

**THESE**

Présentée à l'USTHB pour l'obtention du grade de Docteur ES-SCIENCES  
Spécialité Océanographie (option Ecologie Marine)

par

**Rachid SEMROUD**

**CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DE L'ECOSYSTEME A  
POSIDONIA OCEANICA (L.) DELILE DANS LA REGION D'ALGER  
(ALGERIE) : ETUDE DE QUELQUES COMPARTIMENTS**

Soutenue le 19 Janvier 1993  
Devant le Jury composé de :

*Prof. S. Djebaili*

*Prof. C.F. Boudouresque*

*Prof. P. Vitiello*  
*Prof. N. Bounaga*  
*Doct. R. Seridji*  
*Prof. J. Romero*

*Président*

*Rapporteur*

*Examineurs*

INSTITUT DES SCIENCES DE LA NATURE

**THESE**

Présentée à l'USTHB pour l'obtention du grade de Docteur ES-SCIENCES  
Spécialité Océanographie (option Ecologie Marine)

par

**Rachid SEMROUD**

**CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DE L'ECOSYSTEME A  
POSIDONIA OCEANICA (L.) DELILE DANS LA REGION D'ALGER  
(ALGERIE) : ETUDE DE QUELQUES COMPARTIMENTS**

Soutenu le 19 Janvier 1993

Devant le Jury composé de :

*Prof. S. Djebâïli*

*Président*

*Prof. C.F. Boudouresque*

*Rapporteur*

*Prof. P. Vitiello*

*Examineurs*

*Prof. N. Bounaga*

*Doct. R. Seridji*

*Prof. J. Romero*

84

*A Lila, ma femme  
A Rim et Arslane, mes enfants*

*A mes parents*

*A mes amis*

A la mémoire de  
Monsieur le Professeur Djilali BOUNAGA

"Vous qui avez été le phare du marin"

## AVANT PROPOS

Ce travail a été réalisé au Laboratoire de Biologie et d'Ecologie Marine de l'Institut des Sciences de la Nature (ISN) et au Laboratoire de Biologie Marine et d'Ecologie du Benthos (LBMEB) dirigé par le Professeur Charles François BOUDOURESQUE de la Faculté des Sciences de Luminy, Université d'Aix-Marseille II, France.

Il a pu se faire, en partie, grâce à l'appui financier de l'Unité de Recherche en Biologie Fondamentale et Appliquée (URBFA) de l'ISN contrat n° F 1602/10/6/91, le Programme des Nations Unies pour l'Environnement contrat n° ALG/8-I et surtout grâce à une bourse d'étude algéro-française qui m'a permis d'effectuer un séjour de trois ans au sein du laboratoire du Professeur C.F. BOUDOURESQUE.

Je tiens à remercier très vivement les autorités ainsi que les responsables de ces structures.

Avant d'exposer ce travail, il m'est agréable également d'adresser mes remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé et soutenu.

Je tiens particulièrement à exprimer toute ma gratitude au Professeur **Charles François BOUDOURESQUE** qui a bien voulu m'accueillir dans son laboratoire, et ainsi que toute ma reconnaissance pour la confiance qu'il m'a témoigné en assurant la direction de ma thèse et ce malgré de multiples responsabilités. Je le remercie également pour ses encouragements, son soutien scientifique et moral, pour sa sympathie et son amitié. Qu'il soit assuré de mon respectueux attachement.

Je remercie les membres du jury pour l'intérêt qu'ils me témoignent en acceptant de juger ce travail:

Monsieur le Professeur **Salah DJEBAÏLI**, Docteur en Ecologie et Recteur de l'Université des Sciences et Technologies H. BOUMEDIENE d'avoir pris de son temps pour examiner et présider le jury de cette thèse.

Madame le Professeur **Nicole BOUNAGA** de l'Institut des Sciences de la Nature de l'ISN qui me fait le grand plaisir d'examiner mon travail.

Mademoiselle le Docteur **Rabea SERIDJI**, Docteur Es-Science en océanographie et Maître de conférence à l'Institut des Sciences de la Nature qui a accordé son attention à ce travail, et qui me fait l'honneur de participer au jury.

Monsieur le Professeur **Pierre VITIELLO**, Directeur du Laboratoire des Invertébrés marins de la Faculté des Sciences de Luminy qui malgré ses multiples tâches, a trouvé le temps de lire, de juger mon travail et de se déplacer à Alger pour assister à ce jury. C'est à lui, en particulier, que je dois l'orientation de mon sujet qu'il me suggéra juste après la soutenance de ma thèse de 3ème cycle en 1983. Qu'il trouve ici le témoignage de ma reconnaissance.

Monsieur le Professeur **Javier ROMERO**, spécialiste espagnol de la Posidonie du laboratoire d'Ecologie du Professeur **MARGALEF** de l'Université de Barcelone, qui me fait le grand plaisir d'accepter d'examiner mon travail, et l'honneur de participer au jury.

Ma sympathie va également à toutes les personnes du laboratoire de Biologie et d'Ecologie du Benthos avec lesquelles j'ai eu de vrais échanges amicaux. Leur gentillesse et leur bienveillance ont rendu très agréable mon séjour au laboratoire, et leur générosité de coeur m'a profondément touché. Je ne les citerai pas afin de n'oublier personne.

Les Docteurs Allain CROUZET, Patrice FRANCOUR, Gérard PERGENT et les Docteurs Régine et Marc VERLAQUE avec qui j'ai eu grand plaisir à rédiger certains de mes articles.

Les docteurs BELLAN G. ET BELLAN-SANTINI D. de la Station Marine d'Endoûme pour leur accueil dans leur laboratoire et l'aide qu'ils m'ont apporté pour la détermination de certains groupes de l'endofaune de la matre de l'herbier.

Je tiens aussi à adresser mes remerciements à mes collègues et néanmoins amis du Laboratoire de Biologie et d'Ecologie Marines, aux étudiants avec qui j'ai eu la chance de commencer les premières recherches, ainsi qu'au personnel administratif et technique de mon Institut qui n'a ménagé aucun effort pour me rendre possibles les sorties sur le terrain.

Je remercie très sincèrement le Commandant de la protection civile de l'unité de Bordj-El-Bahri, qui m'a permis de bénéficier des moyens dont il disposait pour accomplir les prélèvements et la sympathique équipe de plongeurs qui m'ont accompagné, quand cela était possible, lors de mes multiples plongées.

A tous ceux qui ont contribué à la réalisation de cette thèse, j'adresse mes sincères remerciements.

Une pensée particulièrement affectueuse pour tous mes amis et proches d'Alger et de Marseille dont le précieux soutien a grandement contribué à la préparation et la finalisation de cette thèse. Il m'aurait sans doute fallu bien plus que ces quelques lignes pour dire à chacun ma reconnaissance et ma gratitude, mais je crois que, bien au-delà des mots, le message le mieux compris est celui du coeur. Je pense particulièrement à mon ami Aimé BENDAMARDJI.

Je ne pourrais conclure cet avant-propos sans déclarer, avec émotion, que ce travail n'aurait pu voir le jour sans le soutien inconditionnel de Lila ma femme, de Rim et d'Arslan mes enfants qui, par leurs sacrifices, leur patience et leur amour, ont su me donner la force de supporter l'exil incontournable.

**Thèse présentée à l'U.S.T.H.B pour l'obtention du grade de Docteur Es-Sciences, spécialité  
Océanographie  
(option Ecologie Marine)**

par Rachid SEMROUD

**LISTE DES ERRATA**

**1- (TEXTE)**

<b>Au lieu de</b>	<b>Page</b>	<b>Ligne</b>	<b>Lire</b>
Fait suite à la bande (principalement des algues)	16 19 et 56	16 3 et 37	Faisant suite à la bande (principalement des algues)
Longeurs intremed.	76 80 et 81	Figures	Longeurs intermed.
de consommateurs que l'écaille précédente	91 99	4 34	de consommateurs que celle de l'écaille précédente
l'objet du publication et des Holothuridea	103 121	23 33	d'une publication Holothurioidea
se distingent de ceux l'indice gonique est	143 159	39 6	se distinguent de l'indice gonadique
plus importante quelque soit la station	166 179	24 30	plus importante quelle que soit

**SOMMAIRE**

## SOMMAIRE

I. INTRODUCTION .....	1
1. Généralités sur <i>Posidonia oceanica</i> et les herbiers .....	1
2. Importance de l'écosystème à <i>Posidonia oceanica</i> .....	3
3. Objectifs du travail.....	4
II. MATERIEL ET METHODES .....	7
1. Présentation du site .....	7
1.1. Situation géologique de la région et des stations .....	7
1.2. Caractéristiques hydrologiques .....	9
2. Description des stations .....	10
2.1. Aïn-Chorb.....	13
2.2. Marsa .....	13
2.3. Tamentfoust.....	16
2.4. Port d'Alger.....	16
3. Sédimentologie .....	19
3.1. Prélèvements.....	19
3.1.1. Sédiment des inter-mattes.....	19
3.1.2. Sédiment de la matre .....	19
3.2. Courbes et indices granulométriques .....	20
4. <i>Posidonia oceanica</i> et ses épiphytes .....	20
4.1. Echantillonnage.....	20
4.2. Densité des faisceaux : méthode de mesure .....	21
4.3. Phénologie .....	22
4.3.1. Définition .....	22
4.3.2. Analyse biométrique.....	22
4.4. Biomasse des feuilles et des épiphytes .....	25
4.4.1. Biomasse foliaire.....	25
4.4.2. Biomasse des épiphytes des feuilles .....	25
4.5. La lépidochronologie et ses applications.....	26
4.5.1. Définition .....	26
4.5.2. Echantillonnage .....	26
4.5.3. Dissection .....	28
4.5.4. Etude des cycles d'épaisseur des écailles .....	28
4.5.5. Applications de la lépidochronologie.....	28
4.6. La matre de l'herbier : racines et rhizomes.....	31
4.6.1. Définition .....	31
4.6.2. Echantillonnage .....	31
4.6.3. Tri et critères de reconnaissance du matériel vivant .....	31
4.6.4. Indice racinaire.....	32
4.6.5. Biomasse et nécromasse végétales endogées .....	32
5. Les Echinodermes.....	32
5.1. Groupes systématiques .....	32
5.1.1. <i>ECHINOIDEA</i> .....	33
5.1.1.1. <i>Paracentrotus lividus</i> .....	33
5.1.1.2 <i>Sphaerechinus granularis</i> .....	34

5.1.2. <i>HOLOTHURIOIDEA</i> .....	35
5.1.2.1. <i>Holothuria tubulosa</i> .....	35
5.1.2.2. <i>Holothuria polii</i> .....	36
5.2. Dénombrement des individus et mesures biométriques .....	36
5.2.1. <i>Echinoidea</i> .....	36
5.2.1.1. <i>Paracentrotus lividus</i> .....	37
5.2.1.2. <i>Sphaerechinus granularis</i> .....	37
5.2.2. <i>Holothurioidea</i> .....	38
5.3. Calcul de la biomasse.....	38
5.3.1. <i>Echinoidea</i> .....	38
5.3.1.1. <i>Paracentrotus lividus</i> et <i>Sphaerechinus granularis</i> .....	38
5.3.2. <i>Holothurioidea</i> .....	38
5.4. Indices physiologiques chez les <i>Echinoidea</i> .....	38
5.4.1. Indice de réplétion .....	38
5.4.2. Indice gonadique .....	39
6. Traitement statistique des données .....	40
III. RESULTATS ET DISCUSSION .....	44
1. TAXONOMIE DE <i>POSIDONIA OCEANICA</i> .....	44
1.1. Problématique .....	44
1.2. Matériel et méthodes.....	45
1.2.1. Morphologie .....	45
1.2.2. Anatomie et histologie .....	45
1.2.3. Caryologie .....	46
1.3. Résultats et discussion .....	47
1.3.1. Morphologie .....	47
1.3.2. Caryologie .....	50
1.3.3. Anatomie et histologie .....	54
1.4. Conclusions .....	57
2. SEDIMENTOLOGIE .....	58
2.1. Résultats .....	58
2.1.1. Sédiment des intermattes.....	58
2.1.1.1. La Marsa .....	58
2.1.1.2. Tamentfoust .....	59
2.1.2. Sédiment de la matte de l'herbier.....	59
2.1.2.1. La Marsa .....	59
2.1.2.2. Tamentfoust .....	60
2.2. Discussion et conclusion .....	60
3. <i>POSIDONIA OCEANICA</i> ET SES EPIPHYTES.....	65
3.1. Phénologie .....	65
3.1.1. Densité des faisceaux.....	65
3.1.2. Structures des faisceaux.....	66
3.1.2.1. Nombre de feuilles par faisceau .....	66
3.1.2.2. Largeur des feuilles .....	71
3.1.2.3. Longueur des pétioles (bases) .....	75
3.1.2.4. Longueur des feuilles.....	77

3.1.2.5. Etude des polygones de fréquence de la longueur des feuilles .....	79
3.1.2.6. Etat des apex (Coefficient "A").....	88
3.1.2.7. Indice foliaire (Leaf area index) .....	91
3.2. Lépidochronologie .....	95
3.2.1. Etude des cycles d'épaisseur des écailles .....	95
3.2.1.1. Au sein d'une même station.....	96
3.2.1.2. Variabilité entre les stations.....	96
3.2.1.3. Discussion et conclusion.....	97
3.2.2. Etude du nombre d'écailles par cycle : Périodicité .....	98
3.2.2.1. Variation au sein d'une station.....	98
3.2.2.2. Variation entre les stations .....	99
3.2.2.3. Discussion .....	99
3.2.3. Evolution de la date d'inversion des cycles d'épaisseur .....	99
3.2.4. Applications de la lépidochronologie.....	101
3.2.4.1. Vitesse de croissance du rhizome.....	101
3.2.4.2. Production de rhizome .....	102
3.2.4.3. Recherche de floraisons anciennes .....	103
3.3. Biomasse des feuilles .....	105
3.4. Biomasse des épiphytes.....	108
3.5. La matte de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> .....	112
3.5.1. Structure de la matte de l'herbier.....	112
3.5.2. Biomasse et nécromasses végétales endogées .....	113
3.5.3. Biomasse végétale épigée et endogée .....	116
3.5.4. L'indice racinaire .....	117
4. LES ECHINODERMES .....	121
4.1. Echinoidea .....	121
4.1.1. <i>Paracentrotus lividus</i> .....	121
4.1.1.1. Dénombrement et densité.....	121
4.1.1.2. Evolution de la biomasse et de la production .....	127
4.1.1.3. Relation biométrique (poids sec / diamètre du test) .....	129
4.1.1.4. Les indices physiologiques (Indice de réplétion (IR) et indice gonadique (IG)).....	131
4.1.2. <i>Sphaerechinus granularis</i> .....	142
4.1.2.1. Dénombrement et densité.....	143
4.1.2.2. Evolution de la biomasse et de la production .....	149
4.1.2.3. Structure de la population au port d'Alger et à Tamentfoust .....	150
4.1.2.4. Relation biométrique (poids / diamètre du test) .....	150
4.1.2.5. Indices physiologiques (indice de réplétion (IR) et indice gonadique (IG)) .....	154
4.1.2.6. Sex-ratio.....	163
4.1.2.7. Conclusion sur <i>Sphaerechinus granularis</i> .....	169
4.2. Holothurioidea.....	169

4.2.1. Répartition des holothuries au sein de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> .....	170
4.2.2. Répartition des densités .....	170
4.2.3. Evolution saisonnière de la densité et de la biomasse.....	172
4.2.4. Relation de biométrie chez <i>Holothuria polii</i> .....	174
5. ESSAI DE SYNTHÈSE SUR LES BIOMASSES DES DIFFÉRENTS COMPARTIMENTS DE L'ÉCOSYSTÈME À <i>POSIDONIA OCEANICA</i> DANS LA RÉGION EST D'ALGER .....	175
5.1. La phanérogame <i>Posidonia oceanica</i> .....	179
5.2. Le macrobenthos .....	179
IV. CONCLUSIONS GÉNÉRALES .....	181
VI. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	189
LISTE DES FIGURES .....	209
LISTE DES TABLEAUX.....	214

**INTRODUCTION**

## I. INTRODUCTION

### 1. Généralités sur *Posidonia oceanica* et les herbiers

*Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile est une des rares phanérogames à s'être adaptée à la vie marine (60 espèces au total).

