, à long terme, d'un ensemble de facteurs ambiants parmi lesquels la température est probablement le plus important.

Quoi qu'il en soit, les variations de la température de l'eau suggèrent une diminution très importante de l'indice gonadique (mai et septembre) au moment où la température est au voisinage de son minimum saisonnier (annexe 3.4). Cependant, la poursuite des observations fait apparaître, alors que les variations de température sont comparables d'un mois à l'autre, de fortes différences des fluctuations de l'IGm. Ce qui suggèrent l'existence d'un facteur autre que la température. FUGGI (1967 in REGIS, 1979) préconise que les variations de cet indice seraient liées directement aux fluctuations de la température annuelle, sans que l'on puisse exclure l'influence de la photophase. Selon cet auteur, la ponte coïncide avec le début de l'upwelling saisonnier, ce qui signifie que l'apport d'énergie d'origine trophique doit être maximal en mai et septembre, et les oscillations de l'IGm mentionnées correspondraient à l'existence de pulsations dans les ressources trophiques. Une telle hypothèse indiquerait que les oursins sont influencés par l'hydrodynamisme du large. Si cela est possible les effets littoraux ne peuvent être omis, la bande côtière médio littorale où se localisent les oursins, est aussi et surtout inféodée aux apports terrigènes.

Même si l'influence de la lune reste inexpliquée, il est important de souligner que l'influence de l'état de la mer et par voie de conséquence, des mouvements de l'eau favorable à un renouvellement optimal des ressources trophiques, est probablement responsable de l'augmentation de l'indice gonadique (IGm) notée en période de mer agitée (annexe 3.4). A ce propos, il convient de rappeler qu'un taux d'ingestion important a pour résultat une forte croissance de l'indice gonadique (IG) (SEMROUD et KADA, 1987). Des observations analogues ont d'ailleurs été faites par divers auteurs qui soulignent une importante variabilité de l'IG de *Paracentrotus lividus* en fonction des houles et des vagues; le volume des gonades étant faible quand la mer est calme et augmente quand la mer est agitée et les algues en dérive abondantes (REGIS, 1979; GUETTAF et MARTIN, 1995).

Si l'approche à la connaissance des variations de l'IG de *Paracentrotus lividus* dans la presqu'île de Sidi-Fredj pendant les cinq mois d'échantillonnage, est partiellement réduite, il faut rappeler néanmoins que le résultat relatif à l'étude biométrique a permis de voir qu'il existe une différence très marquée dans l'accroissement de l'indice gonadique (IG) par rapport au diamètre sans les piquants (DS), suivant que l'on considère l'une ou l'autre de ces phases de développement. Pendant la période de maturité sexuelle, l'IG tend à s'accroître plus vite que le diamètre sans les piquants. L'allométrie majorante qui caractérise l'IG pendant la 2^{ème} quinzaine d'échantillonnage (30-06 , 15-07) n'est pas étonnante compte tenu des résultats obtenus par REGIS (1987). *Paracentrotus lividus* montre un changement de rythme et du taux de croissance au moment de l'édification des gonades. Une différence fondamentale apparaît entre les périodes de ponte (1^{ère} 3^{ème}, 4^{ème} et 6^{ème} quinzaine d'échantillonnage), tout au moins comparativement à la littérature (FENAUX, 1968; REGIS, 1978, 1979; GUETTAF et MARTIN, 1995). Le processus évolutif du DS est suffisamment rapide pour aboutir à une allométrie minorante pour les périodes de ponte principales (1^{ère} et 6^{ème} quinzaine). Pour les pontes partielles (3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} quinzaine) l'évolution semble se faire au même rythme et est décrite par une relation d'isométrie. La croissance de l'IG et du DS n'est donc pas homogène, chacun évolue suivant un rythme qui lui est propre. C'est pendant la période correspondante à un minimum de l'IG que la croissance s'effectue sur le rythme le plus rapide pour le paramètre directement lié à la morphologie générale du test. Par ailleurs, le test de signification du coefficient de régression (a) pour la 6^{ème} quinzaine (30-08 au 16-09) correspondant au 2^{ème} minimum de l'IG pendant la période d'échantillonnage, ne présente pas de variation significative ($F_{obs} > F_{théorique}; F_{0.95} > F_{(1, n-2)}$). Cette dernière période constitue un groupe avec un intervalle de variation des DS qui se détache des cinq autres, avec pour caractéristiques principales des valeurs élevées de son diamètre moyen.

Ce dernier point est intéressant, car selon REGIS (1978) la corrélation entre le poids des gonades et le diamètre du test n'est plus significative, au fur et à mesure qu'on se rapproche de la taille maximale atteinte par l'espèce. La présence de grands individus dans l'échantillon du mois de septembre peut probablement expliquer la différence entre les deux coefficients de régression (1^{ère} et 6^{ème} quinzaine) des deux périodes de pontes principales, d'où l'intérêt d'une augmentation du nombre d'observations.

Par le fait que les oursins sont généralement vendus frais, le rapport exprimé en pourcentage (%) du poids frais des gonades (PHG) sur le diamètre à l'ambitus (DS) proposé par REGIS (1980), a été utilisé pour avoir une approche aussi claire que possible de la qualité des oursins en tant que produit de consommation. Cet indice appelé indice de rentabilité (R %) confronté aux valeurs déduites de la courbe de variations moyennes de l'IG en fonction du diamètre du test (fig. 11), a permis de choisir pour deux cycles de maturation (IGmax et IGmin) de *P. lividus* dans la presqu'île de Sidi-Fredj, la gamme des tailles à récolter.

D'après les résultats obtenus, un pourcentage en poids de 20% par rapport à l'animal entier, pourcentage optimal pour une exploitation rentable (REGIS 1980), correspond à des classes de tailles allant de 40 à 45 mm pendant la période de post-ponte (2^{ème} quinzaine d'échantillonnage). Pour la période de pré-ponte (du 30 juin au 15 juillet) les mêmes classes de tailles présentent une rentabilité de 30%.

Quel que soit le cycle de maturation, les gammes de tailles retenues se caractérisent par des gonades peu développées, les IGm sont respectivement de 1.76 et de 2.10 (annexe 1.4), ce qui diminue considérablement leur valeur commerciale. Selon REGIS (1986) c'est à partir d'un IGm égal à 4 que la récolte des oursins comestibles peut s'effectuer.

Compte tenu des observations évoquées ci-dessus, il apparaît qu'un indice de rentabilité de 30 à 40 % représente un pourcentage en poids rentable pour la récolte de *P. lividus* dans la zone étudiée. Ce pourcentage correspond à des individus ayant un IGm de 4.29 à 6.35 pour des diamètres sans les piquants (DS) allant de 50 à 55 mm en période de pré-ponte, et un IGm de 3.13 à 4.45 pour des DS de 50 à 65 mm en période de post-ponte. Les tailles correspondantes, 50 à 55 mm en période de pré-ponte et de 50 à 65 mm en période de post-ponte, sont d'ailleurs au-delà des limites de variations courantes de la gamme commercialisable, 38 à 65 mm selon ALLAIN (1972).

Par ailleurs, sauf cas particuliers qu'une étude approfondie de la croissance et de l'évolution de l'indice gonadique devra justifier, il paraît peu indiquer de choisir comme période de récolte la saison estivale, même si les oursins étudiés se caractérisent par une quantité de gonades maximale en juillet. Les travaux de SEMROUD (1992) ont montrés que les pontes importantes de l'ensemble des classes de tailles de *P. lividus* se produisent en mars, mai et juillet; ou mai et septembre selon les résultats obtenus.

Compte tenu des observations évoquées sur *P. lividus*, il est probable 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 de la disponibilité des ressources trophiques, il faut s'attendre à plusieurs poussées secondaires successives de l'indice gonadique et donc à un certain allongement de la période favorable à l'exploitation.

Une estimation du nombre de sous population et de leur groupe d'âges respectif a été tentée en dépit des limites de l'échantillonnage effectué, les prélèvements de *Paracentrotus lividus* étant exclusivement constitués d'individus de tailles commerciales (diamètre initial calibré à 38 et 40 mm). Deux méthodes statistiques de détermination de l'âge (PETERSEN, 1892 in LEGUEN et MORIZUR, 1989; BHATTACHARYA, 1967) ont été appliquées successivement pour séparer les classes de tailles échantillonnées.

La méthode de PETERSEN révèle une population de structure identique pour toutes les stations étudiées; 70 % des individus se regroupent dans les classes modales 45 et 55 mm. Par ailleurs, l'évolution temporelle de la structure démographique montre un accroissement du diamètre moyen sans les piquants (\overline{DS}) du mois de mai au mois de juin. En revanche le \overline{DS} demeure pratiquement stable du mois de juillet à septembre (tabl. 38, fig. 26), le chevauchement des intervalles de confiance appuie cette hypothèse. Il s'agit probablement d'un artefact lié à la chute des effectifs dans l'échantillonnage ou d'un vieillissement continu de la population depuis le début des observations.

Tableau 38 : Diamètre moyen mensuelle de *P. lividus* et intervalle de confiance .

Mois	Effectif	DSm	S	IC
Mai	80	5.05	0.69	1.54
Juin	120	5.33	0.47	0.86
Juillet	180	5.28	0.6	0.88
Aout	220	5.15	0.53	0.68
Septembre	80	5.21	0.67	1.38

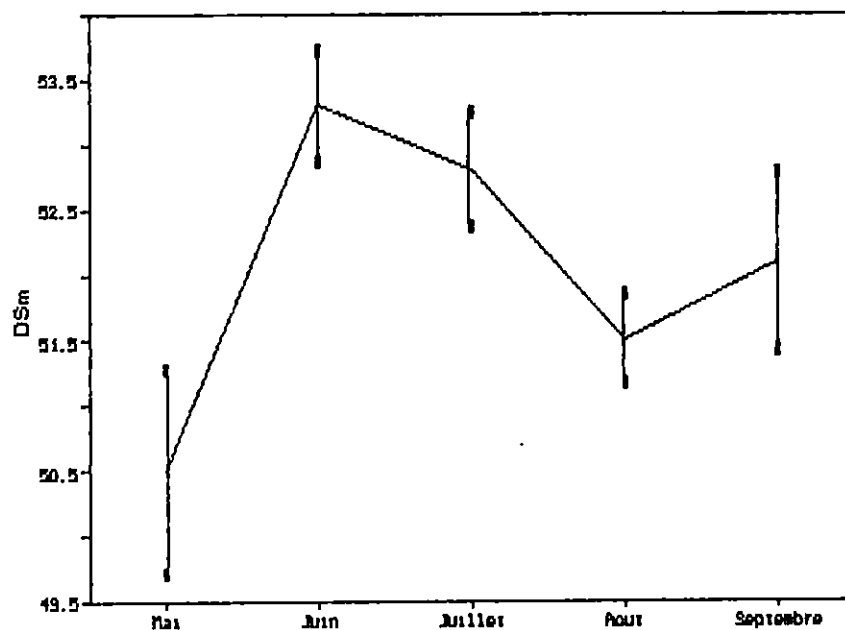


Figure 26 : Variation mensuelle du diamètre moyen sans les piquants (Dsm) de *P. lividus* .

L'analyse modale permet de distinguer 8 groupes d'âges superposés. Selon de nombreux auteurs, les oursins se caractérisent par des croissances particulièrement lentes, les durées moyennes de vie de 7 à 10 ans sont régulièrement citées (ALLAIN, 1972; ALLAIN, 1978; REGIS, 1980). Le dernier groupe d'âge distingué (11 +) rapporté aux données d'AZZOLINA (1988), regroupe vraisemblablement des animaux d'âge inférieur ou égal à 11 ans, l'enchevêtrement des classes âgées rend en effet impossible leur séparation dans cette distribution.

Une analyse plus fine des distributions de fréquences des diamètres de *Paracentrotus lividus* par la méthode de BHATTACHARYA (1967) révèle par contre une structure de population nettement différente. Deux « zones » se distinguent au niveau des stations étudiées; l'une représentant 80 % d'individus de diamètre supérieur à la taille marchande, l'autre caractérisée par une faible abondance de population commercialisable ne dépassant pas un diamètre moyen de 52 mm. Cette différence de diamètre est significative au seuil de risque α égal à 1 % (test de KRUSKAL et WALLIS, 1952). La décomposition en groupes d'âges fait ressortir cinq composantes. Selon MTIMET *et al.* (1995), la détermination des groupes d'âge par la méthode de BHATTACHARYA (1967) reste la plus fiable. Elle permet par ailleurs la modulation approximative de la croissance en tenant compte des variations physiologiques de cette espèce qui présenterait deux pontes annuelles; il existe généralement une corrélation négative entre la croissance somatique et la croissance des gonades (FENAUX, 1968; VERLAQUE, 1984; REGIS, 1987; SEMROUD, 1992). C'est pourquoi, les résultats obtenus par cette méthode ont été adoptés pour l'établissement approximatif de la courbe de croissance. La décomposition d'histogrammes en composantes normales par la méthode de BHATTACHARYA (1967) est celle du maximum de vraisemblance.

La comparaison des résultats aux données d'AZZOLINA (1988) fait apparaître une assez grande variabilité des valeurs. Ceci se traduit par des taux de croissance supérieurs à ceux admis jusqu'à présent pour *Paracentrotus lividus* de la Méditerranée, du moins pour les études basées sur la lecture des stries d'accroissement. D'après REGIS (1978), la croissance de *Paracentrotus lividus* est plus lente en Méditerranée; ainsi un individu de 42 mm de diamètre a un âge minimum de 11 ans.

L'hypothèse selon laquelle la population étudiée doit être décalée d'un an reste à vérifier, spécialement dans le cas du suivi des cohortes où le risque de subjectivité est élevé. En revanche, en l'absence de mesure directe de la croissance des individus échantillonnés, toute extrapolation, même à l'aide d'un modèle théorique décrivant correctement la croissance, s'avère hasardeuse.

Les données sur la croissance de *Paracentrotus lividus* sont rares et controversées. Selon ALLAIN (1978), à un âge donné peuvent correspondre plusieurs classes de tailles, réciproquement une classe de taille peut être composée d'individus d'âges différents. Il est important de souligner que les méthodes statistiques de détermination de l'âge ne sont qu'approximatives; elles ne sont réellement efficaces qu'avec des composantes gaussiennes bien séparées (AMANIEU, 1983 *in* AZZOLINA, 1988), ce qui n'est pas le cas des espèces à vie longue et à reproduction étalée comme *Paracentrotus lividus*. La séparation des groupes d'âges est délicate, voire impossible sans une lecture directe de l'âge (ALLAIN, 1978).