Espèce pérenne, endémique de la Méditerranée, elle présente des feuilles longues et rubanées, insérées de façon distique et regroupées en **faisceaux** ("bouquets" *in* CAYE, 1980).

Entre le niveau de la mer et 30 à 40 mètres de profondeur, ces faisceaux constituent d'immenses prairies (**les herbiers**) le long de la plupart des rivages méditerranéens.

En effet, sur des substrats meubles aussi bien que sur des substrats durs, préparés par une succession de peuplements benthiques (MOLINIER et PICARD, 1952), *P. oceanica* est capable de coloniser le milieu grâce à la croissance de ses tiges souterraines (**les rhizomes**). Ces rhizomes présentent un dimorphisme lié à leur mode de croissance (CAYE, 1980; CAYE et ROSSIGNOL, 1983; CAYE, 1988). Ils peuvent, en fonction de la compétition pour l'accès à la lumière et ou par l'occupation de l'espace (BOUDOURESQUE et JEUDY DE GRISSAC, 1983) pousser soit horizontalement (rhizomes **plagiotropes**), soit verticalement (rhizomes **orthotropes**).

Les longues feuilles de *P. oceanica*, en atténuant l'hydrodynamisme, agissent comme piège à sédiment et sont responsables de la décantation et de l'accumulation au niveau des rhizomes d'une grande quantité de matériel biodétritique et terrigène en suspension dans l'eau (BLANC, 1958; BOUDOURESQUE et JEUDY DE GRISSAC, 1983). C'est grâce à ses tiges à croissance verticale que la plante réagit et échappe à cet ensevelissement. La conséquence de cette croissance verticale est l'édification, au cours des siècles, de la "**matte**", lacis de rhizomes et de racines dont les interstices sont colmatés par le sédiment.

L'élévation plus ou moins rapide de la **matte** (environ 1 mètre par siècle; MOLINIER et PICARD, 1952; CAYE, 1989) aboutit à ce que, dans les zones abritées, l'herbier affleure la surface de l'eau, constituant ainsi un "**récif-barrière**" qui isole derrière lui un lagon occupé par la biocénose des "sables vaseux en mode calme" (SVMC) et par son faciès à *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson (PERES et PICARD, 1964; AUGIER et BOUDOURESQUE, 1970).

Les nombreuses recherches réalisées sur l'écosystème à *P. oceanica*, (Synthèse bibliographique de BOUDOURESQUE et FOUCHER, 1975; BOUDOURESQUE et al., 1977, 1979, 1980; BOUDOURESQUE, 1989) ont permis de mettre en évidence l'importance de ces herbiers dans le contrôle des flux sédimentaires, la protection des lignes de rivages, la construction et la stabilisation des fonds marins (BLANC, 1958; BLANC ET JEUDY DE GRISSAC, 1978, BOUDOURESQUE et JEUDY DE GRISSAC, 1983).

La survie d'un herbier est le résultat d'un équilibre entre le taux de sédimentation et la vitesse de croissance des rhizomes. Si une modification brutale du milieu due par exemple à l'aménagement du littoral intervient et si la sédimentation devient trop importante, l'herbier risque d'être enseveli; inversement, dans le cas d'un départ massif de sédiment dû à des courants, les rhizomes peuvent se "déchausser" et se briser au gré des tempêtes (BOUDOURESQUE et JEUDY DE GRISSAC, 1983).

Du point de vue biologique, les recherches ont montré que l'herbier à *P. oceanica* abrite une flore et une faune d'une exceptionnelle richesse. Cette richesse est liée plus ou moins directement à l'importance présumée de la production primaire, en relation avec le taux de photosynthèse des feuilles, qui se renouvellent tout au long de l'année (GIRAUD, 1977; PANAYOTIDIS, 1980; CAYE, 1980; 1988; OTT, 1980; THELIN et BEDHOMME, 19 ; EUGENE, 1978) et avec la densité des faisceaux par mètre carré. En effet, plus que la surface au sol effectivement occupée par l'herbier, c'est la multiplication de celle-ci (surface foliaire) par 20 à 50 (BOUDOURESQUE et MEINESZ, 1982) qui crée un abri et un support de choix pour une multitude d'épiphytes végétaux (BOUDOURESQUE, 1971; BEN, 1971; PANAYOTIDIS, 1980), d'animaux vagiles (PERES et PICARD, 1964; LEDOYER, 1966, 1968, FRANCOUR, 1990) et sessiles (KERNEIS, 1960; HARMELIN, 1973; EUGENE, 1978).

La matte elle-même est colonisée par une faune caractéristique à dominance de Polychètes (HARMELIN, 1964; WILLISIE, 1987); c'est également dans cette véritable "forêt" que s'abritent, se nourrissent, se reproduisent, une multitude de poissons (KIKUCHI et PERES, 1977; HARMELIN-VIVIEN, 1984; BELL et HARMELIN-VIVIEN, 1982; 1983; FRANCOUR, 1990) Crustacés (LEDOYER, 1966; CHRAIBI, 1985) ainsi que des Echinodermes (AZZOLINA, 1988; AZZOLINA et HARMELIN, 1989; FRANCOUR, 1989, 1990). Au total, ce sont plusieurs milliers d'espèces animales et plus de 400 espèces différentes d'algues qui peuplent les herbiers à *P. oceanica* (BOUDOURESQUE et MEINESZ, 1982).

Des études sur les écosystèmes à macrophytes benthiques, notamment des phanérogames marines, ont pu mettre en évidence l'extraordinaire production primaire des ces herbiers (ZIEMAN, 1974; DREW et JUPP, 1976; BAY, 1978; CRISTIANI, 1980; OTT, 1980; ROMERO, 1985; PERGENT et al., 1991). Les techniques utilisées sont variables : mesure du dégagement d'oxygène ou de l'incorporation du Carbone 14 (BAY, 1978; LIBES, 1984); mesure des accroissements de biomasse (CAYE, 1980; LIBES, 1984; ROMERO, 1985; PERGENT, 1987; PERGENT et PERGENT-MARTINI, 1991).

On devine les répercussions de la présence de tels herbiers sur la vie marine. Dans le cas de l'herbier à *P. oceanica* par exemple, OTT et MAURER (1976) et OTT (1980) estiment que 30 à 50% de la production primaire sont exportés vers d'autres écosystèmes benthiques, où ils sont utilisés par d'autres organismes, soit sur les plages sous forme de "banquettes" de feuilles mortes (PERES, 1953; PERES et PICARD, 1964) soit en profondeur (PICARD, 1965; WOLFF, 1982). Dans des travaux plus récents (FRANCOUR, 1989 et PERGENT et PERGENT-MARTINI, 1991) estiment cette production à 40%. On comprend mieux l'importance de ces herbiers de phanérogames qui ont été comparés à une "oasis de vie" bordant un désert (BOUDOURESQUE et MEINESZ, 1982).

Au niveau de cette production primaire, les épiphytes végétaux jouent sans aucun doute, un rôle important dans la productivité de la plante-hôte, au regard de la compétition pour la lumière et les éléments nutritifs. Des travaux récents ont mis en évidence des interrelations complexes dans le système sédiment-racines-feuilles-épiphytes-eau, en ce qui concerne les principaux éléments : carbone, azote, phosphore (FRESI et SAGGIOMO, 1980; HARLIN, 1973; Mc ROY et GOERING, 1974 in LIBES, 1984).

Les herbiers de *P. oceanica*, sont sur des fonds d'une extrême complexité sur le plan écologique, due, en grande partie, à l'existence d'une flore et d'une faune dont la richesse spécifique est considérable. Le peuplement de l'herbier est divisé en deux ensembles, le premier lié à la strate foliaire (épiflore, épifaune des feuilles; micro et meiofaune du feutrage épiphyte des feuilles; espèces animales benthiques vagiles; animaux nageant parmi les feuilles) et le second constitué par le peuplement de la matre de l'herbier (flore macroalgale en sous-strate, micro et meiobenthos associé au sédiment ou aux structures enfouies de la phanérogame, macrofaune associée à la matre) (adapté selon KIKUCHI et PERES, 1977 in WILLSIE, 1987)

La bibliographie concernant le peuplement de l'écosystème crée par *P. oceanica* est riche et diversifiée. L'auteur renvoie à WILLSIE (1987) pour une synthèse complète sur les divers groupes faunistiques.

L'herbier à *Posidonia oceanica* s'étend pratiquement tout autour de la Méditerranée, du Nord au Sud et du détroit de Gibraltar à l'Egypte, à l'exception de l'embouchure des grands fleuves (Rhône, Pô, Nil). Il constitue une ceinture continue le long des côtes, du niveau de la mer jusque vers 30 à 40 mètres de profondeur. Dans certaines régions où le plateau continental est particulièrement bien développé, les herbiers à *Posidonia oceanica* couvrent des surfaces très étendues (BLANC & JEUDY DE GRISSAC, 1978).

## 2. Importance de l'écosystème à *Posidonia oceanica*

L'herbier à *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile joue un rôle exceptionnellement important en Méditerranée, où il constitue la véritable clef de voûte des biocénoses marines (BOUDOURESQUE et MEINESZ, 1982; MAZZELLA et al., 1986). Il doit son importance à la richesse de sa flore et de sa faune, à son rôle d'habitat et de nurserie pour de nombreuses espèces qui y trouvent nourriture et protection, à l'importance de sa production primaire, à la base de très nombreuses chaînes alimentaires et dont une grande partie est exportée vers d'autres écosystèmes, à son intervention dans la qualité des eaux littorales par un dégagement important d'oxygène, à son intervention sur la transparence de l'eau par la fixation des sédiments meubles et enfin, à son rôle de maintien de l'équilibre des lignes de rivage (BOUDOURESQUE et MEINESZ, 1982).

Dans l'ensemble, les travaux qui lui sont consacrés font apparaître la préservation des herbiers comme un élément majeur du maintien des équilibres littoraux, tant biologiques que physiques.

En même temps que l'on découvre la richesse et le rôle primordial des phanérogames marines en Méditerranée, des observateurs de plus en plus nombreux constatent un net recul des herbiers à *P. oceanica*. Cette phanérogame marine paraît, en effet, particulièrement

sensible aux pollutions chimiques qui s'accumulent dans les sédiments (ABADAGUERROUI, 1987); de plus, elle est menacée par l'arrachage répété de ses rhizomes (ancres, chalutages) et par une turbidité accrue des eaux qui empêchent la lumière d'atteindre les zones les plus profondes (PERES, 1977). L'ensemble de ces pollutions résulte des fortes concentrations de populations sur les côtes méditerranéennes et de l'activité industrielle dans certains secteurs (cf. BOUDOURESQUE, 1989)

La régression actuelle des herbiers à proximité des grands ports et des centres industriels et urbains est bien connue (PERES, 1984). Toutefois, cette régression concerne également des zones protégées qui peuvent être très éloignées de ces sources de pollution (AUGIER et BOUDOURESQUE, 1970). Les causes de cette régression apparaissent relativement complexes. En effet, les hypothèses les plus fréquemment avancées, à l'heure actuelle, sont les effets directs des polluants, les dommages engendrés par les ancres et les filets de pêche ou le déséquilibre sédimentaire. Néanmoins, elles n'expliquent pas à elles seules la régression qui atteint l'ensemble de la Méditerranée. Des études actuellement en cours laissent envisager la possibilité que ces fluctuations soient dues à des déséquilibres dans le fonctionnement de l'écosystème.

Le fonctionnement de l'écosystème à *Posidonia oceanica*, qui, de par sa complexité, semble s'apparenter aux écosystèmes continentaux, n'a été abordé que très récemment et sa dynamique est peu connue (FRANCOUR, 1990). En effet, la majorité des travaux antérieurs sont uniquement descriptifs, et ne concernent généralement, que quelques compartiments particuliers, qui ne sont que rarement replacés dans le fonctionnement global de l'écosystème.

Les premiers travaux scientifiques importants concernant l'herbier de Posidonies remontent aux années 1950 (MOLINIER et PICARD, 1952). Depuis, les recherches se sont développées. Des synthèses bibliographiques ont été réalisées par BOUDOURESQUE et al.; (1977, 1978, 1980) et BOUDOURESQUE (1989) Les travaux récents sont rassemblés dans les actes du premier et du second "*International Workshop on Posidonia Beds*" (1984 et 1989) qui se sont déroulés respectivement en 1983 à Porquerolles (France) et en 1985 à Ischia (Italie).

### 3. Objectifs du travail

Tirés en particulier de la dernière synthèse bibliographique de BOUDOURESQUE (1989) nous énumérons tous les travaux ayant traité de l'herbier à *Posidonia oceanica* en Algérie : BATTANDIER et TRABUT, (1895); brève description de *P.oceanica*; DURAND (1957), description des mattes sur la côte entre Castiglione et Guyotville; DEGIOVANI (1973), dynamique sédimentaire dans l'herbier de Sidi-Ferruch ; FELDMANN (1931), épiphytes des rhizomes de *P.oceanica* à Cherchell; LE GALL (1969), inventaire de l'endofaune des herbiers à Castiglione ; MOLINIER et PICARD (1953), études biologiques sur les herbiers de Phanérogames marines à l'ouest d'Alger; SEURAT (1927), études sur les banquettes de feuilles mortes de Posidonies (espèces animales); TRABUT (1935), noms vernaculaires en arabe et en berbère (six noms sont donnés à *P. oceanica*; VARGUES (1956), études des organismes nitrificateurs des mattes de Castiglione; BOUDOURESQUE et al., (1990), livre rouge des végétaux, peuplements et paysages marins menacés de Méditerranée. D'après cet

inventaire exhaustif des travaux effectués en Algérie, on ne peut que constater l'état fragmentaire ou très ancien des données sur l'herbier à *Posidonia oceanica* en Algérie.

C'est pour pallier ce manque de données que nous avons entrepris d'étudier depuis octobre 1985 l'écosystème à *Posidonia oceanica* dans la région d'Alger. Nos résultats constituent les premières informations sur cet écosystème dont l'intérêt n'est plus à démontrer.

Nous avons, pour cela, choisi deux zones qui diffèrent par leurs conditions écologiques : l'une située dans la baie d'Alger à Tamentfoust, qui est soumise à des facteurs anthropiques tels que la pollution domestique, la pollution industrielle et la turbidité élevée des eaux. Cette pollution est engendrée, en grande partie, par le développement anarchique d'une agglomération de plus de deux millions d'habitants qui ne possède pas à l'heure actuelle de station d'épuration de ses eaux usées. L'autre par contre, <sup>est</sup> située dans la localité de La Marsa, façade Est du cap Matifou (à l'extérieur de la baie d'Alger), où les conditions locales maintiennent des eaux relativement propres.

Les relations complexes reliant les compartiments tant végétaux de l'écosystème à *P. oceanica* qu'aux animaux sont mal connues (FRANCOUR, 1990). Il nous semble donc important que les données soient acquises pour le plus grand nombre possible de compartiments : faisceaux de Posidonies, matras, épiphytes de *P. oceanica*, macro-faune benthique, faune vagile, necton, dans le but d'esquisser un modèle général de fonctionnement. Il est indispensable que ces différents compartiments soient pris en compte pour une bonne compréhension de la dynamique de l'herbier.

Le travail que nous présentons sur l'écosystème à *Posidonia oceanica* de la région d'Alger comprend, d'une manière générale, une étude de trois compartiments de cet écosystème : le premier est constitué de *Posidonia oceanica* elle-même, le second par les épiphytes des feuilles et des rhizomes et le troisième par une partie du macro-benthos de l'herbier, (les Echinodermes qui constituent le groupe dominant de la macro-faune).

**Le compartiment constitué par la plante** comprendra (i) une étude saisonnière de la phénologie (structure) et de la biomasse des feuilles de rhizomes orthotropes; la méthodologie s'inspire des nombreux travaux déjà entrepris dans le Nord de la Méditerranée (nous renvoyons à la synthèse bibliographique de BOUDOURESQUE, 1989); (ii) une approche ponctuelle sur la lépidochronologie qui nous permet de suivre les paramètres des cycles d'épaisseurs des écailles, de noter d'éventuelles floraisons anciennes et d'estimer la production de racines, la vitesse de croissance etc...(PERGENT, 1987) et (iii) une étude du compartiment matras (production de la partie endogée de l'herbier, indice racinaire) selon la méthode de FRANCOUR (1990).

Le compartiment des épiphytes comprendra les épiphytes des feuilles de *P. oceanica*.

**Le compartiment des Echinodermes** dont nous nous proposons de donner un aperçu général des espèces dominantes, par une étude pluriannuelle de la biologie, de la structure et de la dynamique des populations de deux Echinodermes réguliers (*Paracentrotus lividus* et *Sphaerechinus granularis*) et d'une Holothurie (*Holothuria polii*).

Une attention particulière est accordée, pour les espèces d'intérêt commercial, aux indices physiologiques (indice de réplétion et indice gonadique) dont l'étude est majeure. En effet, si

l'indice de réplétion nous permet de comprendre l'utilisation des diverses sources d'énergie par *P. lividus* et *S. granularis* en fonction des caractéristiques de l'environnement et du peuplement des stations de prélèvement, la prise en considération de l'indice gonadique nous permet d'acquérir quelques données nouvelles sur l'efficacité nutritionnelle comparée à divers types de nourriture utilisés par ces espèces.

Le groupe des Holothuries sera abordé de manière plus générale.

#### **Publications utilisées dans ce mémoire :**

Une partie des acquisitions présentées dans ce mémoire a fait l'objet de 8 publications et communications dans les thèmes suivant :

Phénologie, lépidochronologie et biomasses de la matte (SEMROUD et al., 1990a, 1990b; SEMROUD, 1991; FRANCOUR et SEMROUD, 1992; SEMROUD et al., 1992a et b.

Echinodermes indices physiologiques de deux oursins réguliers (SEMROUD et KADA, 1987; SEMROUD et SENOUSI, 1988).

**MATERIEL ET METHODES**

## II. MATERIEL ET METHODES

### 1. Présentation du site

#### 1.1. Situation géologique de la région et des stations

Située au sud du bassin méditerranéen nord-occidental, la marge algérienne s'étend sur près de 1200 km. L'étude présente intéresse une portion de cette marge qui se situe dans la région d'Alger.

La bordure continentale de la région d'Alger a une histoire tectonique récente qui se traduit par des déformations plio-quadernaires responsables de la subsidence de la Mitidja, de la surrection des massifs anciens (massif d'Alger et Cap Matifou) et de la formation de l'anticlinal du Sahel.

C'est une zone à relief peu important constituée par la plaine de la Mitidja délimitée à l'ouest par le massif d'Alger (ou massif de la Bouzaréa) et à l'est par le Cap Matifou. La morphologie de la côte se conforme à la distribution des unités géologiques continentales ; en effet, entre les marges étroites du massif d'Alger et du cap Matifou le plateau continental se développe pour former la baie d'Alger. Le plateau s'ouvre au NNE sur 19 km de Raïs Hamidou (Pointe Pescade) au cap Matifou et présente un tracé remarquablement régulier. Toujours de Raïs Hamidou au Cap Matifou, le rivage s'étend sur 31 km, dont 22 de côte basse constituées de dunes et trottoirs à algues construits en dalle comme à l'Est de Bordj-El-Kiffan (MAOUCHE, 1987).

En baie d'Alger les apports terrigènes proviennent pour l'essentiel des oueds El-Harrach et Hamiz (Fig. 1). La phase organogène de la couverture sédimentaire est représentée par des coquilles, des constructions de type coralligène et des test d'organismes benthiques et planctoniques (BERNARD, 1953 ; MAOUCHE, 1987). Les teneurs en carbonates biogènes, plus élevées (20 à 50%) que dans le reste de la baie, s'observent au niveau des bordures rocheuses (entre l'embouchure du Hamiz et Tamentfoust, Cap Matifou). En effet, sur ces fonds rocheux se développent algues calcaires, bryozoaires, polypiers (hexacoralliaires), gastéropodes et lamellibranches. Les débris de cette biocénose s'accumulent sur place formant ainsi des faciès de sables et graviers calcaires plus ou moins envasés (LECLAIRE, 1972 in MAOUCHE, 1987). Les sédiments terrigènes sont constitués par une fraction sableuse composées de sablons gris ou noirs. La teneur en quartz et en feldspaths est faible (de l'ordre de 6%), ces sablons sont essentiellement constitués (86% en moyenne) de débris de roches tels que micaschistes et gneiss (MAOUCHE, 1987).

Au niveau de la bordure rocheuse de Cap Matifou, le substratum affleure en plusieurs points. Ces affleurements sont recouverts d'algues encroûtantes. Le banc Matifou est recouvert d'Hydriaires installés sur la croûte d'algues calcaires tapissant la roche. On

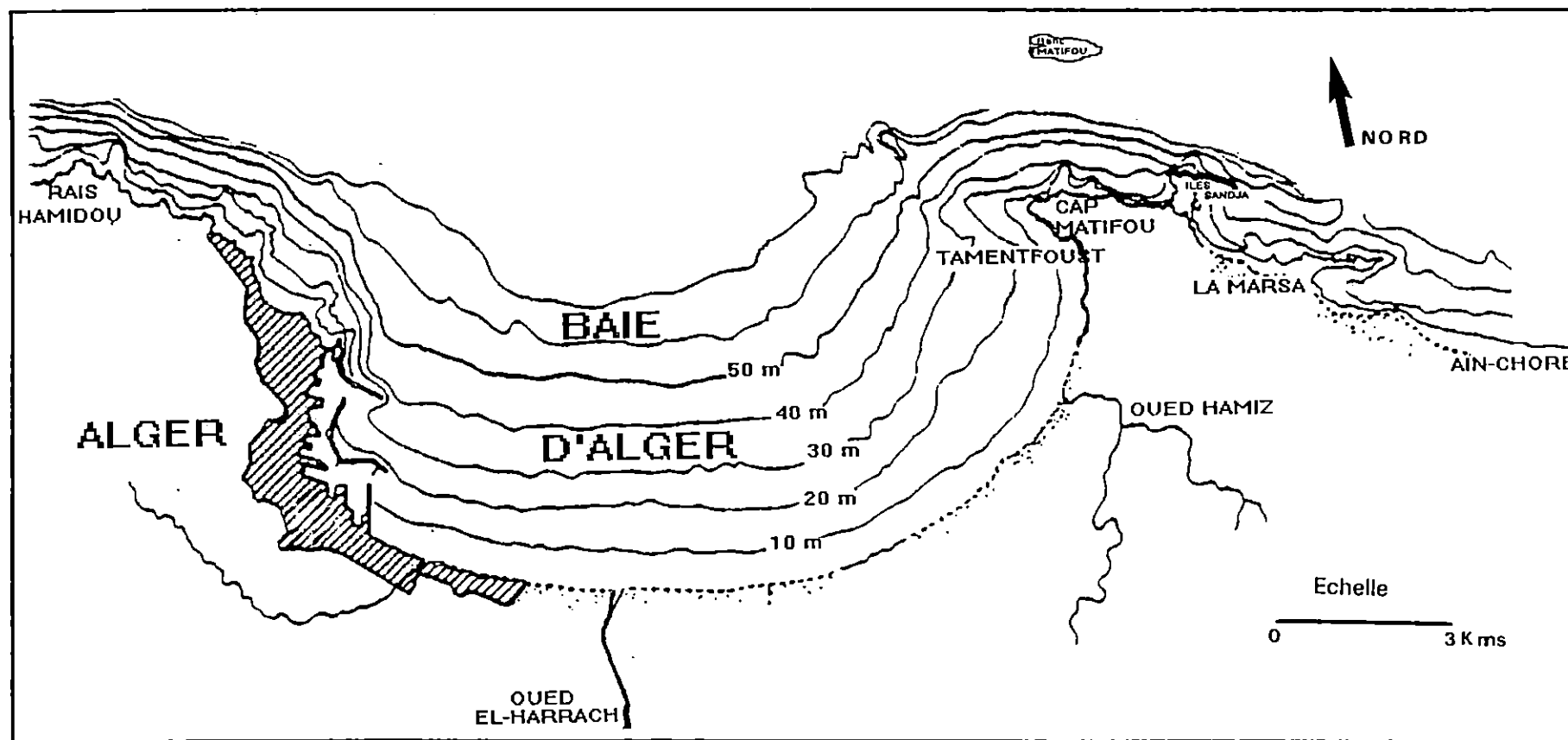


Fig 1. Carte de la baie d'Alger et de ses environs (d'après Leclair, 1972 in Maouche, 1987) modifiée.

rencontre localement dans cette zone un sédiment organogène à Bryozoaires et coquilles de Lamellibranches. Ce sédiment provient de l'accumulation de débris d'organismes vivants dans cette zone (BAKALEM, 1981).

L'érosion de la bordure rocheuse (grès calcaire de plage ou de dune) de Tamentfoust à Beni-Mered fournit un "sable-fauve" typique à débris d'algues calcaires, de coquilles de Lamellibranches et de Gastéropodes, à fragments de Bryozoaires et d'Echinides.

Entre l'oued Hamiz et Tamentfoust, PETIT (1972) signale sur les petits fonds et très localement un herbier à *Posidonia oceanica* très dégradé. Dans les chenaux et cuvettes intermattes de cet herbier s'est accumulé un sable organogène coquiller (BAKALEM, 1981)

## 1.2. Caractéristiques hydrologiques

La moyenne du flux d'eaux atlantiques entrant en Méditerranée par le détroit de Gibraltar est de l'ordre de 31600 km<sup>3</sup> / an. Ce flux détermine par son importance la circulation générale et d'une manière plus générale, l'hydrologie de la Méditerranée (LACOMBE et TCHERNIA, 1960 in MAOUCHE, 1987). Ces eaux ont une salinité inférieure à 36.5 ‰. Au fur et à mesure de leur progression vers l'Est, elles se "méditerranisent" le long des côtes algériennes et atteignent une salinité de 37 ‰ vers la Tunisie en été. Ainsi, les salinités des eaux algériennes, hors des zones d'embouchure, varient peu.

Le gradient de température est plus important. Les températures des eaux superficielles augmentent rapidement en été depuis le détroit (16 - 17°C) jusque vers l'Est (21°C devant Oran). En hiver, elles varient peu et sont relativement uniformes (autour de 14°C). Ces températures sont globalement constantes sur l'ensemble de la couche superficielle jusqu'à la profondeur de 100-200 mètres.

La circulation de ce courant le long des côtes africaines est appelée courant algérien. Il est défini comme une veine d'eau de surface près du méridien 0°, avec les caractéristiques suivantes : une largeur de l'ordre de 50 km, une profondeur maximum de l'ordre de 150 m, une vitesse maximum supérieur à 50 cm / s.

Le courant algérien, contrairement à ce qui était largement admis, serait un courant turbulent qui se déplacerait d'Ouest en Est en tourbillons croissants (MILLOT, 1985). La présence de structures turbulantes avait déjà été notée par LACOMBE et TCHERNIA (1971) et SAMSON-KECHACHA (1982). Ainsi ces structures turbulantes donnent lieu à un intense mélange entre les eaux atlantiques et les eaux méditerranéennes, ce qui expliquerait le large gradient de salinité vers l'Est observé dans les eaux de surface (MILLOT, 1985)

Le climat algérien, variable du Nord au Sud, se caractérise par : sécheresse et chaleur durant l'été et pluies hivernales. Les précipitations sur la région d'Alger (600 à 1000 mm/an), sont très irrégulièrement réparties à l'échelle annuelle. De septembre à décembre de fortes pluies qui décroissent jusqu'en juin et absence presque totale en juillet et août.

Le régime hydrologique des oueds se caractérise donc par un long étiage de six mois, et des crues d'hiver et de printemps, soudaines et fortes (MAOUCHE, 1987).

Le régime et la vitesse des vents dans la région d'Alger (Fig. 2) largement décrits dans le travail de MAOUCHE (1987) sont :

- les vents de secteur NE sont les plus fréquents, mieux marqués en été. Leur vitesse se répartissant entre 1 et 30 noeuds.
- les vents de secteur W-SW, bien représentés eux aussi, soufflent principalement en hiver, de 6 à 10 noeuds.
- les vents de secteur S-SE, les moins représentés, marqués en automne et en hiver. Leur vitesse est de 6 à 10 noeuds.