Les valeurs obtenues pour le paramètre L_{∞} (73 mm et 78 mm) par la méthode de WETHERALL *et al.* (1984) TOMLINSON et ABRAMSON *et al.* (1961 *in* SAILA et PRAGER, 1987) semble convenable si l'on considère les valeurs maximales du diamètre du test observé sur le site d'étude (73 mm). Les résultats obtenus par ces méthodes sont certes différentes, toutefois la manière de procéder influence les valeurs trouvées. Le calcul des paramètres à partir de la méthode de WETHERALL *et al.* (1984) doit répondre à certaines conditions d'application qui n'ont pas été systématiquement vérifiées. Par contre, la méthode de TOMLINSON et ABRAMSON (1961 *in* SAILA et PRAGER, 1987) a été conçue pour estimer les paramètres du modèle de VON BERTALANFFY (1938 *in* SPARRE et VENEMA, 1992) de façon non linéaire, donc plus exacte (SAILA et PRAGER, 1987).

La valeur de t_0 estimée à 1.075, tout à fait prévisible, ne remet pas en cause la validité de l'ajustement du modèle. Les limites de l'échantillonnage, comme il a été mentionné précédemment, influencent l'estimation des paramètres de croissance. GROS (1980 *in* AZZOLINA, 1988) estime qu'une forte proportion d'individus âgés permet une bonne estimation de L_{∞} . La pente de la régression linéaire (donc le paramètre K) sera d'autant plus faible que le barycentre de la distribution se décalera vers la droite (individus âgés).

Les seules formalisations de la croissance de *Paracentrotus lividus* existant dans la littérature sont très différentes pour une même espèce (tabl. 39).

Tableau 39: Paramètres de croissance concernant *Paracentrotus lividus* d'après la littérature et le présent travail.

Auteurs	L_{∞} (mm)	K / an	t_0
ALLAIN (1972)	61*	0.2222	-
AZZOLINA (1988)	58.96*	0.2676	-0.134
Présent travail	78** 73***	0.22	1.075

*: Lecture directe de l'âge; **: Méthode d'ABRAMSON et TOMLINSON

(in PRAGER et SAILA, 1987); ***: Méthode de WETHERALL *et al.*, 1984).

Les diamètres sans les piquants (DS) infini théorique obtenus sont nettement différents (73 et 78 mm), la taille maximale d'une espèce étant très variable selon les zones et les profondeurs (ALLAIN, 1972). Cependant, il n'est pas exclu que la valeur obtenue soit sous estimée par rapport à la valeur réelle (aucune étude se basant sur la lecture des stries n'a été réalisée en Méditerranée Sud occidentale). Cette hypothèse est étayée par la présence d'individus de diamètre maximal de 70.5 et 73 mm; diamètres caractéristiques d'une zone peu ou pas exploitée.

Cette étude n'a cependant pu être développée autant que souhaité; elle s'est limitée à un stade purement descriptif. L'un des premiers postulats retenu a été de considérer la croissance des adultes identiques d'un mois à l'autre et pour toutes les stations. En réalité si la première hypothèse est justifiée, la seconde l'est moins. Une maille d'échantillonnage de 5 mois peut convenir pour cette espèce dont la croissance est très lente (ALLAIN 1978; REGIS, 1978). Cette croissance est cependant dépendante des facteurs du milieu dont les plus connus sont la température et la disponibilité de la nourriture. Il est donc important de souligner l'aspect illusoire de l'obtention de la courbe de croissance sans l'amélioration des connaissances biologiques et écologiques de cette espèce.

De façon à bien situer cette étude dans un contexte concret de la pêche commerciale une évaluation approximative du stock de *P. lividus* exploitable dans la zone étudiée a été effectuée. Comme il a été cité précédemment, le poids humide des gonades (PHG) et le diamètre du test (DS) constituent un élément de référence pour la commercialisation. Le cumul des résultats, a permis d'avoir une vision approximative du pourcentage exploitable (annexe 2. 6).

A partir de la représentation graphique (fig. 27), si l'on excepte à premier abord l'équilibre du stock, il apparaît que l'exploitation de 30% de la population disponible est constituée exclusivement d'individus de taille supérieur à 55 mm. Il demeure, que les 70% restant, sont également composés d'individus de taille supérieur à 40mm et permettent ainsi le rétablissement du stock. En sachant qu'une douzaine d'oursins de taille commercialisable pèsent un kilogramme (1kg), la commercialisation de 30% de la population dont le diamètre est supérieur à 55mm équivaut à 79 tonne d'oursins / an uniquement pour la zone étudiée (149950 m²):

$$\begin{aligned} \text{Stock} &= \text{densité} \times \text{surface} \times \% \text{ d'individus commercialisable} \\ &= 16.86 \times 149950 \times 75 \% \\ &= 1896118 \text{ individus} \end{aligned}$$

Sachant que le poids de 12 individus est de 1 Kg, et si la population est exploitée à 30%, le stock commercialisable serait de:

$$\text{stock exploitable} = (1896118 / 12 \cdot 10^3) \times 0.5 = 79 \text{ tonnes}$$

Cette quantité paraît appréciable quant on sait que le marché français n'offre que 100 tonne / an (LE GALL, 1987). Malgré les conditions favorables, la présence d'individus de 70.5 et 73 mm caractérisant la zone comme étant peu ou pas exploitée; il convient de retenir qu'une gestion rationnelle du stock de l'oursin comestible est le premier principe à retenir. Une étude ultérieure permettra d'apporter des arguments scientifiques sur lesquelles reposeraient des réglementations pour une éventuelle gestion future.

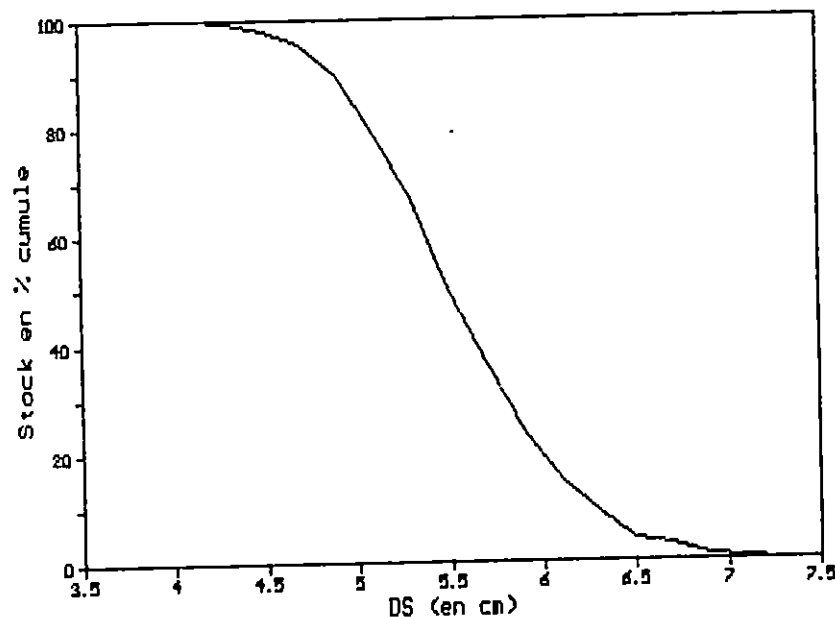


Figure 27 : Pourcentage du stock en cumulé en fonction du diamètre sans les piquants (DSm).

Le coefficient de mortalité naturelle retenu ($M = 0.23$) représente la moyenne des trois méthodes utilisées pour l'estimation de la mortalité (TAYLOR, 1959 in KORICHI, 1988; WETHERALL *et al.*, 1984; DJABALI *et al.*, 1994). La valeur M , bien qu'étant empirique n'en est pas moins significative. Ainsi, la mortalité naturelle est assez faible comparée aux données d'AZZOLINA (1988). Les coefficients de mortalité naturelle obtenu par cet auteur sont respectivement de 0.89 pour les adultes et de 1.035 pour toute la population de *Paracentrotus lividus* de l'île de Port-Cros. La principale hypothèse envisagée pour expliquer une telle différence, semble être la maladie dite « calvitie » des oursins, signalée dans la baie de Port-Cros par AZZOLINA (1983). Selon BOUDOURESQUE (1980) des symptômes similaires ont été signalés suite à une augmentation prolongée de température estivale, sans pour autant exclure totalement l'influence de la pollution chronique régnant dans certains secteurs du bassin méditerranéen Nord Occidentale. Un tel phénomène touche également *P. lividus* de la presqu'île de Sidi-Fredj. A la mi-juillet (15/07/1995), de nombreux individus présentaient des symptômes caractéristiques d'une epizootie. Une ou plusieurs plages dénudées (radioles, podia et épidermes dégénérés ou absents) ont été notées. Les individus porteurs de telles nécroses et dont le diamètre est inférieur à 40 mm sont toutefois extrêmement rares. Cependant, la valeur obtenue lors de cette étude ne permet pas de tirer une conclusion.

La mortalité effective doit être quantifiée tout au long de l'année grâce aux expériences de mesures de la croissance et déduire son éventuel lien avec la présence d'individus malades au sein de la population de *P. Lividus* d'une part et la prédation d'autre part. La détermination de la mortalité naturelle (M) est une démarche ardue qui aboutit à des estimations dont on ne peut définir le niveau d'incertitude et qui doivent être acceptées telles quelles. Toutes ces méthodes, utilisées pour l'estimation de la mortalité naturelle, constituent des approches à cette détermination et ne tiennent compte que des paramètres dynamiques.

Le calcul de la densité moyenne de *Paracentrotus lividus* sur les 88 m² de fond marin explorés présente la valeur de 17 individus / m² avec des valeurs de 8 et 35 individus / m² pour bornes de l'intervalle de confiance. Ce résultat englobe l'ensemble des individus toutes classes de tailles confondues. Les dénombrements n'ont pas tenu compte des oursins vivants plus profondément que les niveaux bathymétriques explorés (-1,5; -2; -3 et -4 m). Cependant il a été observé que les fonds à partir de -5 m, à des rares exceptions près (herbiers), étaient sableux et que l'erreur introduite par ce biais serait négligeable.

Comparativement aux données recueillies dans la littérature (tabl. 40), celles obtenues dans le présent travail sont relativement plus élevées pour le même type de biotope. L'absence d'exploitation commerciale de cette ressource en Algérie et les conditions du milieu pourraient expliquer, entre autre, cette différence.

Tableau 40: Données de la littérature sur les densités de *Paracentrotus lividus*, complétées par les résultats obtenues (roche P: secteur pollué ou très pollué).

Localité	Profondeurs (m)	Densités (Ind./m ²)	Type de substrat	Référence
Marseille-Cortiou (France)	3.10	6.6-42.5	roche P	DELMAS <i>et al.</i> , (1984)
Port-Cros (France)	0.8-1.80	2.6	roche	MAGGIORE <i>et al.</i> , (1987 <i>in</i> SEMROUD, 1992)
	2-3	0.06	herbier	
Côte-Bleue (France)	0-15	0.84	éboulis	LE DIREAC'H et BACHET (1988, SEMROUD, 1992)
La Marsa (Algérie)	2	11.2-25.6	herbier sur roche	
Tamentfoust (Algérie)	2	6.1-10.2	herbier	SEMROUD (1992)
	8	0.1-1	herbier + sable	
Sidl-Fredj (Algérie)	1.5	8.9	éboulis	Présent travail
	2	10.1	herbier peu dense	
	3	52.2	herbier sur roche	
	4	11.83	herbier dense	

Le pic de densité (52.2 ind. / m²) observé à la lisière de l'herbier à *Posidonia oceanica* au bas des parois rocheuses (stations 3) se caractérise par une prédominance des petits individus vivant dans les anfractuosités. Alors que les autres stations à moindre densité (8.9; 10.1; 11.83 ind. / m²) contiennent uniquement des individus de tailles commerciales. Il semble donc que la station 3 ferait office de zone de nurseries et alimenterait probablement la population âgée des herbiers à *Posidonia oceanica* du centre du site exploré. Au niveau de la station 3 où l'hydrodynamisme est plus actif que dans les autres stations, la population de *Paracentrotus lividus* semble tirer profit au maximum de l'environnement. Le recrutement peut se faire aisément, les juvéniles trouvent sur et sous le substrat des abris leur permettant de se protéger des prédateurs. Une telle hypothèse a déjà été avancée par plusieurs auteurs (LE DIREAC'H, 1985, 1987; AZZOLINA, 1988; BOUDOURESQUE *et al.*, 1981; SEMROUD, 1992), pour lesquels, ce phénomène est lié aux besoins de substrats durs favorables du point de vue trophique et de protection contre les prédateurs des jeunes oursins. Le recrutement ne serait couronné de succès qu'au niveau des herbiers sur roche comportant des anfractuosités (ce qui est le cas de la station 3).

La ponte probable enregistrée au mois de mai paraît appuyer l'hypothèse d'un recrutement en cette période de prospection, puisque le 12. 06. 1995, des individus nouvellement métamorphosés (DS compris entre 0.35 mm et 2.0 mm) ont été retrouvés.

L'augmentation graduelle de la densité, au fur et à mesure que l'on se rapproche de la station 3, est également accompagnée d'une réduction de la taille moyenne de la population de *Paracentrotus lividus* par rapport aux autres stations. Le diamètre moyen au niveau de ce site est de 49.46 mm contre 52.70, 52.21 et 54.61 mm pour les stations respectives 1, 2 et 4. De plus, la station 3 est située à proximité des déversements des eaux usées du centre de thalassothérapie, station caractérisée par une abondance de ressource trophique à l'état dissous et particulaire. Ces deux observations, diamètres moyens relativement faibles d'une part et d'autre part forte densité des populations de *Paracentrotus lividus* au niveau de la zone polluée (station 3), permettent d'avancer deux hypothèses. La première est que les individus meurent avant d'atteindre leur taille maximale (ceci reste toutefois à vérifier) sans exclure totalement l'éventualité d'une migration des populations âgées vers les herbiers denses à *Posidonia oceanica*, la prédominance des gros individus au niveau de la station 4 semble cohérente avec cette supposition.

La seconde hypothèse suppose un lien entre le niveau de pollution et l'abondance de ces échinodermes dans cette zone. Un cas semblable a été observé par HARMELIN *et al.* (1981), DELMAS *et al.* (1984) en Méditerranée Nord Occidentale entre 0.5 et 02 m de fond dans un milieu pollué et chargé en matières organiques.

Pour DELMAS (1985), cet échinoïde montre non seulement une grande tolérance mais même une certaine préférence pour les biotopes soumis à l'influence d'une pollution domestique. L'adaptation de *Paracentrotus lividus* à un comportement sestonophage et d'absorption de substances dissoutes par les piquants (REGIS, 1986) est sans doute à l'origine de l'importante densité dans l'herbier sur roche. L'étude de la variation des densités est très complexe car des migrations non négligeables de *Paracentrotus lividus* ont été observées, particulièrement en fonction du régime des vents dominants. Les oursins désertent l'herbier profond pour aller coloniser les zones superficielles quand la mer est belle. Ce phénomène est analogue à celui signalé par REGIS *et al.* (1985) dans le quartier maritime de Marseille. Il va de soi que ces hypothèses restent à vérifier et que la prise en compte des autres saisons pourra conduire à les modifier.

L'exploitation commerciale de l'oursin comestible, ne peut se concevoir sans une surveillance sanitaire pour définir les conditions dans lesquelles la pêche peut être pratiquée sans danger pour le consommateur. Le contrôle bactériologique est un des points essentiels de cette surveillance.

La méthode d'évaluation des résultats préconisée par le PNUE / O.M.S. (1995) a permis de déterminer l'impact potentiel de la pollution microbienne dans la presqu'île de Sidi-Fredj et d'évaluer statistiquement l'acceptabilité ou non de la zone pour la récolte de l'oursin comestible. La comparaison entre les limites établies par le PNUE / O.M.S (1983) et les résultats obtenus qualifie la zone étudiée comme non conforme du point de vue sanitaire à la récolte des fruits de mer pour la consommation humaine (tabl.41).

Tableau 41: Qualité microbiologique de l'eau de mer analysée selon les critères provisoires du PNUE / O.M.S (1983).

Paramètre "qualité de l'eau"	Concentrations microbienne, CF. / 100 ml	
	Critères	Observations
CF. 80	10	584
CF. 100	100	1261

La présence des coliformes fécaux (CF) dans l'eau indique généralement une pollution fécale récente du lieu où ils sont décelés. Cette approche ne constitue donc qu'un contrôle sanitaire minimal; par conséquent les résultats obtenus ne peuvent être réalistes qu'après au moins une saison de surveillance couplée à une observation générale de certaines conditions hydrographiques et météorologiques de la zone (OMS / PNUE, 1995).

Pour l'eau des zones d'échincultures naturelles, des contrôles doivent être réalisés une fois par semaine pendant la saison de ramassage, et trois fois pendant le reste de l'année à intervalle régulier (OMS / PNUE, 1995). Ceci n'exclut pas l'intérêt d'analyser les oursins eux-mêmes. Parallèlement à l'aspect sanitaire, *Paracentrotus lividus* est considéré comme une sentinelle de l'état général de l'environnement du proche littoral et de son degré d'eutrophie (REGIS, 1986). Les résultats en germes fécaux dans les oursins analysés, montrent que les teneurs en coliformes totaux (CT), et en coliformes fécaux (CF) sont minimales et restent inférieures aux normes maximales admises, tout au moins dans le cadre des mesures effectuées.

Comme il a été indiqué précédemment, ces germes constituent un indicateur de faible valeur pour déterminer le niveau réel de la pollution microbiologique de l'oursin comestible (PICHOT *et al.*, 1978). La valeur des coliformes totaux comme paramètre indicateur de la qualité sanitaire des fruits de mer a été mise en doute par le PNUE / O.M.S. (1995).

Les méthodes de détermination utilisées à l'heure actuelle (méthode des tubes multiples) décèlent également les coliformes d'origine non fécale, et ne constituent donc pas un test spécifique indiquant la pollution par des matières fécales. Les streptocoques fécaux sont considérés actuellement comme un test de contamination plus significatif, et un meilleur indicateur de la salubrité des fruits de mer destinés à la consommation. Les fortes concentrations en streptocoques fécaux relevés, qualifient donc, les oursins analysés comme impropres à la consommation.

La prédominance des streptocoques fécaux peut-être attribuée à leur capacité de résistance dans le milieu marin (RODIER, 1987), et à l'existence d'une contamination fécale ancienne dans le milieu considéré. Ce qui laisse supposer l'existence d'une réelle pollution et d'une capacité d'accumulation des bactéries telluriques au niveau du tube digestif et des gonades consommées par l'homme. La différence des teneurs en streptocoques fécaux noté entre l'eau de mer et les oursins analysés rejoint cette hypothèse. Le degré d'accumulation des bactéries par les organismes marins est beaucoup plus représentatif de la pollution existante dans le milieu analysé (AUBERT *et al.*, 1977).

De par leur structure, les piquants des Echinodermes jouent un rôle important dans la collecte de la matière organique en milieu pollué (DELMAS *et al.*, 1984), ce qui contribue selon AZZOLINA (1987) à l'accumulation des bactéries au niveau du tube digestif des oursins comestibles à des concentrations parfois très importantes. A cet égard, l'analyse détaillée des sédiments peut jouer un rôle de témoignage égal à celui des oursins comestibles. l'apparition dans l'eau de mer le 15 juillet et le 22 juillet 1995 de teneurs en germes fécaux aussi élevées (tabl. 30) est l'indice pratiquement sûr d'une pollution continentale.

Il convient tout de même d'adopter une attitude prudente consistant à ne pas maximiser le danger potentiel par la consommation des oursins ramassés dans la zone étudiée. L'absence des germes pathogènes (salmonelles et vibrio) est un aspect positif quant à la salubrité de la zone. Une étude plus étendue dans le temps peut seule donner une vision claire de la situation en ce lieu.

L'évaluation de l'impact de la pollution microbiologique des oursins a permis d'aborder les possibilités d'épuration des oursins dans un aquarium en circuit fermé. Les essais de stabulation de *Paracentrotus lividus* ont montrés que les oursins contaminés éliminent en 24 heures les bactéries accumulées. Ce résultat ne s'est malheureusement pas généralisé pour toutes les expérimentations réalisés. Les conditions ambiantes régnant dans l'aquarium, tels qu'elles ont été conçues (défaillance du système de refroidissement de l'eau), induisent au bout d'un laps de temps (24h voir 72h), une nécrose des piquants puis la mort des oursins. L'eau d'aquarium analysée avant chaque expérimentation révéla une salubrité incontestable. Cette baisse relative de la contamination bactérienne est directement liée à l'épuration biologique du compartiment de filtration. De ce fait, la différence de température entre la zone de récolte et l'eau d'aquarium est probablement suffisante pour expliquer cet échec. Selon REGIS, (1980) et AZZOLINA, (1983) une élévation trop élevée de la température est en relation étroite avec l'apparition d'une nécrose chez *P. lividus*. Les travaux d'ALLAIN, (1972) ont montrés que la cause première de la mort des oursins en aquarium peut être induite par une exposition prolongée à la lumière. Ces éventualités n'ont pas été confirmées, un essai de refroidissement de l'eau après addition de glace (8 litres de glaces pour un abaissement de température d'un degré Celsius), et la fermeture de l'aquarium n'ont pas permis la survie des oursins.

Les études restreintes qui ont été fait sur l'épuration des Echinodermes (AUGIER, 1988), ont montrés que la capacité de concentration des germes et le degré de rétention de ces derniers notamment au niveau des gonades est très peu connu. Selon cet auteur, l'épuration en bassin n'est pas une panacée, elle ne saurait supprimer la protection du milieu marin contre les contaminations bactériennes. Le problème de salubrité de l'oursin comestible *P. lividus*, en cas de pollution microbienne, se trouve donc posé de façon concrète en terme d'accumulation et d'élimination bactérienne. Selon LE GALL et al 1987 les élevages de stabulation sont généralement conseillés pour le stockage avant la vente, les résultats sont satisfaisants et la qualité est meilleure, à condition que la charge microbienne ne soit pas trop importante.

Cette tentative peut paraître préliminaire, néanmoins les résultats obtenus aussi minimes soit ils permettent de suggérer que *P. lividus* a une capacité d'élimination des contaminants bactériens en milieu propre.

Il semble que, pour les oursins comestibles, des systèmes peu sophistiqués, ne mettant en jeu que de faibles investissements et une simple technicité, peuvent être rentable étant donné la valeur commerciale élevée du produit. L'espèce d'oursin et le système d'épuration utilisé doivent être choisis sur la base d'une étude scientifique préliminaire suffisamment approfondie. La nécessité d'une meilleure maîtrise du circuit fermé, n'est pas seulement utile pour l'expérimentation mais aussi pour envisager la mise en place de bassin d'épuration, qui permettrait la mise en exploitation de sites relativement pollués.

Le maintien d'une bonne qualité organoleptique des oursins comestibles est d'autant plus important qu'à un transport précède la vente. Des emballages en polystyrène ont été utilisés pour éviter toute cause d'échauffement possible et une meilleure conservation du produit (SOUDAN et al., 1965). Dans cette optique, les essais effectués ont montrés que les oursins préconditionnés en copeaux de bois humidifiés bénéficient d'une légère réfrigération superficielle qui a permis une conservation n'excédant pas six heures. Dans ces conditions de conditionnement et de température, des signes évidents d'altération sont constatés après 9 heures d'entreposage. A partir de ces observations, il est apparu utile de maintenir les emballages à basse température . L'addition de glace aux copeaux de bois a permis de maintenir pendant 24 heures une bonne qualité organoleptique des oursins comestibles. La diminution de la charge bactérienne observée après 6 heures de préconditionnement en copeaux et glace n'implique pas automatiquement la mort des micro-organismes, ceci est bien visible au-delà d'une journée d'entreposage à température ambiante. La température estivale a induit un équilibre progressif entre la température de la boîte et la température externe. Un fait bien établi est que les bactéries se multiplient très vite avec la fusion de la glace, beaucoup plus que sur un produit frais similaire. En somme, on ne peut préjuger de ce mode de conditionnement étant donné l'insalubrité des oursins utilisés.

Selon SOUDAN et al. (1965), seules les basses températures (inférieur à zéro degré Celsius) arriveraient à bloquer le développement des bactéries. Les résultats obtenus lors du préconditionnement des oursins sous glace rejoignent cette observation. La diminution des Streptocoques fécaux est bien évidente après 9 heures de séjour dans la glace en ambiance froide et 6 heures à température ambiante.

Le maintien en continu des oursins sous glace à des températures voisines de 0°C limite la multiplication des germes fécaux. Leur mortalité diminue quand la population bactérienne initiale est plus grande: même morts, les cellules bactériennes protègent les autres cellules des conditions défavorables du milieu. Leur activité métabolique est seulement ralentie pendant le temps où elles resteront à une température qui ne leur est pas favorable. C'est dire que les contaminations initiales peuvent sérieusement compromettre la conservation des oursins préconditionnés sous glace.

Même si l'utilisation du froid paraît prolongé la conservation de l'oursin, son aspect interne a légèrement été modifiée par échanges avec le milieu environnant, aussi bien dans la glace que dans les copeaux de bois et glace. Lorsque l'oursin est conservé sous une certaine épaisseur de glace, il perd une partie de ses constituants solubles sous l'effet de la pression de celle-ci. En présence de glace, la perte est également le résultat du lessivage par l'eau de fusion. L'efficacité de ces modes de conditionnement ne pourrait être vérifiée qu'après une stabulation pour épuration ou une récolte dans des zones salubres. Des travaux dans ce sens pourraient éventuellement permettre la valorisation de la ressource algérienne.

Le dernier mode de conditionnement testé a utilisé un traitement thermique de manière à détruire ou inhiber les enzymes, les micro-organismes, ou leur toxines. Il s'agit de vérifier principalement les possibilités d'appertisation et les effets de la chaleur sur les gonades. La pré-cuisson des gonades femelles et la présentation aux dégustateurs de deux échantillons correspondant à des gonades cuites et non-cuites a montré la préférence des gonades cuites. Les différences organoleptiques entre les deux échantillons n'ont pas été décelées par nos dégustateurs. La pré-cuisson en saumure légère (10 et 30 pour mille) a permis un gain de poids, une texture ferme et la conservation des qualités organoleptiques initiales. Cette pré-cuisson permettrait de palier à une possible dégradation de la saveur après stérilisation (IFREMER 1979). Ceci n'a pas pu être vérifié par manque de moyens et de maîtrise technique au niveau de l'unité de l'ENOCEP de Khemisti port, dû à la particularité de ce nouveau produit.

Après la pré-cuisson des gonades mâles, le liquide de couverture a rapidement pris une apparence opalescente. Cette apparence, est le résultat probable de l'état de maturité des gonades. Selon REGIS (1979), le caractère fluent des gonades est généralement défavorable à la mise en conserve. La maturité sexuelle est à éviter lors d'une appertisation.

Si l'on considère la quantité nécessaire (200 individus) pour l'obtention d'une seule boîte de 1/10^{ème} basse, il apparaît que ce mode de conditionnement aboutirait à un produit coûteux et risquerait une surexploitation des stocks naturels

Cette étude préliminaire a permis déjà, de faire ressortir les risques éventuels et les mesures à prendre en cas d'utilisation de ce mode de conditionnement.

CONCLUSION

GENERALE

Conclusion générale

L'étude de la population de l'oursin comestible *P. lividus* de la presqu'île de Sidi Fredj, a permis d'aborder les principaux facteurs régissant la dynamique des populations de cette espèce: (structure démographique, croissance, mortalité et densité), d'estimer sa qualité en tant que produit de consommation, par l'étude des variations de l'indice gonadique (IG) et l'impact de la pollution microbiologique, et enfin d'aborder les possibilités de conservations.

Les résultats exposés, ne prétendent qu'à une approche descriptive. Une étude plus étalée dans le temps, permettra de comprendre réellement les phénomènes observés.

Néanmoins, quelques résultats se dégagent de ce travail mais également des points d'interrogations :

- Indices physiologiques et qualité du produit pêché :

deux pontes probables ont été observées au mois de Mai et Septembre. L'étude comparée des indices de réplétion (IR) et de l'indice gonadique (IG) a permis de conclure que les périodes de fortes consommations sont liées à une période maximale des gonades. Les variations de l'indice gonadique en fonction des phases lunaires ne permettent pas de tirer des conclusions satisfaisantes. Les hypothèses émises ne pourraient être confirmées sans un suivi de l'étude sur une période plus longue.

D'une façon générale, les variations de l'indice gonadique dépendent d'une multitude de facteurs interagissants, notamment les variations de la température de l'eau, la disponibilité de la ressource trophique, et l'état de la mer.

L'étude biométrique a permis de constater un changement de rythme de croissance chez *P. lividus* au moment de l'apparition de la maturité sexuelle. C'est à la période correspondant à la chute de l'indice gonadique (IG) que l'évolution des gonades et du diamètre sans les piquants (DS) s'effectue au même rythme.

L'indice de rentabilité (R%) a permis de détecter pour deux cycles de maturations de *P. lividus* la gamme des tailles à récolter. Une rentabilité de 20% est intéressante pour la récolte des oursins dans la zone étudiée.

- Etude biodynamique

L'étude des histogrammes de fréquences de tailles a permis de distinguer deux zones au niveau des 4 stations étudiées . La zone la plus intéressante, représenté par l'herbier dense à *P. oceanica*, et l'herbier sur roche, est caractérisée par la présence de 80% d'individus dont la taille est supérieure à la taille marchande, (supérieurs à 50 mm). Diamètres caractéristiques d'une zone peu exploitée. Une récolte de 30 % du stock disponible, paraît intéressante pour une exploitation rentable tout en préservant le stock.

La modélisation de la dynamique de *P. lividus* dans la zone étudiée a permis de mettre en évidence la complexité des phénomènes interagissants. La prédilection de *P. lividus* pour les zones polluées (52.2 ind / m²). Cette espèce semble préférer l'herbier sur roche sur le plan trophique, d'abri contre la prédation, et comme zone de nurseries.