En l'absence de courants permanents ou de marées, les courants induits par la houle au large ou à la côte sont les seuls à agir de façon active sur la sédimentation et par conséquent, sur la distribution des peuplements benthiques. La houle est sous la dépendance directe des vents ; ainsi le régime des houles suit celui des vents.

Dans la région d'Alger, les houles ont un régime saisonnier comme pour le reste de la marge algérienne (LECLAIRE, 1972). En hiver, les houles sont de direction W-NW (300°) et en été elles sont de directions N-NE (20°-40°).

Dans le cas de houles de petite et moyenne amplitude, les courants ne sont notables que dans la zone de déferlement et n'affectent donc que le triage des sables et graviers de la frange littorale (fonds de -10 m). AIT KACI (communication personnelle *in* MAOUCHE, 1987), à partir d'un plan de vague établi en baie d'Alger, effectue les observations suivantes:

les houles d'hiver atteignent de manière frontale le secteur de Beni Mered à l'Est de l'embouchure du Hamiz. Elles induisent, de part et d'autre de cette zone, deux courants de dérive divergents : l'un vers Alger et l'autre vers Tamentfoust.

les houles d'été atteignent le Cap Matifou sur son versant Est et par contre, à l'intérieur de la baie, le secteur Tamentfoust - Bordj El Kiffan, est placé à l'abri du Bordj El Bahri (Cap Matifou), et n'est donc pas affecté.

En résumé, la dynamique marine en baie d'Alger est caractérisée par l'absence de courants de marée, des houles de faible amplitude et une circulation anti-cyclonique. Toutefois, des houles de forte amplitude, peu représentées, peuvent agir dans le domaine littoral et infralittoral (MAOUCHE, 1987).

## 2. Description des stations

Le choix des deux zones considérées pour notre étude tient compte des différences qui existent entre elles, à savoir leur localisation géographique, l'urbanisation du littoral et les conditions hydrodynamiques qui y règnent (Fig. 3). Ces stations ont été choisies d'une part pour les conditions du milieu, particulières, qui règnent dans ces secteurs et d'autre part, pour des problèmes (pollutions, activités) dont l'influence se fait sentir sur le développement de la faune et de la flore.

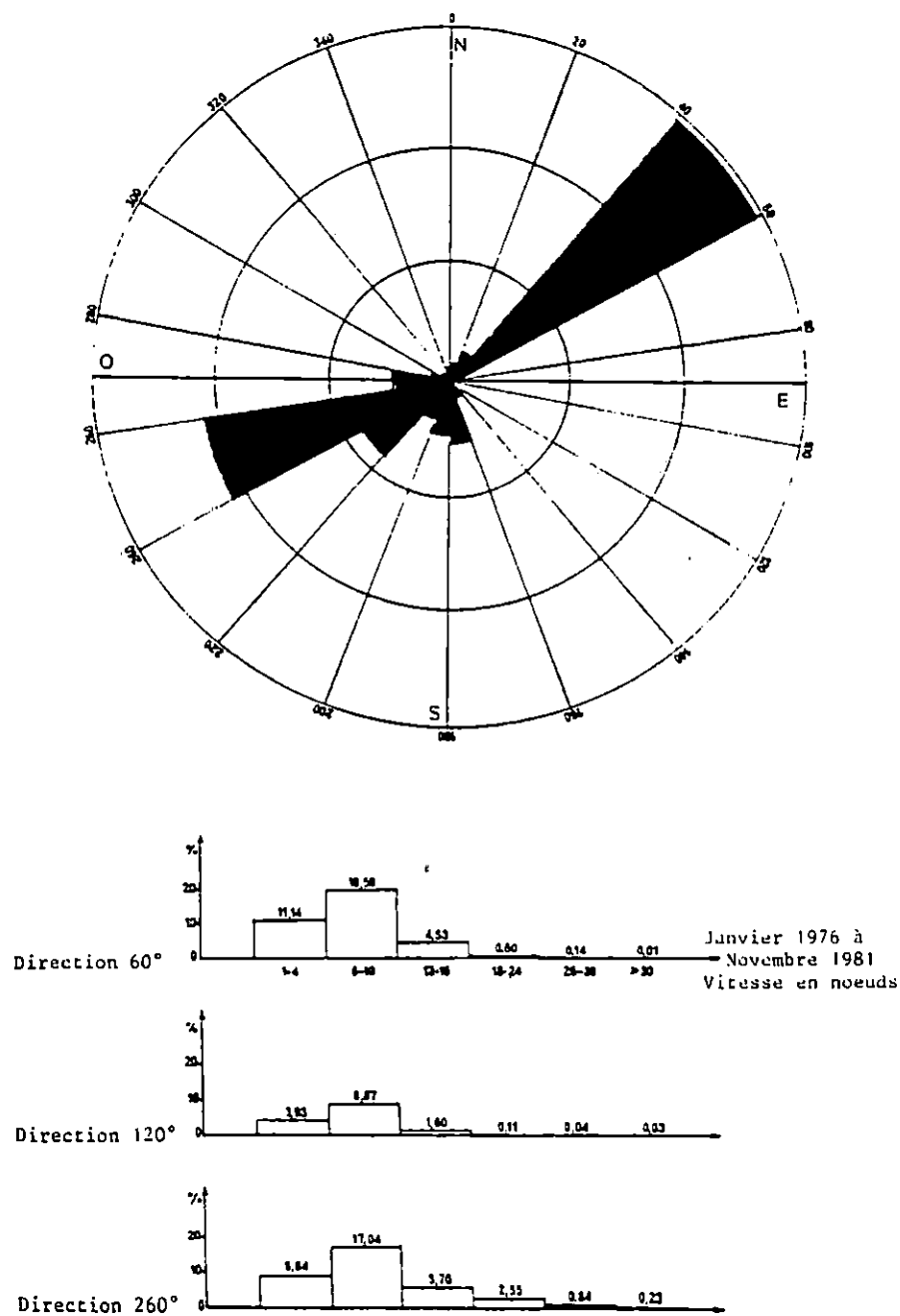


Fig.2. Rose des directions des vents (A) et histogrammes récapitulatifs (Pourcentage-Direction des vents dans les directions 60° - 120° - 260°) (D'après Maouche, 1987).

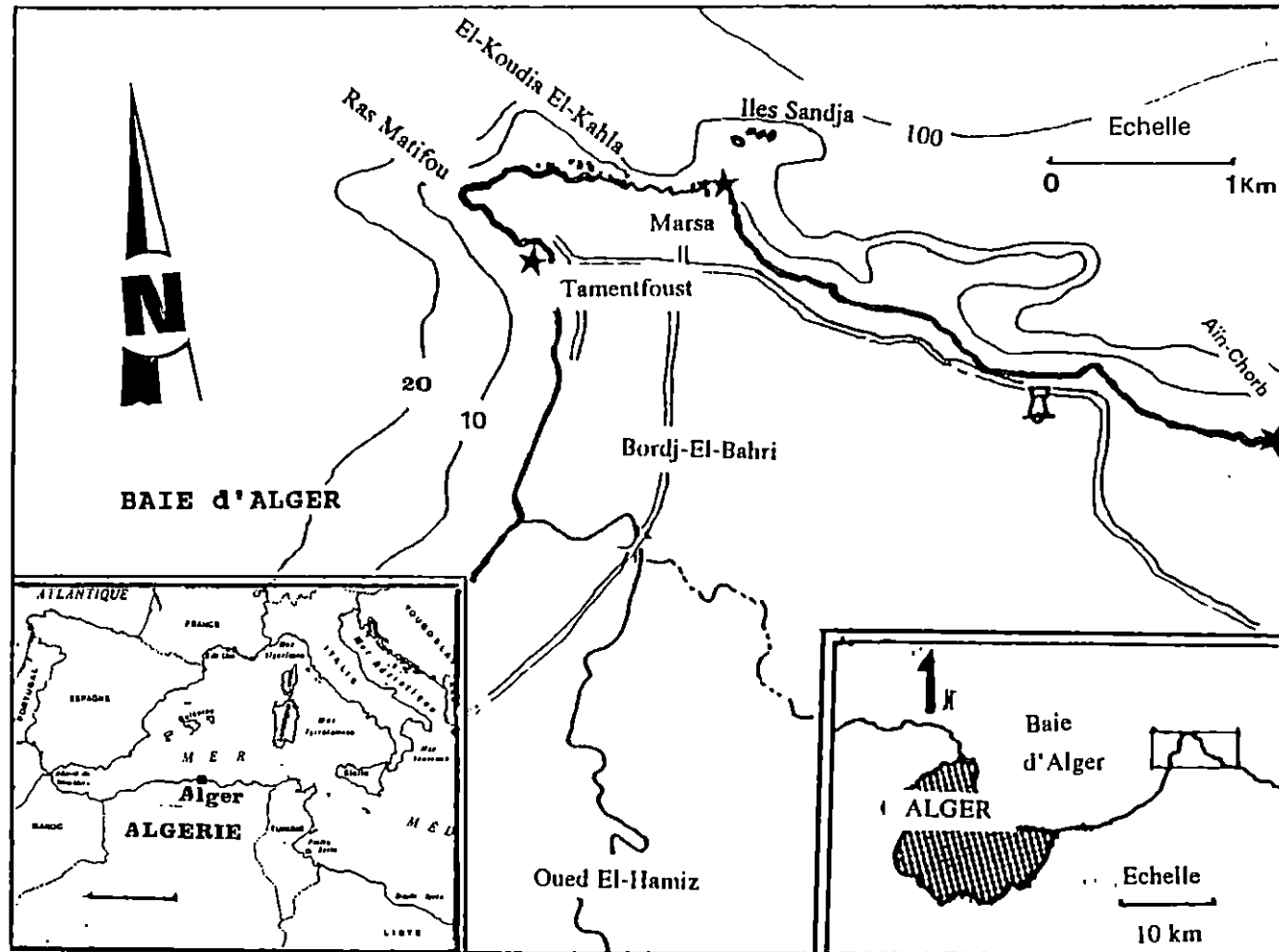


Fig. 3. Localisation (★) des trois stations situées dans la partie Est de la région d'Alger.

### 2.1. Aïn-Chorb

C'est une zone qui se situe en dehors de la baie d'Alger à 15 km à l'Est de Bordj El Bahri (Cap Matifou), à proximité d'un village non touristique, très peu polluée et ce malgré une affluence de baigneurs durant la période estivale. C'est une zone abritée des vents d'Ouest par la présence du cap, et des vents Nord Nord-Est par une barrière rocheuse, locale, longue de 15 m avec une hauteur variant de 2 à 6 m. C'est une zone à mode relativement calme, ouverte, et soumise à des renouvellements d'eau.

La station a une superficie de 100 m<sup>2</sup> environ, le substrat est rocheux, situé à 30 cm de profondeur, recouvert par une biocénose photophile à faciès de broutage peu marqué par les herbivores (Fig. 4). Au-delà de 1 m de profondeur se trouve un herbier sur roche de *Posidonia oceanica* en touffes peu denses. Les roches sont colonisées par un peuplement algal diversifié (liste en annexe). La présence d'une production végétale globale (micro et macrophytique) à laquelle vient s'ajouter une remarquable agitation de l'eau produisent une sursaturation en oxygène et ce malgré la présence d'organismes hétérotrophes (HALLAL et HELIS, 1988). Cette station se trouve être en situation oligotrophe (richesse en sels nutritifs et en facteur biologique).

### 2.2. Marsa

Cette zone se situe à l'est de Bordj-El-Bahri (cap Matifou), sur son flanc droit. Elle est localisée peu avant Aïn-Chorb (Surcouf) à moins de 5 km. Elle présente, dans l'ensemble, les mêmes caractéristiques hydrologiques et écologiques qu'Aïn Chorb. C'est une zone assez agitée, exposée aux vents et aux courants du large. Elle bénéficie d'échanges avec les eaux du large. La station se situe dans une crique (plage de galets) surplombée par une falaise de quelques dizaines de mètres de haut.

Cette région n'est soumise à aucune pollution. Elle n'est caractérisée ni par des rejets d'eaux usées ni par des apports terrigènes.

L'herbier est un herbier sur roche. Cet herbier superficiel, de mode battu, revêt un aspect très caractéristique. Les faisceaux installés, se localisent dans les anfractuosités des roches sur lesquelles une végétation algale dense pousse. La limite supérieure de cet herbier est à moins de deux mètres du bord de la plage formée de galets provenant du remaniement de la zone (Fig. 5).

Le fond rocheux s'enfonce très vite pour laisser place à un substrat de sable grossier à (-8 m). L'herbier s'étend et pousse sur des monticules constitués par une matre à croissance verticale (herbier de colline). Les rhizomes présentent un fort déchaussement. Les amplitudes des intermattes sont importantes. Elles sont constituées de sable grossier, sans galets, et parfois anastomosées en long chenaux intermattes. Cette physionomie caractérise une forte activité sédimentaire liée à l'hydrodynamisme de la région.