- Qualité microbiologique et conditionnement

La zone étudiée est considérée comme insalubre au regard des critères établies par l'OMS / PNUE (1983, 1987) . Néanmoins, l'absence de germes pathogènes rassure sur l'impact réel de la pollution au niveau de cette zone . Des solutions d'épuration et de stabulation des oursins sont facilement réalisables dans ce cas . ça sera une forme de valorisation du littoral qui constituera un créneau d'intérêt certain en termes de création d'emploi, de production, d'exportation et de protection de l'environnement marin littoral. Son utilisation mobiliserait des énergies qui non seulement prendrait conscience de l'état de dégradation du littoral mais chercheraient à le défendre.

Deux problèmes de la biologie de cette Echinoïde mériteraient d'être entièrement repris et ce, dans un esprit différent : l'un est le problème de la tendance de ces animaux à la polyphagie, l'autre est leur pouvoir d'accumulation et d'élimination des bactéries

Pour ce qui est des possibilités de conservations et ou de pré-conditionnement il apparaît que l'utilisation des copeaux de bois permet de conserver les caractères organoleptiques, mais à condition que la charge bactérienne initiale soit minime. L'utilisation de glace serait préférable pour une éventuelle transformation du produit. La compression des oursins modifient considérablement leur aspect extérieur .

En ce qui concerne la conservation définis par le couple temps/température (appertisation), une étude plus détaillée des barèmes de stérilisation est nécessaire pour assurer l'effet stérilisateur du traitement thermique.

L'ambition de ce travail était d'apporter une modeste contribution à la compréhension de la dynamique des population de cette espèce familière à tous, et permettre ainsi sa valorisation en vue d'une exploitation commerciale . La masse de données que ce travail nécessitait a constitué un lourd handicap qui est en partie responsable du fait que le développement de certaines expériences a été réduit, qui a vrai dire, constituaient un autre travail . Néanmoins il semble que ces données , outre les résultats que leur traitement a permis de présenter, aient ouvert des voies nouvelles de recherches . En espérant qu'il pourra refléter les possibilités d'une gestion économique dans l'avenir .

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- AFNOR, 1977. Microbiologie alimentaire: conserve de pH supérieur ou égal à 4.5, contrôle de la stabilité. NF V.08: 401 p.
- ALLAIN J. Y., 1971. La pêche des oursins dans le monde. *Pêche marit.*, 1113: 625-630.
- ALLAIN J. Y., 1972. Structure des populations de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinodermata, Echinoïdea) soumises à la pêche sur les côtes Nord de Bretagne. *Rev. Trav. Int. Pêche marit.*, 39 (2): 171-212.
- ALLAIN J. Y., 1978. Age et croissance de *Paracentrotus lividus* (Lmk.) et de *Psammechinus miliaris* (Gmelin) des côtes Nord de Bretagne (Echinoïdea). *Cah. Biol. Mar., Fr.*, 19 (1): 11-21.
- AUBERT J., FLATAU G., PUEL D., BREITMAYER V., CLEMENT R., 1977. Etude de la contamination des élevages marins. *Rev. Int. Océanogr. Méd.*, tomes XLV - XLVI, 77: 97p.
- AUGIER H., 1988. Menaces sur les populations d'oursins. *Océanorama*, 12: 32-41.
- AZZOLINA J. F., 1983. Evolution de la maladie de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lmk.) dans la baie de Port-Cros (Var, France). *Rapp. P.V. Réunion commiss. Internation. Explor. Sci. Mer médit.*, 28 (3): 263-264.
- AZZOLINA J. F., 1987. Evolution à long terme des populations de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* dans la baie de Port-Cros (Var, France). *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*. BOUDOURESQUE C. F. édité. Gis Posidonie publ., Marseille, Fr., 1987: 257-269.
- AZZOLINA J. F., 1988. Contribution à l'étude de la dynamique des populations de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lamarck). Croissance, recrutement, mortalité, migration. Thèse Doct. 3ème cycle Ecol., Univ. Aix-Marseille II, Fr.: 1-225.
- BHATTACHARYA G. G., 1967. A sample method of resolution of a distribution into gaussian components biometrics, 23 (1): 115-135.
- BOUDOURESQUE C. F., NEDELEC H., SHEPHERD S. A., 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.
- BOUDOURESQUE C. F., NEDELEC H., SHEPHERD S. A., 1981. The decline of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the bay of Port-Cros. (Var France). *Rapp. P. V. Reun. Comm. Intl. Mer médit.*, Monaco, 27 (2): 223-224.

- BOURGEOIS M., LEVAU J. Y., 1980. Technique d'analyse et de contrôle microbiologique dans les industries agro-alimentaires: contrôle microbiologique. *Ed. Tec. Et Doc.*, Paris: 412 p.
- BRISOU J. F., DENIS F. A., 1980. Techniques de surveillance de l'environnement maritime. Masson, Edit. Paris: 206 p.
- BUTTIAUX R., FERNAND R., 1965. L'auto-épuration des moules de Méditerranée, son utilité, sa réalisation. *In: pollution marine par les microorganismes et les produits petroliers*: 15 p.
- CARPINE C., 1958. Recherche sur les fonds à *Pyssonnelia polymorpha* (Zan) Schmitz dans la région de Marseille. *Bull. Int. Ocean. Monaco*, 11(25): 50 p.
- CHERBONNIER G., 1958. Faune marine des Pyrénées Orientales. Fasc. 2, Echinoderme. Suppl. *Vie et milieu*: 67 p.
- DAGET J., 1972. Lois de croissances linéaires et pondérales. Mortalités, structures démographiques, modèles linéaires de SCHAEFER et modèles exponentiels de FOX. *Documents scientifiques, centre O.R.S.T.O.M. (Pointe-Noire), N.S.*, 28: 77p.
- DAGNELIE P., 1973-1975. Théorie et méthodes statistiques; 2 vol., presses agronomiques de Gembloux publ., Fr.: 1-378; 1-463.
- DAGNELIE P., 1975. Analyse statistique à plusieurs variables; presses agronomiques de Gembloux publ., Fr.: 1-362.
- DAJOZ R., 1982. Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliquée. Gauthier-Villars, Paris: 495p.
- DELMAS P., REGIS M. B., 1984. Influence d'une pollution complexe à dominante domestique sur les populations de l'échinoïde comestible *Paracentrotus lividus* (Lamarck). *Vie marine*, 6: 63-72.
- DELMAS P., REGIS M. B., 1985. Impact de la pollution domestique sur la biologie et la morphométrie de l'échinoïde *Paracentrotus lividus* (Lamarck). Données préliminaires. *C. R. Hebd. Semac. Acad. Sci.*, Paris, 300 (4): 143-146.
- DIEUZEIDE R., 1935. Les échinides réguliers de la baie de Castiglione. *Bull. Stat. Aquic. Pêche Castiglione*: 1-9.
- DJABALI F., MEHAILIA A., KOUDIL M., BRAHMI B., 1994. Empirical equations for the estimation of natural mortality in Mediterranean teleost. *Naga, Iclarm* 2 (64): 35-37.
- F.A.O., 1968. Statistiques de pêches. Captures et quantités débarquées, 1965, 10: 201 p.
- F.A.O., 1993. Statistiques de pêches. Captures et quantités débarquées, 1986, 65: 516 p.

- FARRUGIO A., LE CORRE G., ALDEBERT Y., 1995. Considération sur la modélisation des pêcheries interactives méditerranéennes à partir d'expériences récentes dans le golfe de Lion. Dynpop. Tunis 10-14, septembre 1994. CIESM, CIEHAM. INSTOP. Vol. 10, 1995. *Cah. Opt. Médit.*: 39-45.
- FENAUX J.F., 1968. Maturation des gonades et cycles saisonniers des larves chez *Arbacia lixula*, *Paracentrotus lividus* et *Paracentrotus microtuberculatus* (Echinoïdes) à ville Franche-Sur-Mer. *Vie marine*, Fr., 19 (17): 1-52.
- FRONTIER S., 1981. Stratégie d'échantillonnage en écologie. Masson publ., Paris: 494 p.
- GARTNER E., 1989. L'oursin devient chauve... *Science et Vie*, n°856: 62-65.
- GUETTAF M., San MARTIN G.A., 1995. Etude de la variabilité de l'indice gonadique de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (ECHINODERMATA: ECHINIDAE) en Méditerranée nord-occidentale. *Vie et milieu*, 45 (2): 125-137.
- HARMELIN J. G., BOUCHON C., HONG J.S., 1981. Impact de la pollution sur la distribution des échinodermes des substrats durs en provence (Méditerranée Nord-Occidentale). *Téthys*, 10 (1) 1981: 13-36.
- IFREMER, 1989. L'industrie de la conserve des produits de la mer. *Polycopié*, Nantes: 16 p.
- IFREMER, 1992. Méthode d'analyse bactériologique pour le contrôle des coquillages: 29 p.
- INSTITUT APPERT, 1979. Barèmes de stérilisation des conserves alimentaires en boîtes métalliques. *Opuscule 3 éd. Institut national de la conserve de Paris*: 46 p.
- JANGOUX M., MAES P., 1987. Les épizooties chez les oursins réguliers (Echinodermata). *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*. C. F. BOUDOURESQUE édit. Gis Posidonie publ., Marseille, Fr.: 299-307.
- KORICHI H. s., 1988. Contribution à l'étude biologique de deux espèces de Saurels *Trachurus trachurus* (LINNE, 1758) et *Trachurus mediterraneus* (STEINDACHNER, 1868) et la dynamique de *Trachurus trachurus* (Linné, 1758) en baie de Bou-Ismaïl (Alger). Thèse de magistère, ISMAL, Alger: 203 p.
- LAUBIER L., 1966. Le coralligène des Albères. Monographie biocénotique. *Ann. Inst. Océan.*, 43: 137-316.
- LAURENT M., Moreau G., 1973. Influence des facteurs écologiques sur le coefficient de condition d'un Téléostéen (*Cottus gobio* L.). *Ann. Hydrobiol.*, Fr., 4(2): 211-228.
- LE DIREAC'H J. P., 1987. La pêche des oursins en Méditerranée. Historique, techniques, législation, production. *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*. BOUDOURESQUE C. F., édit. Gis Posidonie publ., Marseille, Fr., 1987: 335-362.

- LE DIREAC'H J. P., BOUDOURESQUE C. F., ANTOLIC B., KOCATAS A., PANAYOTIDIS P., PANCUCCI A., SEMROUD R., SPAN A., ZAOUALI J., ZAVODNIK D., 1987. Rapport sur la pêche des oursins en Méditerranée. *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*. BOUDOURESQUE C. F., édit. Gis Posidonie publ., Marseille, Fr., 1987: 329-334.
- LE GALL P., BUCAILLE D., 1987. Interêt d'un élevage intensif de l'oursin violet *Paracentrotus lividus*. *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*. BOUDOURESQUE C. F., édit. Gis Posidonie publ., Marseille, Fr.: 399-405.
- LE GUEN J. C., MORIZUR Y., 1989. Comparaison des méthodes de décomposition de distribution polymodale des fréquences de longueurs, en distributions polymodales successives (NORM SEP. MIX. MAXIMUS. Successif). Application au Bossus « *Pseudolutulus elongatus* » du Congo. *Pub. Dep. Hal. O.R.S.T.O.M.*, 11: 29 p.
- MAES P., JANGOUX M., 1984. The bold sea urchin disease: a biopathological approach. *Helgoländer Meeresunters*, 37: 217-224.
- MORTENSEN T., 1935. A monograph of the Echinoïdea. II- Bothriocidaroida, Melonechinoïda, Lepidocentroida, Stirodonta. Copenhagen, C. A. Reitzel publisher.
- MOTTET M. G., 1976. The fishery of the family strongylocentrolidea. *Wash. Dep. Fish. Techn. Rep.*, U. S. A., 20: 1-66, 1-111.
- MTIMET M., FARRUGIO H., OLIVIER P., 1995. Rapport du groupe de travail « DYNPOP » sur la dynamique des populations du comité des vertébrés marins et céphalopodes de la CIESM. Tunis 10-14, septembre 1994. CIESM, CIEHAM, INSTOP. *Vol. 10, 1995 Cah. Opt. Medt.*: 7-16.
- ONM, 1995. Bulletin mensuel d'informations climatologiques (mai, juin, juillet, août, septembre). Centre climatologique national, Alger: 30 p.
- PICHOT G., BARBETTE J., 1978. Estimation des taux moyens de disparition des bactéries fécales dans les eaux côtières belge de la mer du Nord. *Rev. Int. Océanogr. Méd.*, tomes LI-LII: 115-126.
- P.N.U.E. / O.M.S., 1983. Détermination des Coliformes fécaux dans les bivalves par le test des tubes multiples. n° 5 Rev. 1: 20 p.
- P.N.U.E. / O.M.S., 1987. Détermination des Coliformes totaux dans l'eau de mer par la méthode des tubes multiples, 28: 19 p.
- P.N.U.E. / O.M.S., 1995. Recommandations pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. Recommandations générales (MED II) (1989-1993). Document ICP / CEH 041 (2). Bureau régional OMS pour l'Europe, Copenhague: 25p.

- PROUHO H., 1887. Recherches sur le *Dorocidaris papillata* et quelques autres Echinides de la Méditerranée. *Arch. Zool. Exp. Gén.*, série V: 213-380.
- REGIS M. B., 1978. Croissance de deux échinoïdes du golfe de Marseille (*Paracentrotus lividus* (Lmk.) et *Arbacia lixula* (L.)). Aspect écologique de la microstructure du squelette et de l'évolution des indices physiologiques. Thèse Doct. Sc., univ. Aix-Marseille III.: 221 p.
- REGIS M. B., 1979. Analyse des fluctuations des indices physiologiques chez *Paracentrotus lividus* (Lmk.) et *Arbacia lixula* (L.) du golfe de Marseille. *Tethys*, Fr.: 167-181.
- REGIS M. B., 1980. Etude des possibilités d'élevage des oursins réguliers en fonction de la valeur de certains indices physiologiques. *Océanol. Acta*, 3 (1): 7-15.
- REGIS M. B., 1986. Microstructure adaptative des radioles de *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoïdea) en milieu eutrophisé par des eaux usées. *Marine biology*, 90: 271-277.
- REGIS M. B., PERESE J. M., GROS G., 1986. Données préliminaires sur l'exploitation de la ressource *Paracentrotus lividus* (Lmk.) dans le quartier maritime de Marseille. *Vie marine*, Fr., 7: 41-60.
- REGIS M. B., 1987. L'oursin comestible *Paracentrotus lividus*, une ressource en danger dans le quartier maritime de Marseille, France. *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*. BOUDOURESQUE C. F. Edit. Gis Posidonie Publ. Marseille, Fr., 1987: 391-397.
- RODIER J., 1984. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduelles, eaux de mer. 7^{ème} Ed. Dunod: 1364 p.
- SAINSBURY J. C., 1971. Commercial fishing methods. Ed. *Fishing News* (Books) Ltd., 127 p.
- SAILA S. B., PRAGER M. H., 1987. Logiciel fishparm. *Elsevier Scientific publishing*. Co, N. 4.
- SAN MARTIN A. G., 1987. L'oursin *Loxechinus albus* au Chili: Biologie, écologie et exploitation. *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*. BOUDOURESQUE C. F. édit. Gis Posidonie publ., Marseille, Fr., 1987: 317-390.
- SEMROUD R., KADA H., 1987. Contribution à l'étude de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck) dans la région d'Alger (Algérie): Indice de réplétion et indice gonadique. *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*. BOUDOURESQUE C. F. Edit. Gis Posidonie Publ. Marseille, Fr., 1987: 117-124.
- SEMROUD R., 1992. Contribution à la connaissance de l'écosystème à *Posidonia oceanica* (L.) Delile dans la région d'Alger (Algérie): étude de quelques compartiments. Thèse Doct. Sci. U.S.T.H.B.: 219 p.