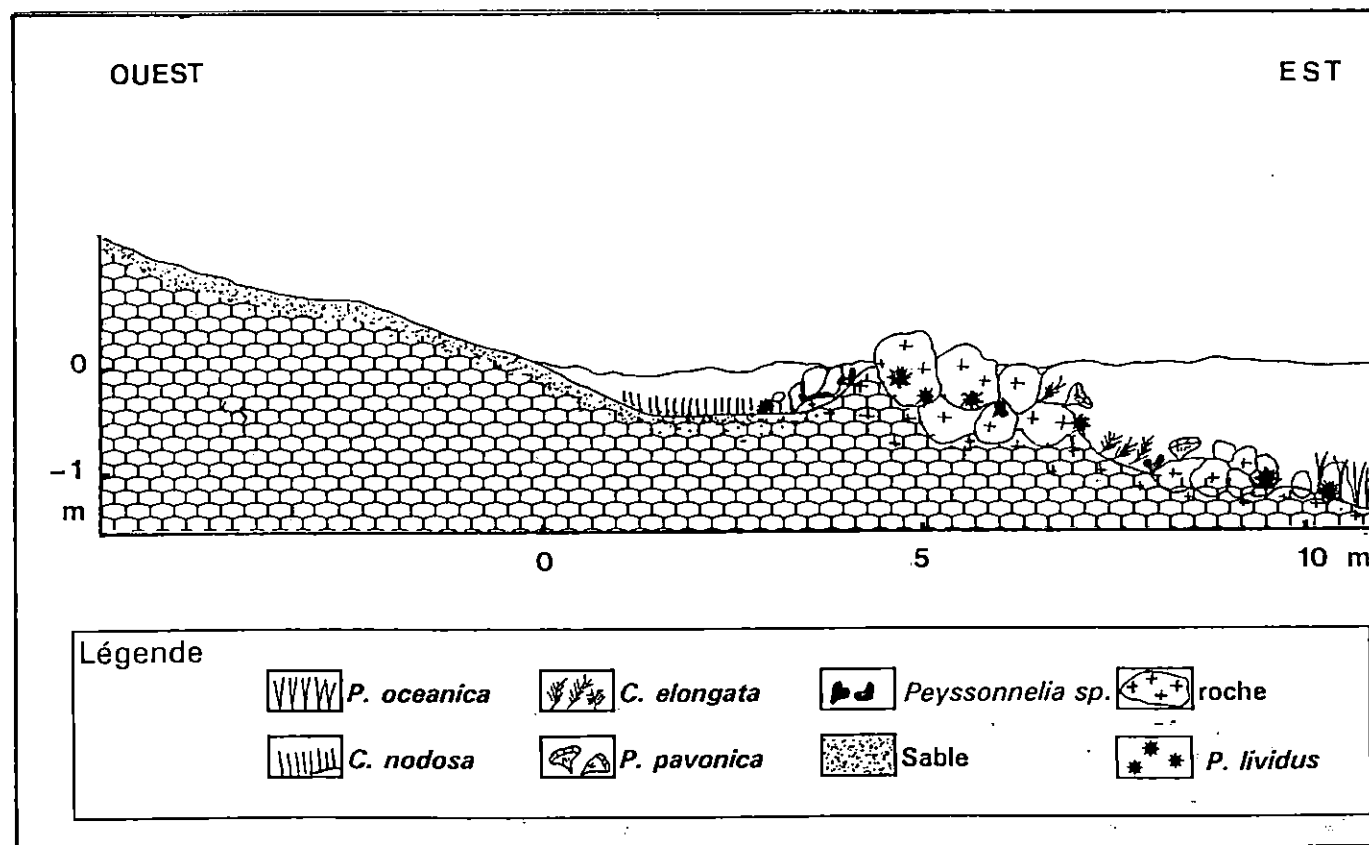


Fig. 4. transect de la station d'Aïn-Chorb. Site de prélèvement de *Paracentrotus lividus*. (pour les faibles profondeurs, les mesures sont corrigées par rapport au zéro biologique)

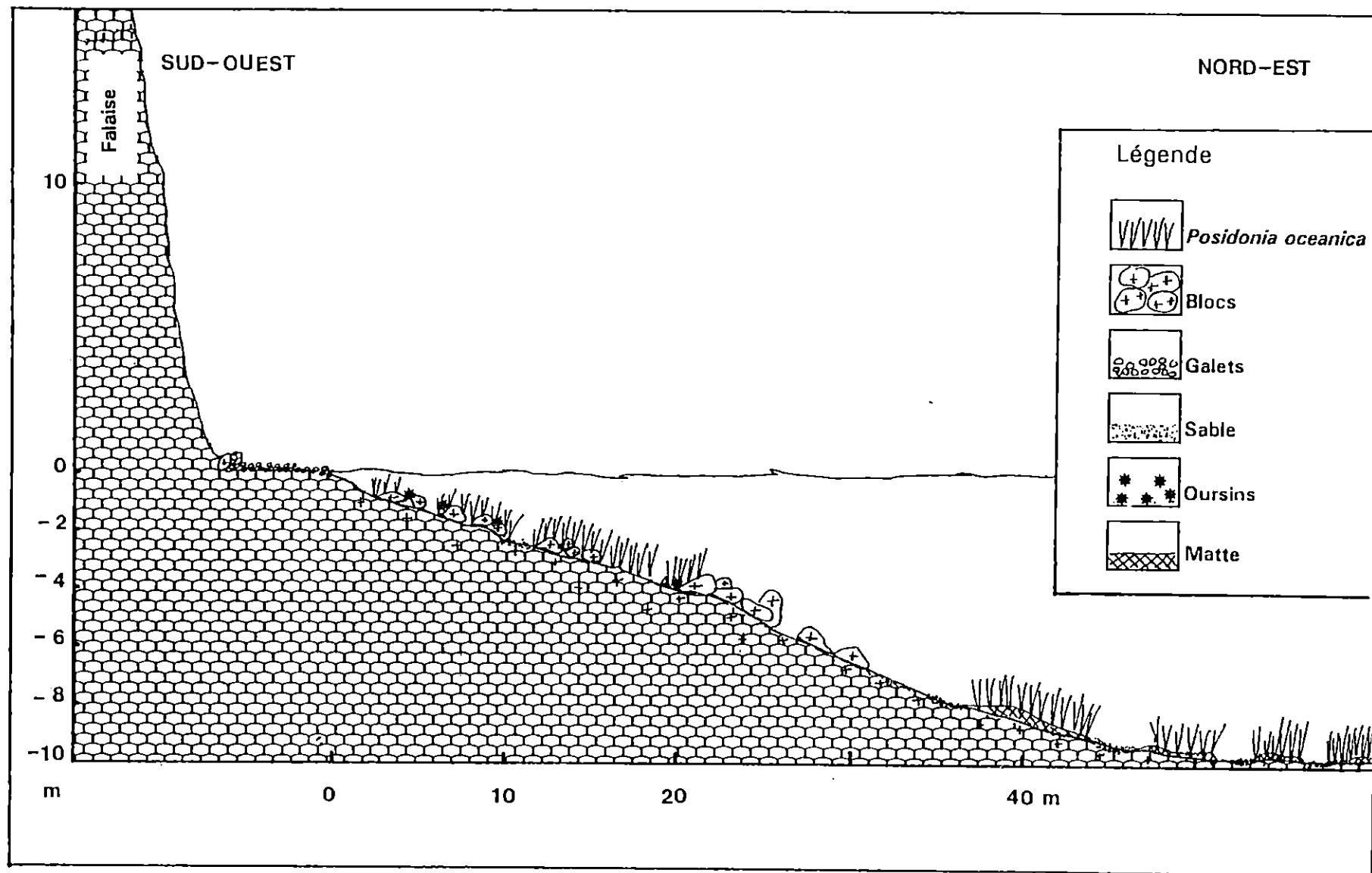


Fig. 5. Transect topographique réalisé à La Marsa. Les peuplements ainsi que la nature du fond sont représentés.

### 2.3. Tamentfoust

La station est localisée dans la baie d'Alger, sur son flanc Est. Elle est située dans une zone semi-fermée, de mode calme, bien protégée des vents dominants. Elle borde un village de quelques milliers d'habitants dont la population augmente en période estivale. La région est soumise à divers types de pollution (i) activités plaisancières et portuaires, (ii) rejets d'eaux domestiques directement à la mer et (iii) apports terrigènes assez importants qui se font par les crues de l'oued El-Hamiz (automne-hiver).

Les caractéristiques hydrologiques de cette zone sont une température relativement élevée, surtout en période estivale, et une sous-saturation en oxygène dissous (l'eau y est rarement agitée) (HALLAL et HELIS, 1988). Tamentfoust reçoit par intermittence les rejets d'un égout charriant des matières particulaires d'origine tellurique, de même qu'elle est le siège de rejets de produits de la pêche soumis à la dégradation. Cette station correspond à une station dystrophique et à forte turbidité.

Le transect permanent de Tamentfoust est situé dans un herbier dégradé. Les vingt premiers mètres de ce transect, du quai à la limite supérieure de l'herbier à *Cymodocea nodosa* sont constitués d'une zone de sable riche en matière organique occupée par un peuplement à *Venus gallina*. Fait suite à la bande sableuse une pelouse lâche à *C. nodosa* qui s'étend jusqu'à la limite supérieure de l'herbier à *P. oceanica* dont les premiers faisceaux vivants surmontent une matre morte d'épaisseur variable (-70 cm). L'herbier à *P. oceanica* s'étend, ensuite jusqu'à 7 m de profondeur, en pente douce pour se terminer à -10 m par des touffes clairsemées dans sa limite inférieure. Cette limite est à 150 m, environ, de distance du bord. Entre 5 m et 7 m de profondeur apparaissent des affleurements de roche sur lesquels la présence de *P. oceanica* est rare. A -8 m, le substrat est constitué par un sédiment de sable vaseux reposant sur un substrat dur (Fig. 6).

Cet herbier, de type dégradé, présente en son sein des marmites de diamètre plus ou moins important occupées par une litière (feuilles mortes de *P. oceanica* et *C. nodosa*) épaisse.

### 2.4. Port d'Alger

Le port d'Alger est un ensemble de 185 hectares comprenant un port de pêche et un port de commerce (Fig. 7). Les études entreprises par BAKALEM et ROMANO (1982) sur le benthos, dans le port de pêche, et les travaux en cours tendent à montrer l'existence d'une zone azoïque située dans les darses du bassin de Mustapha et une zone peuplée qui se diversifie à mesure que l'on sort du port.

Le port subit en plus de la pollution due à ses activités, une pollution industrielle provenant des usines implantées à son niveau (centrale thermique, huilerie) et une pollution domestique importante.

La mise en place d'un transect vers l'extrémité de la jetée Guelma, à 50 m du club de plongée (ESPADON) nous a permis de décrire le biotope (Fig. 8). Ce transect part de la jetée à -50 cm, prend la direction Est, et se termine à 10 m de profondeur au niveau d'un sédiment très vaseux. Le profil est marqué par une pente très prononcée (45°).

Le transect est caractérisé par un substrat rocheux (amoncellement d'importants blocs de calcaire), où la végétation est peu développée ; on y trouve une strate dressée

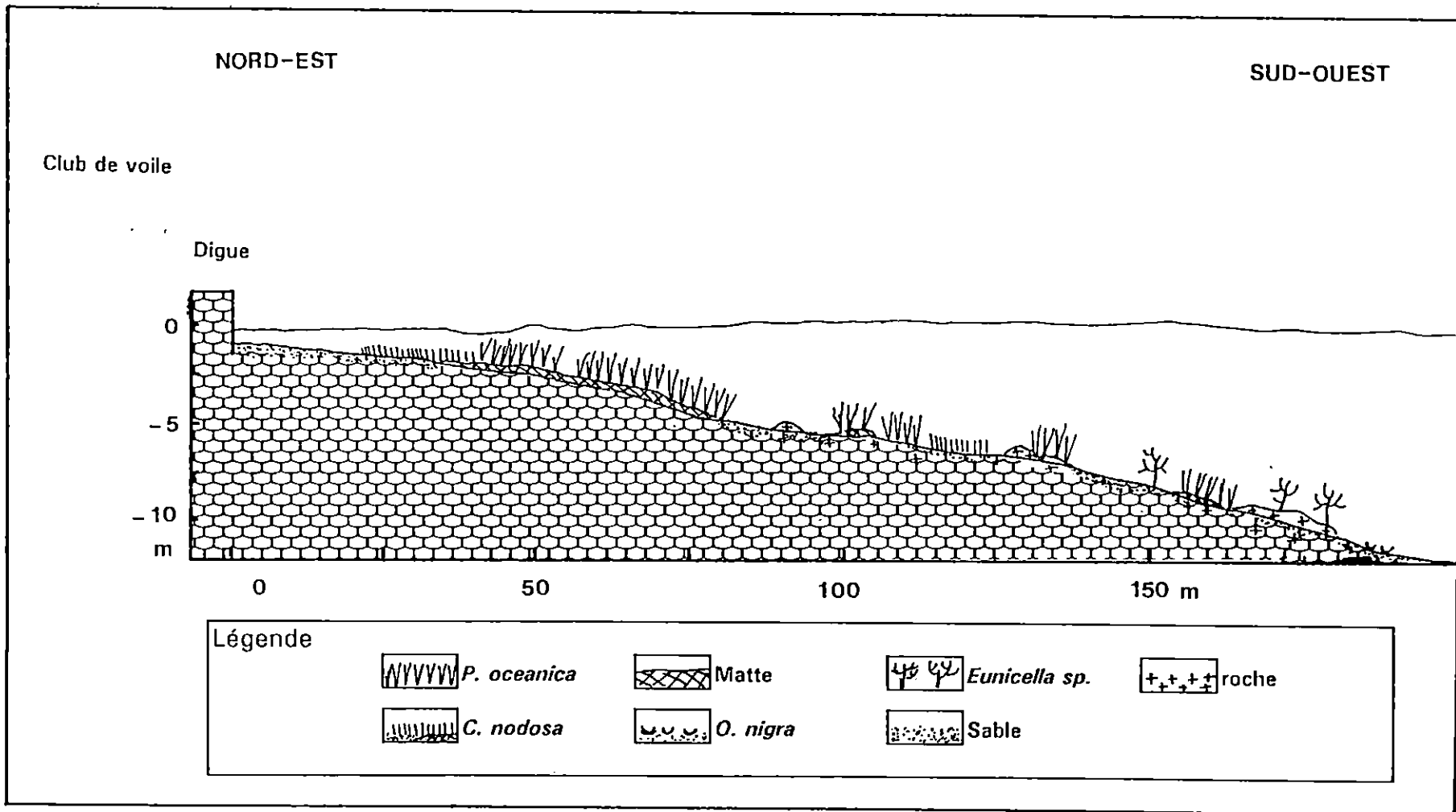


Fig. 6. Transect topographique réalisé à Tamentfoust. Les peuplements ainsi que la nature du fond sont représentés.