- SINGLETON P., SAINSBURY D., 1984. Bactériologie. Edit. Masson: 158 p.
- SOUDAN F., ANQUEZ M., BENEZIT A., 1965. La conservation par le froid des poissons, crustacés et mollusques. Ed. J. B. BAILLIERA et fils, Paris: 482 p.
- SPARRE P. , VENNEMA S. C., 1992. Introduction to tropical fish stock assesment, par 1, manual, *F.A.O., fish. Tech. Rep.* 306/1, Rev. 1: 376 p.
- TERMIER H., TERMIER G., 1953. Les échinodermes traités de paléontologie. III- Les formes ultimes d'invertébrés morphologie et évolution. j. PIVETEAU. Ed. Masson et C^{le}, Paris: 1053 p.
- TERVER D., 1979. Etude comparative de quelques dispositifs de filtration dans des aquariums fonctionnant en circuit fermé. *Rev. Fr. Aquariol.*, 6, 2: 45-58.
- UNEP / WHO / LAEA, 1986. Isolation / enumeration of Salmonellae from sea water and sewage. Reference methods for marine pollution studies, n° 30 (draft), UNEP: 13 p.
- VERLAQUE M., 1984. Biologie des juvéniles de l'oursin herbivore *Paracentrotus lividus* (Lamarck) : sélectivité du broutage et impact de l'espèce sur les communautés algales de substrat rocheux en Corse (Méditerranée, France). *Bot. Mar., Germ.*, 27: 401-427.
- WETHERALL J. A., 1986. A new method for estimating growth and mortality parameters from light-frequency datas. *Fish byte*, 4 (1): 12-14.
- ZAVODNIK D., 1987. Synopsis on the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) in the Adriatic sea. Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles. BOUDOURESQUE C. F. édit. Gis Posidonie publ., Marseille, Fr.: 221-440.

ANNEXES

ANNEXE 1

Les indices Physiologiques

Annexe 1.1.: Etude de corrélation pour le choix de l'indice gonadique; $PSG = f(DS^3, PT)$.

DS (cm)	Effectif	PT	PSG_m
3.7	5	10.65	0.16
3.9	1	11.9386	0.1279
4.1	14	8.73	0.11
4.3	30	11.2922	0.3238
4.5	35	11.7495	0.627
4.7	68	10.9986	0.5748
4.9	78	12.2865	0.4681
5.1	100	14.525	0.8295
5.3	113	14.3301	0.8471
5.5	73	16.1029	1.1575
5.7	67	18.0503	1.2272
5.9	37	15.9924	1.2369
6.1	31	22.4696	1.5478
6.3	10	16.002	1.5742
6.5	5	23.2526	3.2312
6.7	6	21.1927	3.2162
6.9	3	22.8605	2.5077
7.1	2	14.04	0.30
7.3	1	13.73	0.43
Σ = 680			

Annexe 1.2 : Moyenne bimensuelle des indices gonadiques (IG) et indices de rentabilité (R) pour toutes les classes de tailles échantillonnées.

DSm en cm	R en %	Ecart Type	IGm	Ecart Type
3.8	12.56	9.2	1.25	0.48
4	9.96	3.73	0.84	0.26
4.2	21.08	6.1	1.73	0.08
4.4	6.1	9.9	1.75	0.8
4.6	23.7	6.8	1.92	0.5
4.8	25.2	15.47	2.14	1.3
5	28.91	14.6	3.13	2.3
5.2	31.83	15.84	2.58	1.4
5.4	35.85	20.59	2.89	2.2
5.6	37.05	23.66	4.22	3.8
5.8	45.32	18.24	3.38	1.59
6	58.4	25.39	3.85	1.84
6.2	38.3	22.06	2.32	1.91
6.4	56.19	13.87	4.88	0.91

1^{ère} quinzaine d'échantillonnage (20 mai- 15 juin)

DSm en cm	R en %	Ecart Type	IGm	Ecart Type
4.2	20.89	12.16	2.11	1.71
4.4	21.45	9.71	3.78	3.01
4.6	22.87	2.4	1.75	0.08
4.8	29.17	16.34	3.5	2.1
5	44.15	21.46	5.36	2.86
5.2	37.23	18.64	4.8	3.3
5.4	57.13	21.16	7.85	6.07
5.6	52.54	26.74	7.1	6.6
5.8	59.1	26.67	7.38	4.38
6	59.69	11.78	5.64	3.2
6.2	74.35	26.35	8.34	6.24
6.4	35.73	21.97	14.4	7.4
6.6	93.16	24.93	18.87	4.38
6.8	69.33	33.07	14.25	7.44

2^{ème} quinzaine d'échantillonnage (30 juin- 15 juillet)

Suite Annexe 1.2

DSm en cm	R en %	Ecart Type	IGm	Ecart Type
4.2	29.1	33.28	1.1	0.8
4.4	15.88	1.67	1.82	0.59
4.6	20.89	11.05	2.27	1.12
4.8	22.63	17.49	2.35	3.1
5	42.06	22.96	2.94	1.45
5.2	36.25	23	2.87	2.02
5.4	35.62	18.61	3.87	2.71
5.6	39.89	22.44	2.99	1.83
5.8	37.33	12.31	3.52	1.26
6	51.2	16.89	3.67	0.84
6.2	65.63	17.59	7.57	5.86

3^{ème} quinzaine d'échantillonnage (15 juillet- 30 juillet)

DSm en cm	R en %	Ecart Type	IGm	Ecart Type
4.2	17.49	10.85	1.95	0.86
4.4	24.07	22.13	1.81	1.81
4.6	26.35	21.18	2.06	2.17
4.8	17.2	19.74	1.68	1.39
5	31.68	23.64	4.27	5.56
5.2	29.39	18.66	3.03	2.75
5.4	30.84	18.76	4.08	3.63
5.8	33.76	13.83	2.72	1.27
6	32.93	19.89	3.42	1.73
6.3	62.06	23.35	6.48	2.62

4^{ème} quinzaine d'échantillonnage (30 juillet- 15 août)

DSm	R	Ecart	IGm	Ecart	Type	en cm.	en %	Type
4.2	21.97	10.14	1.1	0.5				
4.4	28.28	3	1.4	0.45				
4.6	38.18	30.17	2.23	1.97				
4.8	22.44	11.34	1.53	0.97				
5	31.15	24.46	3.8	5.2				
5.2	35.01	13.45	4.4	3.5				
5.4	46.75	20.62	4.9	6.1				
5.6	30.15	13.92	2.23	0.74				
5.8	37.77	11.9	2.94	1.33				
6.2	36.43	1.65	2.9	0.3				
6.4	61.64	24.8	4.9	2.7				

5^{ème} quinzaine d'échantillonnage (15 août- 30 août)

DSm	R	Ecart	IGm	Ecart	Type	en cm.	en %	Type
4.2	13.72	7.95	1.1	0.76				
4.4	31.11	34.36	3.5	3.82				
4.6	18.36	12.72	1.76	1.6				
4.8	21.48	14.65	1.6	1.1				
5	18.55	6.05	1.73	1.14				
5.2	36.47	22.64	3.72	4.5				
5.4	32.45	5.54	3.4	2.1				
5.6	52.14	34.65	5.26	3.7				
5.8	28.32	11.79	1.9	0.78				
6	51	13.83	3.74	1.7				
6.6	69.51	31.48	8.3	5.56				
6.8	34.62	8.3	3.87	2.41				
7	41.66	22.44	4.3	2.2				

6^{ème} quinzaine d'échantillonnage

(30 août- 16 septembre)

Annexe 1.3 : moyenne des indices gonadiques (IGm) et des indices de réplétions (IRm)
pour chaque prélèvement

Date	Jour	IGm	Ecart Type	IRm	Ecart Type
15.05	0	2.55	0.7	8.96	2.17
20.05	5	2.59	1.3	11.72	2.2
22.05	7	1.09	0.52	2.59	2.98
27.05	12	5.68	2.65	8.25	1.26
29.05	14	3.26	2.47	9.22	2.28
4.06	20	3.83	2.93	8.95	2.45
10.06	26	2.04	1.91	7.41	1.13
13.06	29	2.99	1.91	7.13	1.4
14.06	30	2.54	0.5	5.8	1.3
18.06	34	5.36	2.64	15.1	4.7
2.07	48	2.57	2.01	7.53	1.62
8.07	54	11.87	8.17	10.46	7.7
15.07	61	6.1	2.21	5.97	1.1
17.07	63	3.04	2.41	6.68	1.45
22.07	67	3.41	1.89	6.59	1.23
23.07	68	4.56	3.8	6.12	1.02
29.07	74	1.65	0.98	5.99	1
1.08	77	4.49	2.89	5.28	1.19
5.08	81	2.26	1.17	5.79	2.4
7.08	83	3.99	3.44	3.59	1.45
8.08	84	2.45	2.33	4.53	1.91
10.8	86	2.9	1.54	4.62	1.4
12.08	88	5.64	5.96	4.41	1.67
14.08	90	1.56	1.21	4.18	1.32
20.08	96	6.51	4.04	6.63	2.1
21.08	97	1.1	0.53	4.62	1.27
26.08	102	3.78	4.04	6.63	2.06
27.08	103	2.36	1.16	6.82	1.38
3.09	110	2.48	2.27	7.17	1.47
9.09	117	3.76	4.13	4.71	1.36
11.09	118	5	3.67	3.79	0.86
16.09	123	1.65	1.67	4.8	1.56

Annexe 1.4 : Dates des différentes phases de la lune du mois de Mai à Septembre 1995

Date	Jour	IGM	Observations	Date	Jour	IGM	Observations
15.05	0	2.55		8.08	84	2.45	
20.05	5	2.59		10.08	86	2.90	Pleine lune
22.05	7	1.09		12.08	88	5.64	
27.05	12	5.68		14.08	90	1.56	
29.05	14	3.26	Nouvelle lune	20.08	96	6.51	
4.06	20	3.83		21.08	97	1.10	
10.06	26	2.04		26.08	102	3.78	Nouvelle lune
13.06	29	2.89	Pleine lune	27.08	103	2.36	
14.06	30	2.54		3.09	110	2.48	
18.06	34	5.36		9.09	117	3.76	Pleine lune
2.07	48	2.57		11.09	118	5	
8.07	54	11.87		1	123	1.65	
15.07	61	6.01					
17.07	63	3.04					
22.07	67	3.41					
23.07	68	4.56					
29.07	74	1.65					
1.08	77	4.49					
5.08	81	2.26					
7.08	83	3.99					

Annexe 1.5: Indice de rentabilité (R), indice gonadique (IG) et diamètre sans les piquants (DS) pour la 2^{ème} et la 6^{ème} quinzaine d'échantillonnage.

2^{ème} quinzaine d'échantillonnage (30 juin- 15 juillet)

DS	IG	R %
4.5	2.1	30.75
5	4.29	37.87
5.5	6.35	44.57
6	9	53.18
6.5	12.59	64.85
7	17	79.18

DS=Diamètre sans les piquants.
 IG=Indice gonadique.
 R%=Indice de rentabilité.

6^{ème} quinzaine d'échantillonnage (30 août- 16 septembre)

DS	IG	R %
4.5	1.76	21
5	2.53	26.79
5.5	3.13	31.31
6	3.76	36.19
6.5	4.45	41.23
7	5.2	46.87

ANNEXE 2

**(Structure des Populations
et Croissance)**

Annexe 2-1 : Fréquence des diamètres du test sans les piquants pour les quatre stations .

VARIABLE : 3 . DS **S₁**

====LIMITES DES CLASSES====		EFFECTIF	POURCENTAGE	....EN CUMULE....	
				EFFECTIF	POURCENTAGE
3.60 <	3.80	0	0.00	0	0.00
3.80 <	4.00	1	0.56	1	0.56
4.00 <	4.20	1	0.56	2	1.11
4.20 <	4.40	5	2.78	7	3.89
4.40 <	4.60	6	3.33	13	7.22
4.60 <	4.80	14	7.78	27	15.00
4.80 <	5.00	21	11.67	48	26.67
5.00 <	5.20	33	18.33	81	45.00
5.20 <	5.40	29	16.11	110	61.11
5.40 <	5.60	27	15.00	137	76.11
5.60 <	5.80	22	12.22	159	88.33
5.80 <	6.00	12	6.67	171	95.00
6.00 <	6.20	6	3.33	177	98.33
6.20 <	6.40	2	1.11	179	99.44
6.40 <	6.60	0	0.00	179	99.44
6.60 <	6.80	0	0.00	179	99.44
6.80 <	7.00	0	0.00	179	99.44
7.00 <	7.20	0	0.00	179	99.44
7.20 <	7.40	1	0.56	180	100.00
TOTAL		180	100.00		

VARIABLE : 3 . DS **S₂**

====LIMITES DES CLASSES====		EFFECTIF	POURCENTAGE	....EN CUMULE....	
				EFFECTIF	POURCENTAGE
3.00 <	3.20	1	0.63	1	0.63
3.20 <	3.40	0	0.00	1	0.63
3.40 <	3.60	0	0.00	1	0.63
3.60 <	3.80	0	0.00	1	0.63
3.80 <	4.00	0	0.00	1	0.63
4.00 <	4.20	1	0.63	2	1.25
4.20 <	4.40	7	4.38	9	5.63
4.40 <	4.60	9	5.63	18	11.25
4.60 <	4.80	14	8.75	32	20.00
4.80 <	5.00	16	10.00	48	30.00
5.00 <	5.20	28	17.50	76	47.50
5.20 <	5.40	31	19.38	107	66.88
5.40 <	5.60	16	10.00	123	76.88
5.60 <	5.80	16	10.00	139	86.88
5.80 <	6.00	12	7.50	151	94.38
6.00 <	6.20	5	3.13	156	97.50
6.20 <	6.40	2	1.25	158	98.75
6.40 <	6.60	1	0.63	159	99.38
6.60 <	6.80	1	0.63	160	100.00
TOTAL		160	100.00		