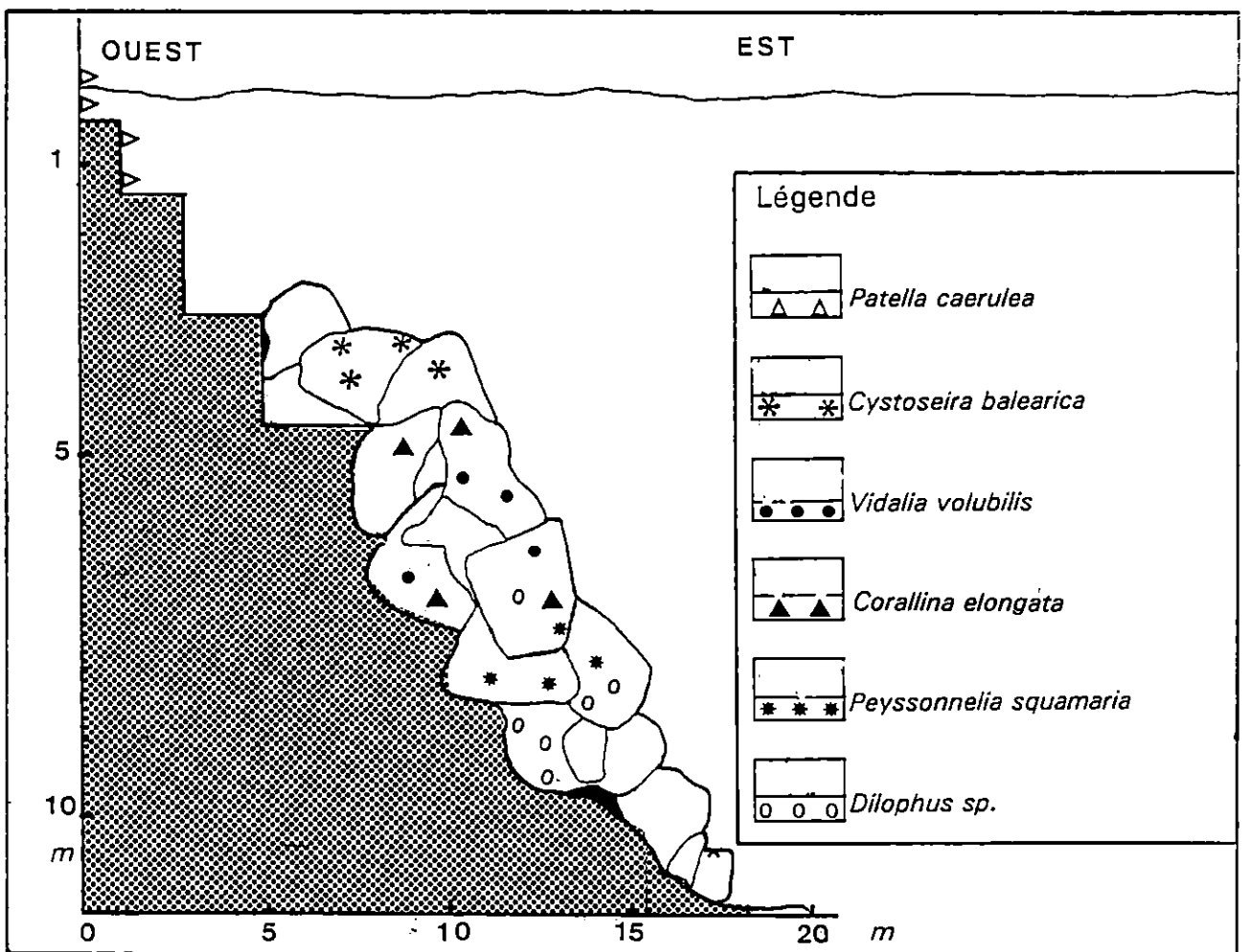
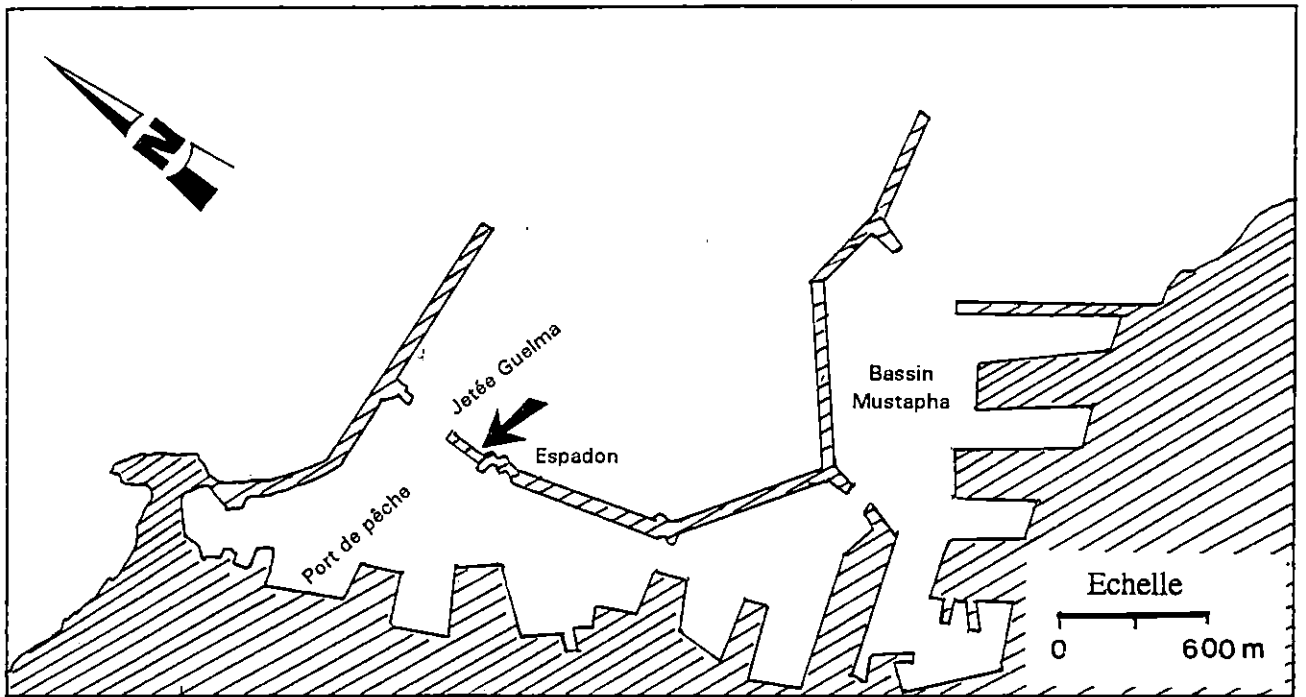



Fig. 7. Plan du port d'Algier (A) et profil bathymétrique de la station du port d'Algier. Les peuplements sont représentés.  = station de prélèvement, G = jetée de Guelma, ES = club ESPADON, BM = bassin Mustapha.

arborescente à *Cystoceira balearica* et *Vidalia volubilis*; ce peuplement n'est pas continu. Il est interrompu par des zones apparemment nues mais recouvertes en fait d'algues encroûtantes (principalement des algues rouges). Il existe également une strate arbustive caractérisée par les espèces suivantes : *Corallina elongata*, *Peyssonnelia squamaria*, *Dilophus sp.*

### 3. Sédimentologie

#### 3.1. Prélèvements

##### 3.1.1. Sédiment des inter-mattes

Les prélèvements ont eu lieu au mois de septembre 1989 (Tableau 1). Une boîte sans fond, enveloppée à l'une de ses extrémités par un sac de plastique de 20 cm de long, nous sert d'outil à prélever. La boîte est enfoncée horizontalement, au hasard dans une zone de sable. Le sac de plastique contenant le sédiment est immédiatement fermé. La période qui a précédé les prélèvements correspond toujours à une période météorologique calme et donc à un régime de base du point de vue hydrodynamique.

##### 3.1.2. Sédiment de la matre

Le sédiment de la matre a été obtenu lors du traitement des carottes de matre pour l'étude des racines et des rhizomes endogés de *Posidonia oceanica*. Tout le sédiment récolté au cours de cette manipulation est soumis au même protocole d'analyse que les sédiments inter-mattes.

#### Analyse granulométrique : Traitement des échantillons

Au laboratoire, les échantillons sont séchés, pesés, puis lavés (tamis de  $63\mu\text{m}$ ) ce qui permet de séparer les lutites des sables. La portion récupérée de lutite est utilisée pour l'analyse des teneurs en C, H et N (non utilisés dans ce présent travail).

Les sables sont séchés et pesés, ce qui permet, par différence entre le poids de départ (brut) et le poids recueilli après lavage, de calculer les pourcentages des fractions fines (lutites) et des fractions grossières (sables).

L'opération consiste à séparer en premier lieu les particules dont la taille est supérieure à  $63\mu\text{m}$ , de la fraction fine représentée soit par particules de taille  $<63\mu\text{m}$ , soit par des sédiments solubles. On pèse environ 100 g ou plus de sédiments bruts (P1) préalablement séchés dans une étuve thermostatée à  $40^\circ\text{C}$  pendant plusieurs jours. Avec le tamis de maille AFNOR de  $63\mu\text{m}$ , on sépare les fractions par tamisage sous l'eau. La fraction fine est récupérée en solution ou en suspension (P3). La partie grossière (P2) est séchée de nouveau à l'étuve à  $40^\circ\text{C}$  pendant plusieurs jours.

La fraction sableuse (supérieure à  $63\mu\text{m}$ ) est tamisée mécaniquement sur une colonne constituée par une série de tamis, correspondant à la série AFNOR entre 0.063 mm et 16 mm (0.063, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8 et 16 mm) Chaque refus de tamis est pesé. Les données sont consignées sur des fiches préalablement préparées.

### 3.2. Courbes et indices granulométriques

Les courbes cumulées, préalablement construites (ordonnées = fréquences cumulées; abscisses = dimensions des mailles), nous permettent le calcul des divers indices.

Les fractions séparées lors du tamisage sont conservées en vue de la détermination et des comptages de leurs constituants.

Les paramètres suivants sont calculés : (i) pourcentage de la fraction grossière (supérieure à 2 mm), (ii) pourcentage de la fraction moyenne (de 2 à 0.5 mm), (iii) pourcentage de la fraction fine (inférieure à 0.5 mm).

Les indices calculés sont la taille (TM), la symétrie de l'histogramme autour de la taille moyenne (SKI), l'indice hydrodynamique (FH), la dispersion des tailles par rapport à la taille moyenne de l'échantillon (Triage ou Classement CL) et l'acuité du mode de l'histogramme (KG).

Nous avons retenu comme paramètres de position la grandeur  $\Phi$  ( $\Phi_{95}$  à  $\Phi_5$ ). Ces paramètres de position permettent de caractériser la grossièreté d'une formation sédimentaire, c'est-à-dire qu'ils permettent de situer la courbe cumulative le long de l'échelle sédimentaire (Tableau 1).

Tableau 1. Calculs, à partir des valeurs de  $\Phi$ , des cinq indices utilisés dans ce travail pour l'analyse sédimentologique.

INDICE	FORMULE
Grain Moyen	$GM = (\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}) / 3$
Classement	$CL = (\Phi_{84} - \Phi_{16})/4 + (\Phi_{95} - \Phi_5)/6.6$
Asymétrie	$SK = (\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50})/2(\Phi_{84} - \Phi_{16}) + (\Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50})/2(\Phi_{95} - \Phi_5)$
Angulosité	$KG = (\Phi_{95} - \Phi_5)/2.44(\Phi_{75} - \Phi_{25})$
Indice hydrodynamique	$FH = KG - (\Phi_{75} - \Phi_{25})/2$

## 4. *Posidonia oceanica* et ses épiphytes

### 4.1. Echantillonnage

Pour chaque station, les prélèvements sont réalisés, en plongée en scaphandre autonome, à deux profondeurs (2 et 8 mètres). Chaque récolte est constituée de 5 réplicats de 15 rhizomes orthotropes, terminés par un faisceau vivant, et distants d'1 mètre les uns des autres. L'échantillonnage est fait au hasard dans un herbier homogène dans un rayon de 5 m. 75 faisceaux sont ainsi récoltés, tous les trois mois, entre Avril 1988 et Juillet 1989 (Tableau 2). Les faisceaux ayant servi à l'analyse phénologique serviront également à déterminer la biomasse des feuilles, des épiphytes des feuilles et des épiphytes des rhizomes.

Tableau 2. Stations et calendriers des prélèvements effectués au cours de notre étude sur *P. oceanica*.

La Marsa (-2 m)	La Marsa (-8 m)	Tamentfoust (-2 m)	Tamentfoust (-8 m)
avril 1988	avril 1988	avril 1988	avril 1988
juin 1988	juin 1988	juin 1988	juillet 1988
octobre 1988	octobre 1988	octobre 1988	octobre 1988
janvier 1989	janvier 1989	janvier 1989	janvier 1989
avril 1989	avril 1989	avril 1989	avril 1989
juillet 1989	juillet 1989	juillet 1989	juillet 1989

#### 4.2. Densité des faisceaux : méthode de mesure

De la même façon que GRENIER (1899) et CAYE (1989), nous avons considéré un **faisceau foliaire** comme étant un groupe de feuilles se développant autour d'un point végétatif du rhizome. Le faisceau constitue alors l'unité structurale la plus commode pour la description d'un herbier dont la densité est généralement estimée par le nombre de faisceaux de feuilles au mètre-carré.

Quelques auteurs ont proposé une méthodologie permettant une bonne estimation de la répartition horizontale des herbiers de phanérogames marines. DREW et JUPP (1976) ont réalisé, à l'île de Malte, des comptages de densité de faisceaux à *P. oceanica* à différentes profondeurs. GIRAUD (1977), dans une étude de phénologie quantitative de *Posidonia oceanica* propose une méthode de classement des herbiers à partir de comptages de faisceaux foliaires effectués *in situ* dans deux surfaces de référence : 400 cm<sup>2</sup> et 1000 cm<sup>2</sup>. Depuis, les surfaces de comptage et les dimensions des quadrats ont été diversifiées : MAGGI *et al.* (1977) sur une surface de 2500 cm<sup>2</sup> EUGENE (1978) utilise une surface de 625 cm<sup>2</sup>; AUGIER et CRISTIANI (1984) utilisent un quadrat de 35 x 35 cm; PERGENT *et al.* (1985) une surface de 1000 cm<sup>2</sup>; ROMERO-MARTINENGO (1985) dénombre ses faisceaux à partir d'un quadrat rectangulaire 42 x 36 cm divisé par quatre rectangles de 18 x 21 cm; PERGENT *et al.* (1988) une surface de 1600 cm<sup>2</sup>; PERGENT et BUIA *et al.* (1992) utilisent un quadrat de 40 x 40 cm.

Nous avons réalisé une étude sur la densité des faisceaux foliaires des herbiers des zones d'étude en adoptant la méthode de GIRAUD (1977). Les valeurs déterminées n'ont pas une importance capitale en tant que telles (sauf pour rentrer dans la classification de GIRAUD), mais elles permettent de ramener les autres valeurs phénologiques telles que la biomasse, à l'entité "faisceau", ou inversement, d'exprimer les données par faisceaux en données par m<sup>2</sup>.

A chaque station de notre secteur d'étude, nous avons procédé, au hasard de façon à réduire les erreurs générées par le "patchiness" de la distribution des faisceaux dans l'herbier (PANAYOTIDIS, 1980 ; PANAYOTIDIS *et al.*, 1980, 1981) à une dizaine de comptages successifs de faisceaux de feuilles à l'intérieur de l'herbier homogène. Le comptage s'effectue en plongée sur une surface de 1000 cm<sup>2</sup> (cadre de 31 cm de côté) pour les herbiers clairsemés. Pour les herbiers denses, nous utilisons un cadre de 20 cm de côté, soit une surface de comptage de 400 cm<sup>2</sup>. Les comptages sous l'eau étant extrêmement délicats,

leur imprécision et le temps nécessaire croissent très rapidement avec la surface explorée, d'où l'intérêt qu'il y a à rechercher la plus petite surface représentative.

GIRAUD (1977) a donc proposé de classer les herbiers en fonction de la densité moyenne des faisceaux de feuilles. On parle alors d'herbier :

- de type I : plus de 700 faisceaux / m<sup>2</sup>.
- de type II : de 400 à 700 faisceaux / m<sup>2</sup>.
- de type III : de 300 à 400 faisceaux / m<sup>2</sup>.
- de type IV : de 150 à 300 faisceaux / m<sup>2</sup>.
- de type V : de 50 à 150 faisceaux / m<sup>2</sup>.

Au dessous de 50 faisceaux au m<sup>2</sup>, on ne parle plus d'herbier mais de tiges isolées de posidonies.

Les mesures de la densité des faisceaux à *Posidonia oceanica* se rapportent à la méthode de GIRAUD (1977) et n'ont été réalisées qu'une seule fois, à chaque profondeur, pendant la période de notre étude.

### 4.3. Phénologie

#### 4.3.1. Définition

Les caractéristiques morphologiques et l'âge des feuilles d'un faisceau diffèrent selon la position de la feuille dans le faisceau (Fig. 8). Au sein de chaque faisceau, les feuilles se forment au centre et sont d'autant plus âgées qu'elles sont situées vers l'extérieur. L'acquisition d'un **pétiole** (ou **base**) par les feuilles ne se fait qu'en vieillissant. En effet, les feuilles des phanérogames marines sont fixées sur l'axe par un pétiole que l'on appelle aussi **gaine** en raison de la présence de **stipules** souvent très développés qui enveloppent l'axe de la plante. Chez certaines de ces plantes (*Cymodocea nodosa*, *Posidonia oceanica*), les feuilles âgées perdent d'abord leur limbe et seul reste, attaché à l'axe, le pétiole. Ce pétiole tombe à son tour laissant l'axe nu sauf chez *P. oceanica* (CAYE, 1989).

Chez cette dernière espèce, les pétioles persistent, prenant l'aspect d'une sorte d'**écaille**, d'où le nom de **lépidochronologie** donnée à l'étude de la succession de ces organes sur les axes de *P. oceanica* (BOUDOURESQUE *et al.*, 1983). Afin de nous conformer à la terminologie usitée, nous emploierons le terme de **pétiole** pour la base des feuilles entières (munies de leur limbe) et le terme d'**écaille** pour les pétioles persistants sur les axes après la chute du limbe.

#### 4.3.2. Analyse biométrique

Hormis les mesures de densités effectuées *in situ*, en plongée, les autres mesures de comptages ont été réalisées au laboratoire.

Le faisceau est séparé du rhizome, puis décortiqué en respectant l'ordre distique d'insertion des feuilles. Les **feuilles adultes** situées à la périphérie des faisceaux sont formées d'un limbe rubané rattaché à l'axe par un pétiole, celui-ci porte une **ligule** et des **stipules** très développés formant une **base engainante**. L'acquisition d'un pétiole ou base par les feuilles se fait lorsque leur allongement est presque terminé.

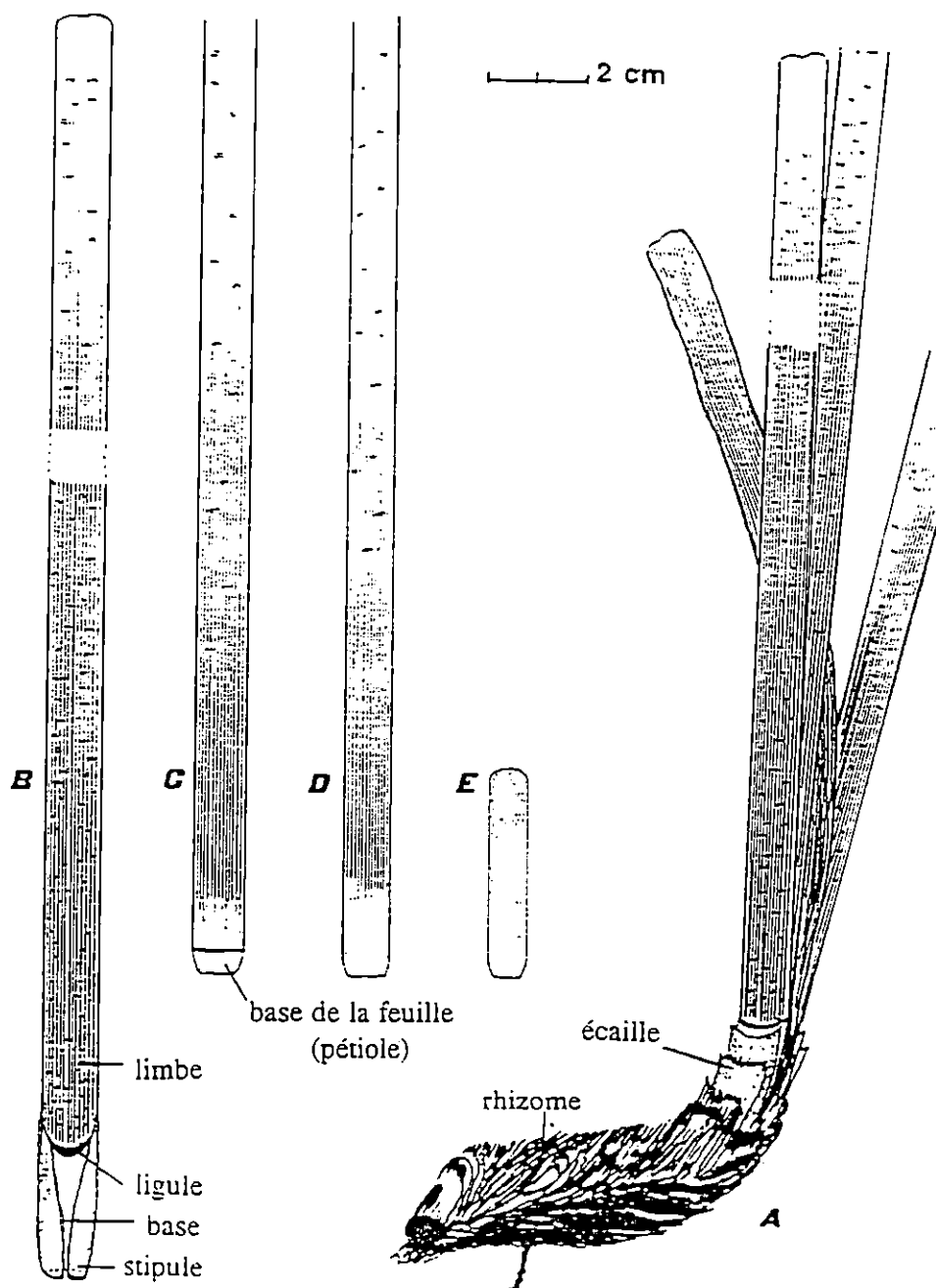


Fig. 8. Rhizome de *Posidonia oceanica* et ses différents types de feuilles. A = rhizome, B et C = feuilles adultes, D = feuille intermédiaire et E = feuille juvénile.

En fonction de la maturité des feuilles, on classe celles-ci en trois catégories (GIRAUD, 1979) :

- les feuilles adultes, de plus de 50 mm de long, pourvues d'un pétiole (pétiole supérieur ou égale à 2 mm),
- les feuilles intermédiaires de plus de 50 mm de long, dépourvues de pétiole,
- les feuilles juvéniles de longueur inférieure à 50 mm de long, toujours dépourvues de pétiole ; elles sont situées au centre du faisceau.

#### Conventions de mesure :

Pour chaque structure nous mesurons la longueur totale et la largeur; dans le cas des feuilles adultes nous y ajoutons la longueur de la base des feuilles adultes, que nous reportons sur un tableau établi par GIRAUD (1977).

**longueur de la base** : elle est mesurée depuis son point d'insertion sur la tige jusqu'à l'arrondi de la ligule.

**longueur totale de la feuille adulte** : c'est la longueur de la base plus la longueur du limbe jusqu'à l'arrondi de l'apex quand il existe. Il faut noter que les feuilles adultes et intermédiaires sont souvent coupées à leur extrémité et ce d'autant plus qu'elles sont longues. Deux raisons à cela ; d'une part, le broutage par les Saupes (*Sarpa salpa*) et les oursins (*Paracentrotus lividus* et *Sphaerechinus granularis*) et d'autre part l'hydrodynamisme. Dans ce cas, la longueur totale se mesure à partir du centre de la portion cassée jusqu'à la base.

**longueur de la feuille intermédiaire, de la feuille juvénile et de gaine isolée<sup>(1)</sup>** : elle est mesurée de son point d'insertion sur la tige jusqu' à l'arrondi de son apex.

Quand l'apex des feuilles est entier, la valeur de la longueur est notée entre parenthèses.

**La largeur** : Pour les trois catégories de feuilles et la gaine isolée, la largeur est mesurée vers la moitié de la longueur de la feuille.

Enfin, pour chaque faisceau sont notés : (i) le nombre de chaque structure, (ii) la date de prélèvement, (iii) le numéro du faisceau et (iv) le quadrat utilisé pour les mesures de densités de faisceaux.

Lorsque les mesures portant sur l'ensemble des faisceaux d'un relevé sont terminées, nous calculons différents paramètres relatifs à la phénologie des feuilles de *Posidonia oceanica* :

- Nombre moyen de feuilles par faisceau.
- Longueur moyenne des feuilles adultes et intermédiaires.
- Largeur moyenne des feuilles adultes et intermédiaires.
- Longueur moyenne des pétioles.
- "**Coefficient A**" de GIRAUD (1977) ; il correspond au pourcentage de feuilles ayant perdu leur apex (feuilles broutées ou brisées).
- Indice foliaire (**Leaf Area Index**) ; il correspond à la surface de feuille par faisceau ou par mètre carré (DREW, 1971). Une seule face de la feuille est prise en compte, bien que les deux faces des feuilles de *P.oceanica* soit chlorophylliennes ; cet indice ne représente donc que la moitié de la surface foliaire réelle.

<sup>1</sup> Définition selon GIRAUD (1977) : "Elles ont une morphologie qui tient à la fois des bases des feuilles adultes (présence de deux lames triangulaires de part et d'autre ou stipules) et des feuilles juvéniles (absence de pigmentation, longueur comprise entre 20 et 50 mm et apex toujours intact c'est à dire de forme arrondie).

- Présence de pédoncules floraux dans les faisceaux.

#### 4.4. Biomasse des feuilles et des épiphytes

##### 4.4.1. Biomasse foliaire

Les mesures de biomasse des feuilles que nous effectuons prennent la totalité de la feuille, pétiole (base) compris.

Les faisceaux sont rincés par un filet d'eau douce pour débarasser les feuilles d'une partie des particules sédimentaires. Les feuilles sont soigneusement raclées au moyen d'une lame de rasoir tout au long de leurs deux faces pour en séparer tous les épiphytes (algues encroûtantes comprises). Le produit du raclage est conservé.

Les feuilles, après avoir été débarassées de leurs épiphytes, sont rincées à l'eau douce puis séchées dans une étuve pendant 48 heures à 70°C (poids constant) (BEDHOMME, 1981). Chaque lot de feuilles est ensuite pesé (balance METTLER type H72); la précision de la lecture est de 1/10 ème de mg.

Contrairement à certains auteurs (BAY, 1978 ; CRISTIANI, 1980) nous n'avons pas décalcifié les feuilles avant les pesées. En effet, THELIN *et al.* (1982) ont montré que le taux de calcaire des feuilles de *P. oceanica* est négligeable, et que la perte de poids provoquée par la décalcification correspond à l'entraînement ou à la destruction de matière organique par l'acide.

##### 4.4.2. Biomasse des épiphytes des feuilles

Il est certain que le produit du raclage des feuilles n'est pas constitué uniquement d'épiphytes (faune et flore) mais aussi d'une fraction détritique (débris organiques et minéraux) et d'un sédiment terrigène comportant une phase sableuse et une phase lutitique (BLANC et JEUDY DE GRISSAC, 1978; PANAYOTIDIS, 1981). Ceci est dû au fait que la frondaison de *P. oceanica* agit comme piège à sédiment. En effet, beaucoup de particules transportées par les courants ou qui sont mises en suspension par la houle perdent une grande partie de leur énergie cinétique au contact des feuilles et décantent (PERES et PICARD, 1964).

Le matériel recueilli lors du raclage des feuilles est rincé à l'eau douce, filtré, séché à l'étuve à 70° C, puis pesé (balance METTLER type H72). Les résultats sont exprimés avec une précision au 1/10 ème de mg.

Afin de rester dans le système d'unités internationales proposé par WESTLAKE (1973), nous avons en premier lieu, exprimé nos résultats en mg de poids sec par faisceau (l'entité faisceau étant importante compte tenu des variations de densité dans une même station). Toutes les valeurs de biomasse déterminées pour chaque lot de 15 faisceaux seront, par la suite multipliées par la densité des faisceaux au mètre-carré.

## 4.5. La lépidochronologie et ses applications

### 4.5.1. Définition

Le terme lépidochronologie vient du grec *lepidos* = écailles et *chronos* = temps. Elle désigne l'étude des cycles d'épaisseur des écailles persistantes des phanérogames marines, et de ses paramètres à savoir : (i) le nombre d'écailles par cycle, (ii) l'épaisseur moyenne des cycles, (iii) l'évolution de la date d'inversion des cycles d'épaisseurs. Dans le cas de ses applications : la vitesse de croissance annuelle des rhizomes et la production annuelle des rhizomes (Fig. 9).

Cette technique, mise au point il y a seulement quelques années (CROUZET, 1981, PERGENT *et al.*, 1982; PERGENT *et al.*, 1983; MOSSE, 1984; PERGENT, 1987; PERGENT, 1989; PERGENT, 1990, PERGENT et PERGENT-MARTINI, 1990,)), nous permet de délimiter et de dater avec précision des tronçons de rhizomes. Il existe une analogie apparente avec la dendrochronologie, science qui étudie les variations d'épaisseur des cernes annuels des arbres.

Le cycle correspond à une année, non calendaire, de la croissance des écailles avec un minimum et un maximum d'épaisseur (CROUZET, 1981). Cette périodicité cyclique annuelle d'écailles minces et d'écailles épaisses est présente le long de tous les rhizomes (Fig. 10 et 11), quelles que soient la profondeur, la station ou la période où les rhizomes ont été récoltés (BOUDOURESQUE *et al.*, 1983; BOUDOURESQUE *et al.*, 1984).

Il est à remarquer que l'amplitude des cycles d'épaisseurs varie en fonction de l'année et du rhizome étudié. Quant à l'origine physiologique de ces variations, les auteurs de cette découverte avancent l'hypothèse d'une intervention de facteurs exogènes (climatiques) et de facteurs endogènes (physiologiques).

### 4.5.2. Echantillonnage

Pour chaque station, 10 rhizomes orthotropes sont récoltés en scaphandre autonome, à l'exception de Tamentfoust à la profondeur de 8 m, où nous avons récolté 4 rhizomes seulement.

Les rhizomes sont dans la mesure du possible choisis peu déchaussés. En effet, les rhizomes déchaussés constituent une cible facile pour les brouteurs (CAMPOS-VILLACA, 1984; PERGENT, 1987) et les écailles se transforment alors en un manchon de fibres sur lequel l'étude lépidochronologique n'est plus possible.

Les rhizomes prélevés sont le plus longs possible (> 15 cm), ne présentant aucun rhizome secondaire apparent (vivant ou avorté).

Lors du prélèvement, les rhizomes sont distants de 50 cm à 1 m les uns des autres. Cette distance permet de récolter des individus non rattachés à un même rhizome plagiotrope encore vivant. Ensuite, ces rhizomes sont conservés dans du formol à 4% pour être étudiés ultérieurement.