VARIABLE : 3 . DS

S₃

====LIMITES DES CLASSES====		EFFECTIF	POURCENTAGE	....EN CUMULE....	
				EFFECTIF	POURCENTAGE
3.70 <	3.90	3	1.67	3	1.67
3.90 <	4.10	8	4.44	11	6.11
4.10 <	4.30	12	6.67	23	12.78
4.30 <	4.50	9	5.00	32	17.78
4.50 <	4.70	24	13.33	56	31.11
4.70 <	4.90	30	16.67	86	47.78
4.90 <	5.10	21	11.67	107	59.44
5.10 <	5.30	31	17.22	138	76.67
5.30 <	5.50	21	11.67	159	88.33
5.50 <	5.70	10	5.56	169	93.89
5.70 <	5.90	4	2.22	173	96.11
5.90 <	6.10	4	2.22	177	98.33
6.10 <	6.30	1	0.56	178	98.89
6.30 <	6.50	1	0.56	179	99.44
6.50 <	6.70	0	0.00	179	99.44
6.70 <	6.90	0	0.00	179	99.44
6.90 <	7.10	1	0.56	180	100.00
TOTAL		180	100.00		

VARIABLE : 3 . DS

S₄

====LIMITES DES CLASSES====		EFFECTIF	POURCENTAGE	....EN CUMULE....	
				EFFECTIF	POURCENTAGE
3.70 <	3.90	1	0.63	1	0.63
3.90 <	4.10	0	0.00	1	0.63
4.10 <	4.30	4	2.50	5	3.13
4.30 <	4.50	5	3.13	10	6.25
4.50 <	4.70	11	6.88	21	13.13
4.70 <	4.90	10	6.25	31	19.38
4.90 <	5.10	15	9.38	46	28.75
5.10 <	5.30	17	10.63	63	39.38
5.30 <	5.50	26	16.25	89	55.63
5.50 <	5.70	17	10.63	106	66.25
5.70 <	5.90	15	9.38	121	75.63
5.90 <	6.10	13	8.13	134	83.75
6.10 <	6.30	9	5.63	143	89.38
6.30 <	6.50	6	3.75	149	93.13
6.50 <	6.70	3	1.88	152	95.00
6.70 <	6.90	7	4.38	159	99.38
6.90 <	7.10	1	0.63	160	100.00
TOTAL		160	100.00		

Annexe 2.2: Etude de la Structure de population de *Paracentrotus lividus* dans les quatre stations d'après la méthode de BHATTACHARYA (1967).

STATION 1.				STATION 2.				
Centre de classe	Z=(n+1)	Ln (Z)	Δ Ln Z		Centre de classes	Z=(n+1)	Ln (Z)	Δ Ln Z
37	1	0	0.69		31	2	0.69	0.69
39	2	0.69	0		33	1	0	0
41	2	0.69	1.1		35	1	0	0
43	6	1.79	0.15		37	1	0	0
45	7	1.94	0.76		39	1	0	0.69
47	15	2.7	0.4		41	2	0.69	1.41
49	22	3.1	0.4		43	8	2.1	0.2
51	34	3.5	-0.1		45	10	2.3	0.4
53	30	3.4	-0.1		47	15	2.7	0.1
55	28	3.3	-0.2		49	17	2.8	0.6
57	23	3.1	-0.5		51	29	3.4	0.1
59	13	2.6	-0.66		53	32	3.5	0.7
61	7	1.94	-0.84		55	17	2.8	0
63	3	1.10	-1.1		57	17	2.8	0.2
65	1	0	0		59	13	2.6	0.8
67	1	0	0		61	6	1.8	0.7
69	1	0	0		63	3	1.1	0.41
71	1	0	0.69		65	2	0.69	0
73	2	0.69			67	2	0.69	

STATION 3				STATION 4				
Centre de classe	Z=(n+1)	Ln Z	Δ Ln Z		Centre de classe	Z=(n+1)	Ln Z	Δ Ln Z
3.8	4	1.4	0.8		38	2	0.7	-0.7
40	9	2.2	0.4		40	1	0	1.16
42	13	2.6	-0.3		42	5	1.6	0.2
44	10	2.3	0.9		44	6	1.8	0.7
46	25	3.2	0.2		46	12	2.5	-0.1
48	31	3.4	-0.3		48	11	2.4	0.4
50	22	3.1	0.4		50	16	2.8	0.1
52	32	3.5	-0.4		52	18	2.9	0.4
54	22	3.1	-0.7		54	27	3.3	-0.4
56	11	2.4	-0.8		56	18	2.9	-0.1
58	5	1.6	0		58	16	2.8	-0.2
60	5	1.6	-0.9		60	14	2.6	-0.3
62	2	0.7	0		62	10	2.3	-0.4
64	2	0.7	-0.7		64	7	1.9	-0.5
66	1	0	0		66	4	1.4	0.7
68	1	0	0.7		68	8	2.1	-1.4
70	2	0.7			70	2	0.7	

Annexe 2-3 : Etude de la variabilité du diamètre sans les piquants inter-stations (Test de KRUSKAL et WALLIS)

L'identité des populations parents, que ce soit par l'évolution mensuelle de la structure de la population ou par la comparaison inter-stations, est réalisée par l'application du test des rangs de KRUSKAL et WALLIS. Le test est basé sur le classement de l'ensemble des observations par ordre croissant, sur la détermination du rang de chacune d'elles et sur le calcul des sommes des rangs Y_i relative aux différents échantillons, pour obtenir la valeur suivante:

$$\chi^2_{\text{obs}} = 12 / n (n + 1) \sum_{i=1}^p Y_i^2 / n_i - 3 (n + 1)$$

n : désigne l'effectif total des échantillons.

Y_i : le rang de chaque observation.

P : est le nombre de traitement.

$P = 5$ Pour l'analyse de la variance concernant les 5 mois de prélèvement.

$P = 4$ Pour la comparaison de la structure des 4 stations de prélèvement.

χ_{obs} suit une distribution χ^2 de PEARSON.

L'hypothèse d'identité des populations parents est rejeté a (p-1) ddl au niveau α lorsque :

$$\chi^2_{\text{obs}} \geq \chi^2_{1-\alpha}$$

Annexe 2.4: Classes de tailles et effectifs pour les quatre mois d'échantillonnage.

VARIABLE : 3 . DS MAI

====LIMITES DES CLASSES====		EFFECTIF	POURCENTAGE	....EN CUMULE....	
				EFFECTIF	POURCENTAGE
3.70 <	3.80	0	0.00	0	0.00
3.80 <	3.90	4	5.00	4	5.00
3.90 <	4.00	1	1.25	5	6.25
4.00 <	4.10	4	5.00	9	11.25
4.10 <	4.20	2	2.50	11	13.75
4.20 <	4.30	2	2.50	13	16.25
4.30 <	4.40	3	3.75	16	20.00
4.40 <	4.50	3	3.75	19	23.75
4.50 <	4.60	1	1.25	20	25.00
4.60 <	4.70	1	1.25	21	26.25
4.70 <	4.80	4	5.00	25	31.25
4.80 <	4.90	5	6.25	30	37.50
4.90 <	5.00	4	5.00	34	42.50
5.00 <	5.10	5	6.25	39	48.75
5.10 <	5.20	6	7.50	45	56.25
5.20 <	5.30	3	3.75	48	60.00
5.30 <	5.40	4	5.00	52	65.00
5.40 <	5.50	1	1.25	53	66.25
5.50 <	5.60	4	5.00	57	71.25
5.60 <	5.70	5	6.25	62	77.50
5.70 <	5.80	3	3.75	65	81.25
5.80 <	5.90	6	7.50	71	88.75
5.90 <	6.00	2	2.50	73	91.25
6.00 <	6.10	4	5.00	77	96.25
6.10 <	6.20	1	1.25	78	97.50
6.20 <	6.30	1	1.25	79	98.75
6.30 <	6.40	0	0.00	79	98.75
6.40 <	6.50	0	0.00	79	98.75
6.50 <	6.60	0	0.00	79	98.75
6.60 <	6.70	0	0.00	79	98.75
6.70 <	6.80	0	0.00	79	98.75
6.80 <	6.90	1	1.25	80	100.00
TOTAL		80	100.00		

VARIABLE : 3 . DS JUIN

====LIMITES DES CLASSES====		EFFECTIF	POURCENTAGE	....EN CUMULE....	
				EFFECTIF	POURCENTAGE
4.30 <	4.40	1	0.83	1	0.83
4.40 <	4.50	2	1.67	3	2.50
4.50 <	4.60	2	1.67	5	4.17
4.60 <	4.70	3	2.50	8	6.67
4.70 <	4.80	6	5.00	14	11.67
4.80 <	4.90	3	2.50	17	14.17
4.90 <	5.00	7	5.83	24	20.00
5.00 <	5.10	7	5.83	31	25.83
5.10 <	5.20	14	11.67	45	37.50
5.20 <	5.30	12	10.00	57	47.50
5.30 <	5.40	11	9.17	68	56.67
5.40 <	5.50	11	9.17	79	65.83
5.50 <	5.60	4	3.33	83	69.17
5.60 <	5.70	11	9.17	94	78.33
5.70 <	5.80	8	6.67	102	85.00
5.80 <	5.90	3	2.50	105	87.50
5.90 <	6.00	1	0.83	106	88.33
6.00 <	6.10	5	4.17	111	92.50
6.10 <	6.20	3	2.50	114	95.00
6.20 <	6.30	1	0.83	115	95.83
6.30 <	6.40	1	0.83	116	96.67
6.40 <	6.50	2	1.67	118	98.33
6.50 <	6.60	1	0.83	119	99.17
6.60 <	6.70	0	0.00	119	99.17
6.70 <	6.80	1	0.83	120	100.00
TOTAL		120	100.00		

Suite Annexe 2.4

VARIABLE : 3 DS

JUILLET

====LIMITES DES CLASSES====		EFFECTIF	POURCENTAGE	....EN CUMULE....	
				EFFECTIF	POURCENTAGE
3.70 <	3.80	0	0.00	0	0.00
3.80 <	3.90	1	0.56	1	0.56
3.90 <	4.00	0	0.00	1	0.56
4.00 <	4.10	2	1.11	3	1.67
4.10 <	4.20	0	0.00	3	1.67
4.20 <	4.30	5	2.78	8	4.44
4.30 <	4.40	4	2.22	12	6.67
4.40 <	4.50	2	1.11	14	7.78
4.50 <	4.60	5	2.78	19	10.56
4.60 <	4.70	6	3.33	25	13.89
4.70 <	4.80	11	6.11	36	20.00
4.80 <	4.90	8	4.44	44	24.44
4.90 <	5.00	8	4.44	52	28.89
5.00 <	5.10	10	5.56	62	34.44
5.10 <	5.20	16	8.89	78	43.33
5.20 <	5.30	11	6.11	89	49.44
5.30 <	5.40	13	7.22	102	56.67
5.40 <	5.50	9	5.00	111	61.67
5.50 <	5.60	10	5.56	121	67.22
5.60 <	5.70	15	8.33	136	75.56
5.70 <	5.80	10	5.56	146	81.11
5.80 <	5.90	5	2.78	151	83.89
5.90 <	6.00	5	2.78	156	86.67
6.00 <	6.10	2	1.11	158	87.78
6.10 <	6.20	11	6.11	169	93.89
6.20 <	6.30	1	0.56	170	94.44
6.30 <	6.40	1	0.56	171	95.00
6.40 <	6.50	1	0.56	172	95.56
6.50 <	6.60	1	0.56	173	96.11
6.60 <	6.70	1	0.56	174	96.67
6.70 <	6.80	4	2.22	178	98.89
6.80 <	6.90	2	1.11	180	100.00
TOTAL		180	100.00		

VARIABLE : 3 DS

AOUT

====LIMITES DES CLASSES====		EFFECTIF	POURCENTAGE	....EN CUMULE....	
				EFFECTIF	POURCENTAGE
3.00 <	3.10	1	0.45	1	0.45
3.10 <	3.20	0	0.00	1	0.45
3.20 <	3.30	0	0.00	1	0.45
3.30 <	3.40	0	0.00	1	0.45
3.40 <	3.50	0	0.00	1	0.45
3.50 <	3.60	0	0.00	1	0.45
3.60 <	3.70	0	0.00	1	0.45
3.70 <	3.80	0	0.00	1	0.45
3.80 <	3.90	0	0.00	1	0.45
3.90 <	4.00	0	0.00	1	0.45
4.00 <	4.10	2	0.91	3	1.36
4.10 <	4.20	3	1.36	6	2.73
4.20 <	4.30	3	1.36	9	4.09
4.30 <	4.40	3	1.36	12	5.45
4.40 <	4.50	4	1.82	16	7.27
4.50 <	4.60	7	3.18	23	10.45
4.60 <	4.70	15	6.82	38	17.27
4.70 <	4.80	5	2.27	43	19.55
4.80 <	4.90	12	5.45	55	25.00
4.90 <	5.00	21	9.55	76	34.55
5.00 <	5.10	14	6.36	90	40.91
5.10 <	5.20	20	9.09	110	50.00
5.20 <	5.30	22	10.00	132	60.00
5.30 <	5.40	21	9.55	153	69.55
5.40 <	5.50	17	7.73	170	77.27
5.50 <	5.60	9	4.09	179	81.36
5.60 <	5.70	8	3.64	187	85.00
5.70 <	5.80	5	2.27	192	87.27
5.80 <	5.90	4	2.73	198	90.00
5.90 <	6.00	9	4.09	207	94.09
6.00 <	6.10	3	1.36	210	95.45
6.10 <	6.20	3	1.36	213	96.82
6.20 <	6.30	3	1.36	216	98.18
6.30 <	6.40	2	0.91	218	99.09
6.40 <	6.50	0	0.00	218	99.09
6.50 <	6.60	0	0.00	218	99.09
6.60 <	6.70	0	0.00	218	99.09
6.70 <	6.80	1	0.45	219	99.55
6.80 <	6.90	0	0.00	219	99.55
6.90 <	7.00	0	0.00	219	99.55
7.00 <	7.10	0	0.00	219	99.55
7.10 <	7.20	0	0.00	219	99.55
7.20 <	7.30	0	0.00	219	99.55
7.30 <	7.40	1	0.45	220	100.00
TOTAL		220	100.00		

Suite Annexe 2.4

VARIABLE : 3 . DS

SEPTEMBRE

====LIMITES DES CLASSES====	EFFECTIF	POURCENTAGE	....EN CUMULE....	
			EFFECTIF	POURCENTAGE
4.00 < 4.10	0	0.00	0	0.00
4.10 < 4.20	0	0.00	0	0.00
4.20 < 4.30	3	3.75	3	3.75
4.30 < 4.40	3	3.75	6	7.50
4.40 < 4.50	3	3.75	9	11.25
4.50 < 4.60	3	3.75	12	15.00
4.60 < 4.70	8	10.00	20	25.00
4.70 < 4.80	4	5.00	24	30.00
4.80 < 4.90	3	3.75	27	33.75
4.90 < 5.00	3	3.75	30	37.50
5.00 < 5.10	8	10.00	38	47.50
5.10 < 5.20	2	2.50	40	50.00
5.20 < 5.30	6	7.50	46	57.50
5.30 < 5.40	3	3.75	49	61.25
5.40 < 5.50	8	10.00	57	71.25
5.50 < 5.60	3	3.75	60	75.00
5.60 < 5.70	4	5.00	64	80.00
5.70 < 5.80	3	3.75	67	83.75
5.80 < 5.90	2	2.50	69	86.25
5.90 < 6.00	0	0.00	69	86.25
6.00 < 6.10	3	3.75	72	90.00
6.10 < 6.20	1	1.25	73	91.25
6.20 < 6.30	0	0.00	73	91.25
6.30 < 6.40	0	0.00	73	91.25
6.40 < 6.50	0	0.00	73	91.25
6.50 < 6.60	2	2.50	75	93.75
6.60 < 6.70	1	1.25	76	95.00
6.70 < 6.80	1	1.25	77	96.25
6.80 < 6.90	1	1.25	78	97.50
6.90 < 7.00	1	1.25	79	98.75
7.00 < 7.10	1	1.25	80	100.00
TOTAL	81	100.00		

VARIABLE : 3 . DS

GLOBALE

====LIMITES DES CLASSES====	EFFECTIF	POURCENTAGE	....EN CUMULE....	
			EFFECTIF	POURCENTAGE
3.00 < 3.20	1	0.15	1	0.15
3.20 < 3.40	0	0.00	1	0.15
3.40 < 3.60	0	0.00	1	0.15
3.60 < 3.80	5	0.74	6	0.88
3.80 < 4.00	1	0.15	7	1.03
4.00 < 4.20	14	2.06	21	3.09
4.20 < 4.40	30	4.41	51	7.50
4.40 < 4.60	35	5.15	86	12.65
4.60 < 4.80	68	10.00	154	22.65
4.80 < 5.00	78	11.47	232	34.12
5.00 < 5.20	100	14.71	332	48.82
5.20 < 5.40	113	16.62	445	65.44
5.40 < 5.60	73	10.74	518	76.18
5.60 < 5.80	67	9.85	585	86.03
5.80 < 6.00	37	5.44	622	91.47
6.00 < 6.20	31	4.56	653	96.03
6.20 < 6.40	10	1.47	663	97.50
6.40 < 6.60	5	0.74	668	98.24
6.60 < 6.80	6	0.88	674	99.12
6.80 < 7.00	3	0.44	677	99.56
7.00 < 7.20	2	0.29	679	99.85
7.20 < 7.40	1	0.15	680	100.00
TOTAL	680	100.00		

Annexe 2.5: Méthode de Wetherall et *al.* (1984 in Wetherall, 1986) pour la détermination de L_{∞} et z/k .

L_t	N_t	% N_t	% N_t cumulo	% $N_t L_t$	% $N_t L_t$ Cumulo	L_t
30.5	10	0.15	100	0.45	522.48	52.2
31.5	0	0	99.85	0	522.03	52.3
32.5	0	0	99.85	0	522.03	52.3
33.5	0	0	99.85	0	522.03	52.3
34.5	0	0	99.85	0	522.03	52.3
36.5	0	0	99.85	0	522.03	52.3
36.5	0	0	99.85	0	522.03	52.3
37.5	0	0	99.85	0	522.03	52.3
38.5	5	0.74	99.11	2.93	522.03	52.3
39.5	1	0.15	98.96	0.58	518.2	52.4
40.5	8	1.18	97.78	4.76	518.62	54.4
41.5	8	0.88	96.9	3.66	513.88	52.6
42.5	15	2.21	96.9	9.37	510.2	52.7
43.5	15	2.21	94.69	9.59	500.83	52.9
44.5	15	2.21	92.48	9.81	491.24	53.1
45.5	20	2.94	90.27	13.38	481.43	53.3
46.5	36	5.29	87.33	24.61	468.05	53.8
47.5	32	4.7	82.04	22.34	443.44	54.1
48.5	34	5	77.34	24.24	421.1	54.4
49.5	44	6.47	72.34	32.02	398.86	54.9
50.5	41	6.03	65.87	30.44	384.84	55.4
51.5	58	8.67	59.84	44.67	334.4	55.9
52.5	58	8.67	51.17	45.53	289.73	56.8
53.5	54	7.94	42.5	42.47	244.2	57.5
54.5	48	6.78	34.68	38.85	201.73	58.4
55.5	27	3.97	27.8	22.03	164.88	59.3
56.5	38	5.73	23.83	32.39	142.85	59.9
57.5	28	4.12	18.1	23.67	110.48	61
58.5	22	3.23	13.88	18.92	88.79	62.1
59.5	15	2.21	10.75	13.12	67.87	63.1
60.5	15	2.21	8.54	13.34	54.75	64.1
61.5	18	2.35	6.33	14.48	41.41	65.4
62.5	5	0.74	3.98	4.58	28.86	67.7
63.5	5	0.74	3.24	4.67	22.36	69
64.5	3	0.44	2.5	2.84	17.69	70.8
65.5	2	0.29	2.06	1.83	14.85	72.1
66.5	1	0.15	1.77	0.99	12.82	73
67.5	5	0.74	1.62	4.86	11.84	73.7
68.5	3	0.44	0.88	3.02	6.88	79.3
69.5	0	0	0.44	0	2.7	61.4
70.5	2	0.29	0.44	2.07	2.7	61.4
71.5	0	0	0.15	0	1.08	72
72.5	0	0	0.15	0	1.08	72
73.5	1	0.15	0.15	1.08	1.08	72

$$\bar{L}_t = \frac{(\%N_t \times L_t) \text{cumulé } s}{(\%N_t) \text{cumulé } s}$$

Annexe 2.6: Pourcentage cumulé du stock échantillonné (phase exploitable).

C.C (cm)	N	PHG gr	N.PHG	%	
				$\frac{\text{N.PHG.100}}{\text{WT}}$	en cumulo
3.7	5	0.958	4.79	0.25	100
3.9	1	0.36	0.36	0.018	99.75
4.1	14	0.5874	8.22	0.42	99.73
4.3	30	0.894	20.82	1.38	99.31
4.5	35	1.4631	51.21	2.63	97.93
4.7	68	1.6228	110.35	5.66	95.3
4.9	78	2.6631	207.72	10.66	89.64
5.1	100	2.3417	234.17	12.02	78.98
5.3	113	3.1104	351.47	18.04	66.96
5.5	73	3.4848	254.39	13.05	48.92
5.7	67	3.6477	244.39	12.54	35.87
5.9	37	4.3839	162.57	8.34	23.33
6.1	31	3.8217	118.47	6.08	14.99
6.3	10	9.5961	95.96	4.92	8.91
6.5	5	4.987	24.93	1.28	3.99
6.7	6	5.6671	34	1.74	2.71
6.9	3	4.7889	14.37	0.74	0.97
7.1	2	1.35	2.7	0.14	0.23
7.3	1	1.78	1.78	0.09	0.09
Somme	680		1948.67		

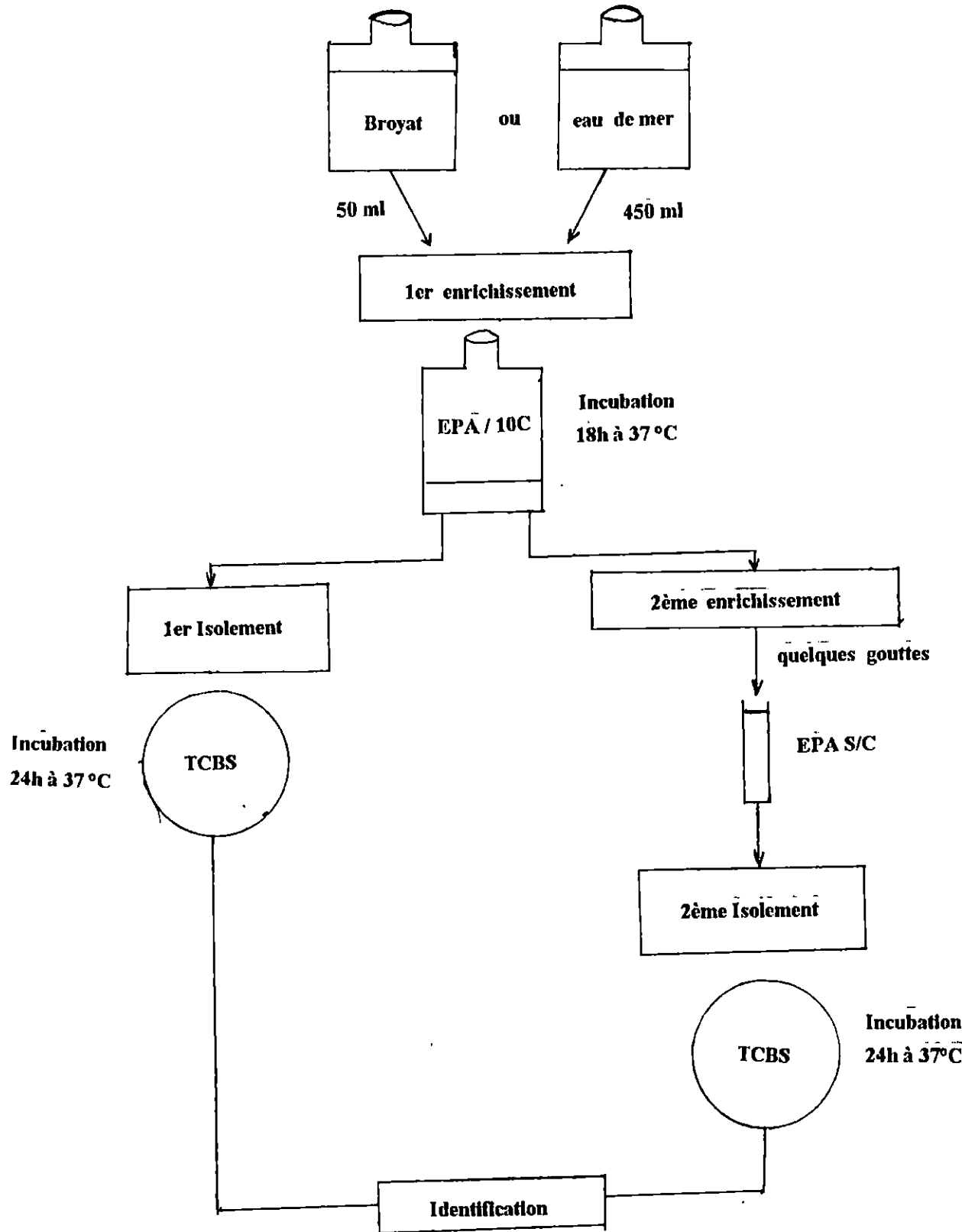
Annexe 2.7: Résultats du dénombrement de *Paracentrotus lividus* dans les quatre stations.

Dates	STATIONS			
	S1	S2	S3	S4
12.06 1995	4	14	42	20
	3	15	43	14
	1	14	67	17
	4	10	70	15
	6	15	80	7
	3	9	49	13
	13	9	34	22
	4	13	68	16
	14	8	40	19
	8	9	29	20
24.07 1995	14	15		
	22	6		
	23	15		
	19	6		
	16	7		
	9	8		
	7	17		
	8	2		
	0	11		
	3	18		
8.07 1995	13	19		10
	7	4		6
	6	6		4
	7	5		3
	6	16		2
	8	7		7
	13	8		11
	11	4		7
	12	7		
	3	5		

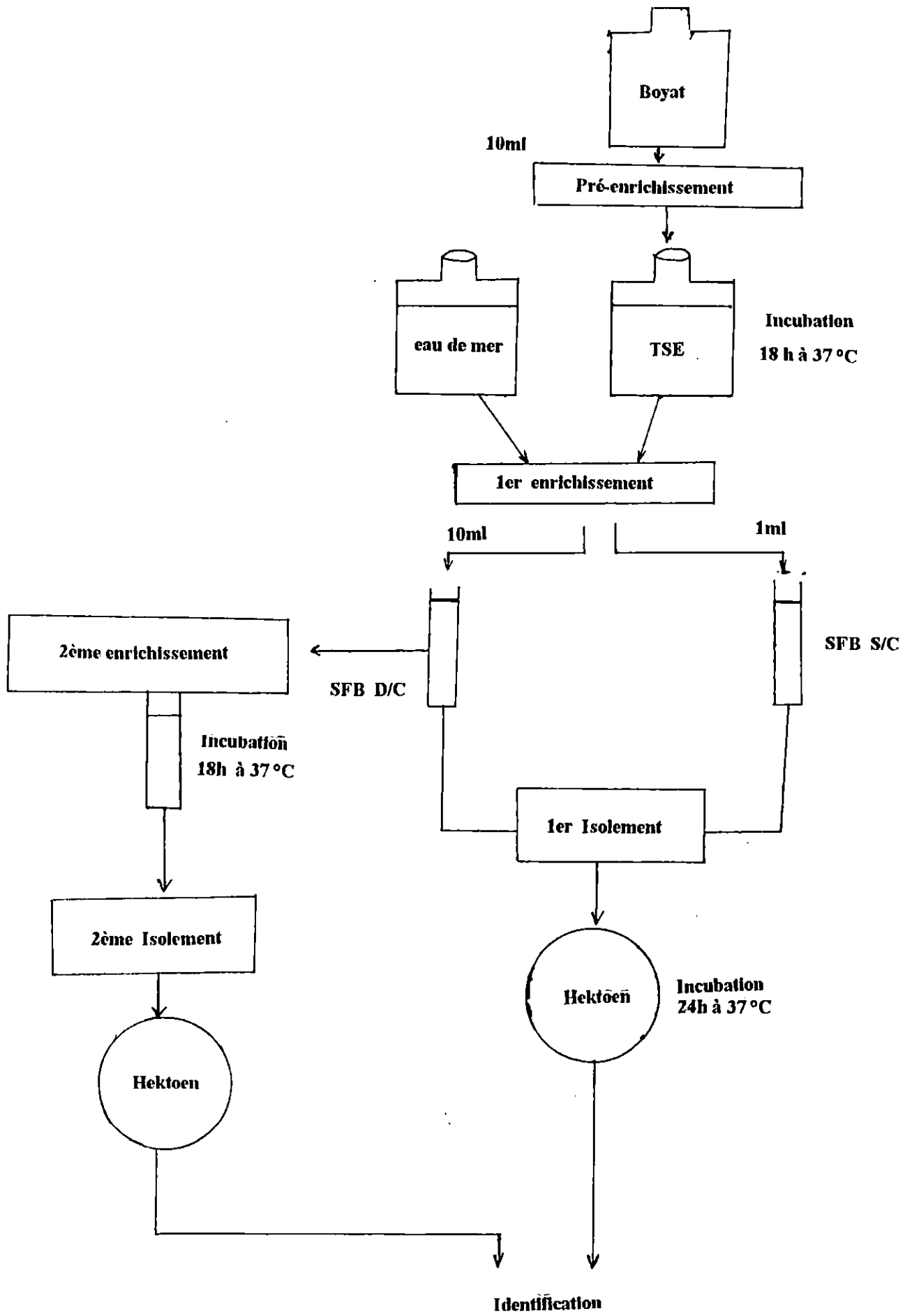
ANNEXE 3

(Microbiologie)

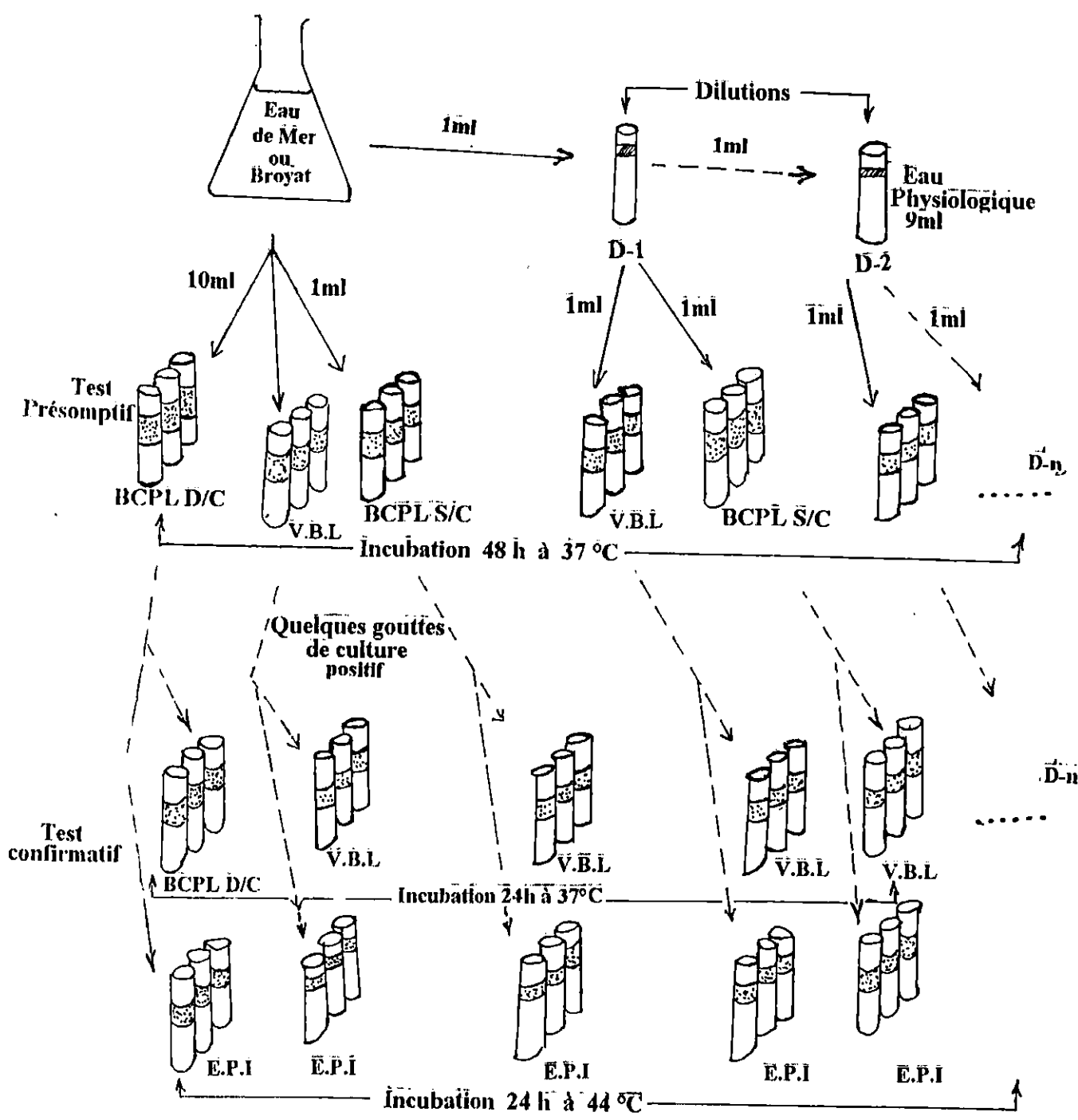
Annexe 3-1 : Techniques d'identification des germes pathogènes (Vibrions et Salmonelles) et technique de dénombrement des germes tests de contaminations fécale



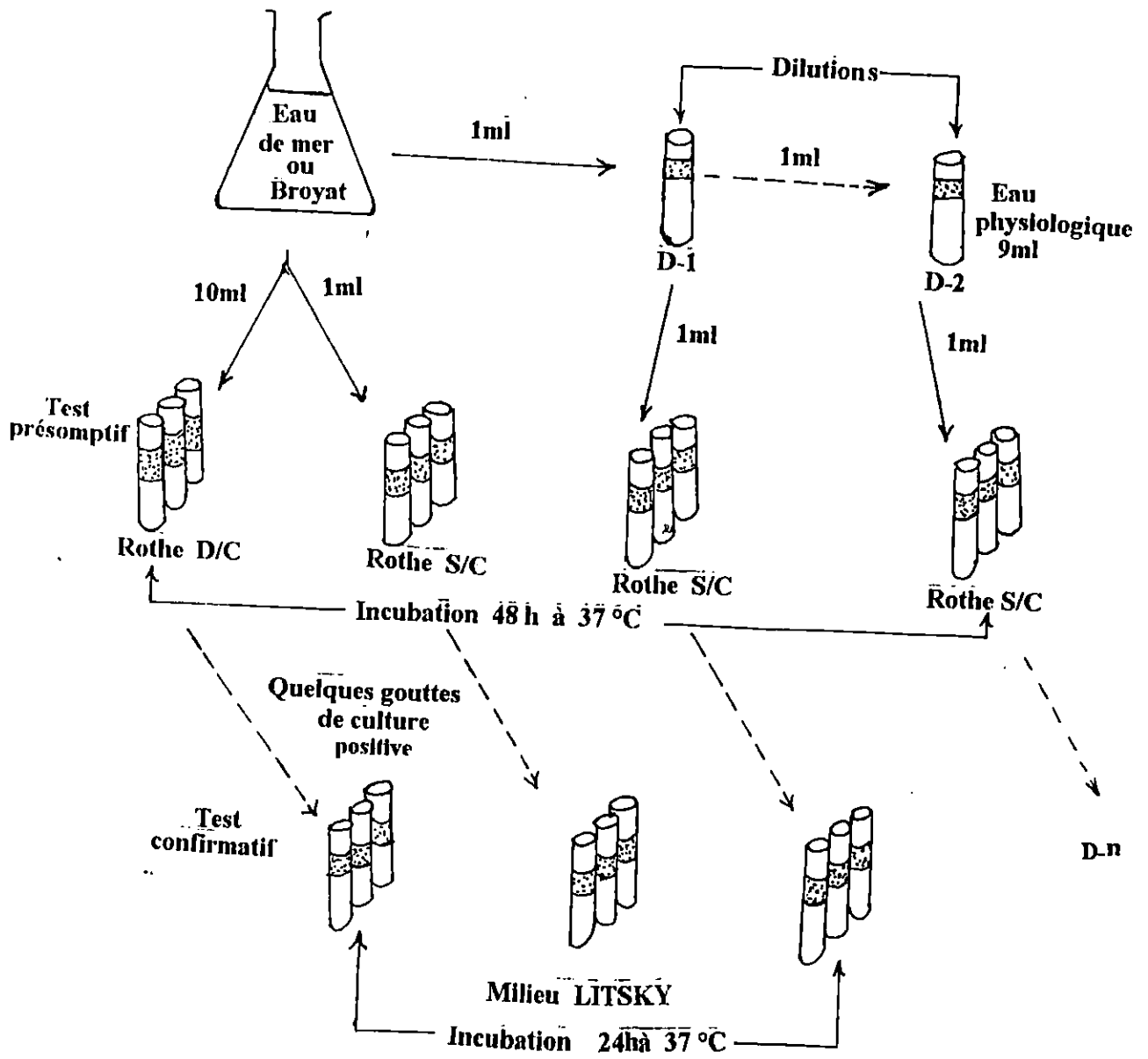
Technique de recherche des vibrions dans l'eau et dans les Oursins .



Technique de recherche des salmonelles dans l'eau et dans les Oursins



Numération des coliformes totaux et fécaux par la methode des tubes multiples .



Numération des streptocoques fécaux par la méthode des tubes multiples .

ANNEXE 3-2 : MILIEUX DE CULTURES ET REACTIFS .

1 - RECHERCHE DES COLIFORMES TOTAUX ET FECAUX .

Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol (B.C.P.L)

Composition en g / l	
Peptone	15.0
Nacl	5.0
Lactose	10.0
Pourpre de bromocrésol	0.025
pH du milieu = 7	
Autoclaver à 120 ° C pendant 20 mn .	

Bouillon lactosé bilié au vert brillant (B.V.B.L.)

Composition en g / l	
Peptone	10
Lactose	10
Bile de boeuf desséchée	20
Vert brillant	0.0133
pH final = 7.2	
Autoclaver à 120 ° C pendant 15 mn .	

Eau peptonée exempte indole (E.P.I)

Composition en g / l	
Peptone de caséine	10
Nacl	5
Eau distillée	1L

Reactif de Kovacs

Composition en g / l	
Paradiméthylamine -benzaldéhyde	5
Alcool amylique	75
Hcl pure	35

2 - RECHERCHE DES STREPTOCOQUES FECAUX .

Milieu de Rothe

Composition en g / l	
Peptone de caséine	20
Glucose	5
Nacl	5
Phosphate dipotassique	2.7
Phosphate monopotassique	2.7
Azide de sodium	0.2
Eau distillée	1L
pH final = 6.8 ± 0.2	
Autoclaver à 120 ° C pendant 15 mn	

Milieu de Litsky (E.V.A.)

composition en g/l	
Peptone de caséine	20
Glucose	5
Nacl	5
Phosphate dipotassique	2.7
Phosphate monopotassique	2.7
Azide de sodium	0.3
Ethyle violet	0.0005
Eau distillée	1L
pH final = 6.8 ± 0.2	
Autoclaver à 120 °C pendant 15 mn.	

3 - RECHERCHE DES SALMONELLES.

Bouillon au sélinite de sodium (S.F.B.)

- composition en g/l	
- Peptone de viande	5
- Lactose	4
- Sélinite de sodium	4
- Phosphate dipotassique	3.5
- Phosphate monopotassique	6.5
- Eau ditillée	1 L
- pH Final = 6.8 a 7	
* Autoclaver à 120°C pendant 15 mn	

-Tryptone sel eau (T.S.E)

- Composition en g/l	
- Tryptone	0.1
- Nacl	8.5
- Eau distillée	1L
- pH Final = 7.2	
* Autoclaver à 120°C pendant 15 mn	

- Gélose Hektoen

- Composition en g/l	
- Proteose de peptone	12
- Extrait de levure	3
- Nacl	5
- Thiosulfate de sodium	5
- Sels biliaires	9
- Citrate de fer ammoniacal	1.5
- Salicine	2
- Lactose	12
- Saccharose	1.2
- Fushina acide	0.1
- Bleu de bromothymol	0.065
- Agar	14
- pH Fnal = 7.5	
* A ne pas autoclaver	

- Triple sugar iron (T.S.I)

- Composition en g/l	
- Extrait de viande de boeuf	3
- Extrait de levure	3
- Peptone de caseine	15
- Peptone de viande	5
- Lactose	10
- Saccharose	10
- Glucose	1
- Citrate ferrique d' ammonium	5
- Nacl	5
- Thiosulfate de sodium	3
- Rouge de phénol	0.024
- Agar - Agar	12
- pH Final = 7.4	
* Autoclaver à 118°C pendant mn	

4 - Recherche des Vibrions

- Eau peptonée alcaline 10 fois concentrées (E.P.A *10)

- Composition en g/l	
- Peptone	80
- Nacl	5
- Eau ditillée	1L
- pH Final = 9.2	

- Eau peptonée alcaline (E.P.A)

- Peptone	30
- Nacl	5
- Eau distillée	1L
- pH Fianl = 8 a 8.2	

- Agar citrate au thiosulphate au saccharose et aux sels biliaries (T.C.B.S)

- Composition en g/l	
- Peptone de caséine	5
- Peptone de viande	5
- Extrait de levure	5
- Citrate de sodium	10
- Bile de boeuf desséchée	5
- Cholate de sodium	3
- Saccharose	20
- Thiosulfate de sodium	10
- Nacl	10
- Citrate ferrique	1
- Bleu de thymol	0.04
- Bleu de biomothymol	0.04
- Agar-Agar	14
- pH final = 8.7	

- Milieu_ de Kliger (K.I.A)

- Composition en g/l	
- Extrait de levure	3
- Extrait de viande de boeuf	3
- Peptone	20
- Lactose	10
- Glucose	1
- Nacl	0.5
- Citarte ferrique	0.3
- Thiosulfate . de Sodium	0.3
- Agar	12
- Rouge de Phénol	0.05
- pH final = 7.4	
* Autoclaver à 120° C pendant 15 min.	

Annexe 3-3 : Nombre le plus probable et intervalle de confiance dans le cas du système d'ensemencement dans 3 tubes .

NOMBRE DE TUBES DONNANT N.P.P. LIMITE DE CONFIANCE			95%		
UNE REACTION	POSITIVE	SUR	DANS		
3 TUBES DE	3 TUBES DE	3 TUBES DE	100 ml	LIMITE	LIMITE
10 ml	1 ml	0.1 ml		INFERIEURE	SUPERIEURE
0	0	1	3	< 0.5	9
0	1	0	3	< 0.5	13
1	0	0	4	< 0.5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	440
3	2	1	150	35	470
3	2	2	210	36	1300
3	3	0	240	71	2400
3	3	1	460	150	4800
3	3	2	1100		

Source : ALPHA - AWWA - WPCF : Standard methods for the examination of water and waste water
14th edition; Washington DC, 1975 (fer. 8).

**Annexe 3.4: Données de la température de l'eau de mer
(ONM, 1995) et état de la mer.**

Date	T°C	Etat de la mer
15.05	16.8	-
20.05	18.8	mer calme
27.05	19.4	peu agitée
10.06	21.1	calme
13.06	19.2	calme
1.07	21.7	peu agitée
8.07	22.8	calme
9.07	19.1	calme
15.07	23.3	peu agitée
21.07	24.2	peu agitée
24.07	21.5	calme
26.07	23.2	calme
29.07	22	calme
30.07	22.2	calme
6.08	25.8	peu agitée
10.08	21.7	agitée
14.08	19.3	peu agitée
20.08	24.5	calme
9.09	20	peu agité
11.09	19	peu agitée
16.09	18.5	peu agitée