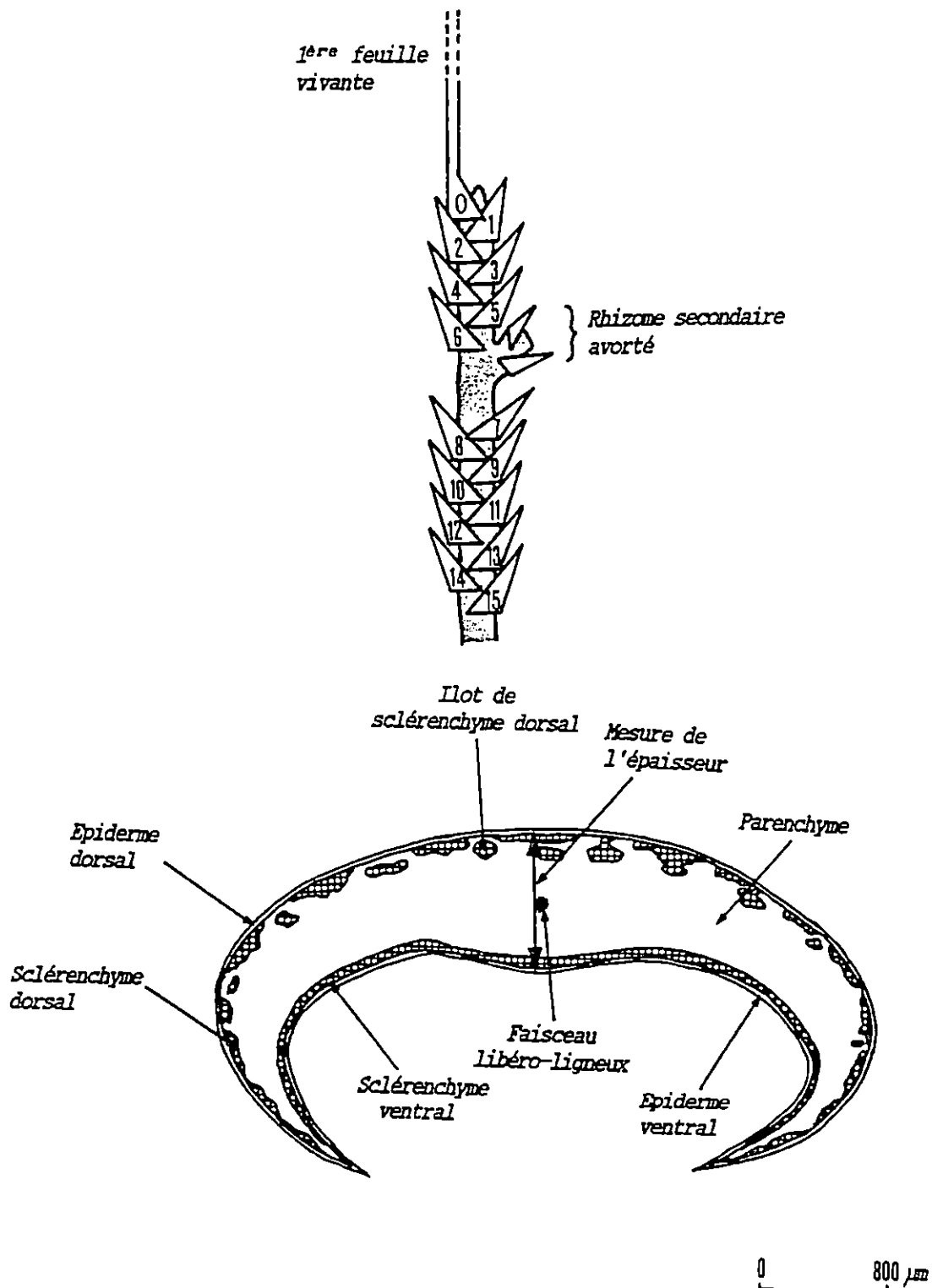


Fig. 9. A = schéma indiquant le mode d'insertion des écailles le long d'un rhizome de *Posidonia oceanica*, les numéros correspondent au rang des écailles (d'après Pergent et al., 1982)

B = coupe transversale schématique d'une écaille de *P. oceanica*. Les lacunes aërifères n'ont pas été représentées (d'après Pergent et al., 1982)

### 4.5.3. Dissection

Au cours de ce travail, nous avons choisi d'appliquer les méthodes et les conventions proposées par PERGENT (1987). On attribue à chaque rhizome, une codification précise qui prend en compte la station, la date, la profondeur et le numéro du rhizome.

Chaque rhizome est soigneusement lavé pour éliminer le sédiment, les épiphytes des écailles et les épibiontes macroscopiques.

Les écailles de chaque rhizome sont soigneusement détachées des plus anciennes aux plus récentes, en respectant l'ordre distique de leur insersion. Leur longueur est mesurée, les écailles sont rangées, conformément à leur position sur le rhizome, dans un récipient contenant de l'eau pour maintenir leur hydratation.

Nous numérotions les écailles en fonction de leur position sur le rhizome; la première feuille adulte vivante (limbe + pétiole) porte le rang n° 0, l'écaille se trouvant juste en dessous porte alors le rang n° 1.

Le rang des écailles augmente donc des plus récentes aux plus anciennes, en s'éloignant du point végétatif (Fig. 10). La base de la première feuille adulte vivante est également étudiée.

### 4.5.4. Etude des cycles d'épaisseur des écailles

Pour chaque écaille, des coupes fines sont pratiquées transversalement à l'aide d'une lame de rasoir à 10 ou 12 mm de la base (point d'insertion de l'écaille sur le rhizome).

La coupe est posée sur le côté, entre lame et lamelle. L'épaisseur de la coupe d'écaille est ensuite mesurée sous un microscope muni d'un micromètre oculaire. La lecture s'effectue dans la partie la plus large de la coupe (suivant la convention proposée par PERGENT, 1987), en général au niveau du faisceau libéro-ligneux central (Fig. 9)

### 4.5.5. Applications de la lépidochronologie

La lépidochronologie, entre autre, permet de calculer la vitesse de croissance du rhizome, de sa production au cours<sup>du</sup> cycle et de découvrir les périodes de floraison de *Posidonia oceanica*.

Après une série de mesures des écailles (Fig. 11), quand l'épaisseur enregistrée est minimale, le rhizome est coupé transversalement au niveau de l'insertion de l'écaille fine. Nous obtenons ainsi, une série de tronçons de rhizomes, délimités par deux minima d'épaisseur des écailles. Ces tronçons de rhizomes, correspondant à un cycle d'épaisseur des écailles, sont rangés selon leur position le long du rhizome, et leur longueur est mesurée. Ils sont ensuite placés à sécher dans une étuve pendant 72 heures à 70°C, puis pesés sur une balance de précision (METTLER B5) afin de déterminer leur poids sec. La lecture du poids se fait au mg près.

Au cours de la dissection, un certain nombre de reste de pédoncules floraux peuvent apparaître, intercalés entre les écailles. Ils sont toujours entourés d'une préfeuille qui occupe la place d'une écaille (PERGENT, 1987). Elle est bien différente d'une écaille : plus étroite, plus épaisse, avec une nervure centrale bien distincte. Leur rang est noté.

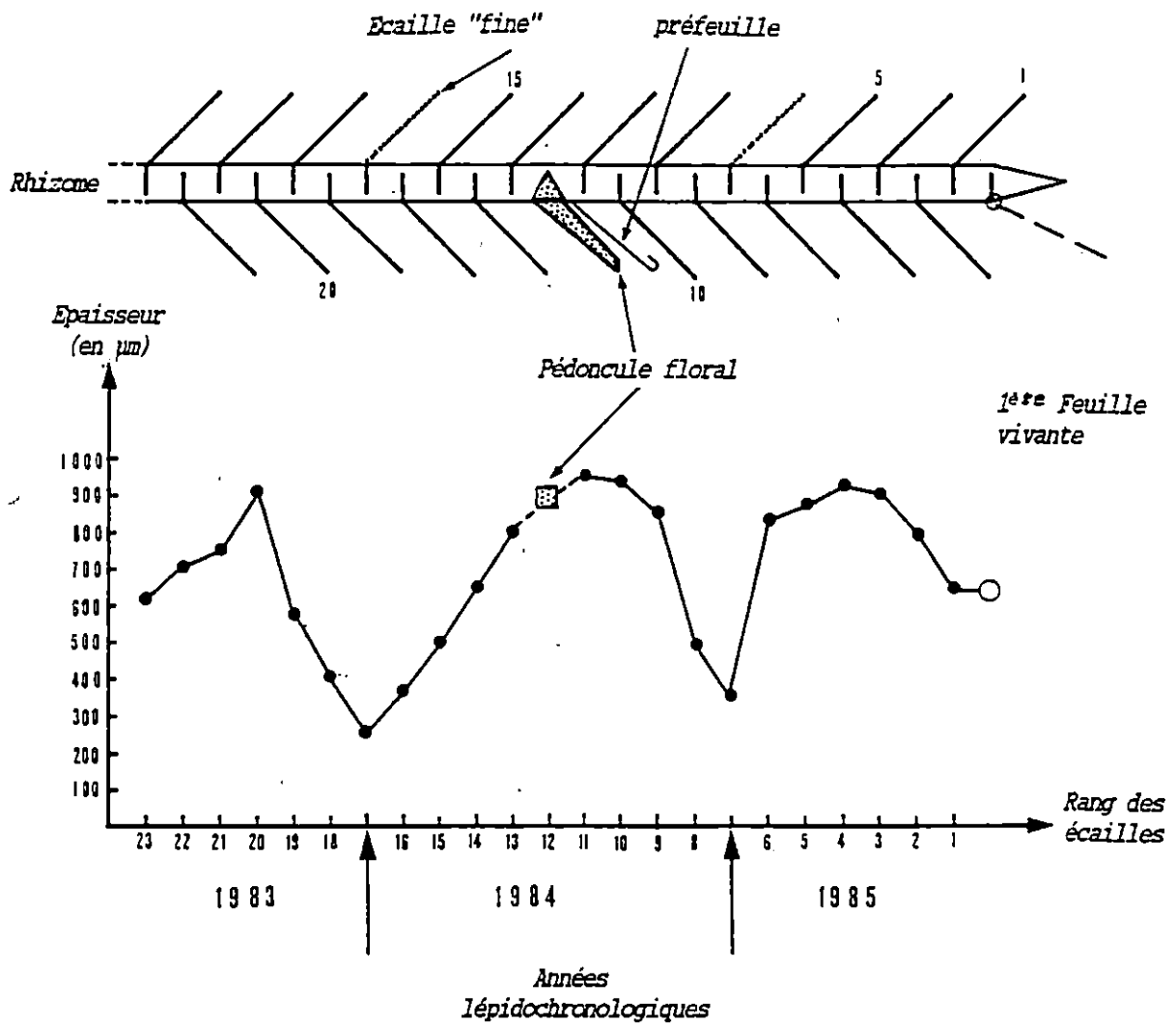


Fig.10. Représentation schématique d'un pédoncule floral, intercalé entre les écailles, le long d'un rhizome orthotrope, et correspondance avec les cycles de variation d'épaisseur des écailles. L'épaisseur du pédoncule floral n'est pas mesurée, seule sa position (rang) est prise en compte. (d'après Pergent, 1987).

MARSA (-2 m) AVRIL 89 Rhizome 5

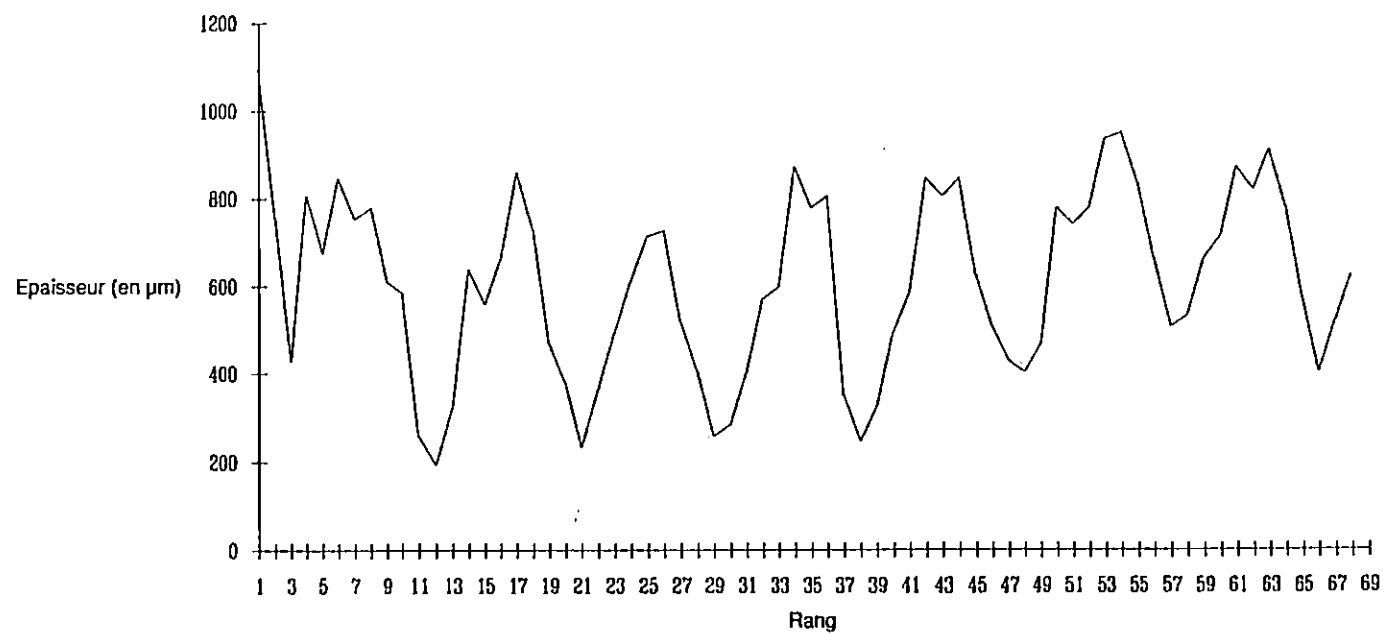


Fig. 11. Modèle de cycle de variation d'épaisseur des écailles sur un rhizome de La Marsa. (-2 m) récolté en avril 1989.

## 4.6. La matre de l'herbier : racines et rhizomes

### 4.6.1. Définition

La matre constitue un édifice structural original qui est constitué par l'ensemble des racines et des rhizomes peu putrescibles dont les interstices sont colmatés par du sédiment. Elle constitue la fraction endogée de l'herbier à *P. oceanica*. Ces éléments sont très peu dégradés au cours du temps et leurs constituants sont encore identifiables sur les matres "fossiles". Les écailles, insérées sur les rhizomes et enfouies lors de l'édification de la matre, seront donc incluses dans le matériel endogé (BOUDOURESQUE *et al.*, 1980).

### 4.6.2. Echantillonnage

Divers engins de prélèvement, dont le carottier, ont été utilisés pour l'étude de l'herbier à *P. oceanica* (DEGUEN et MOLINIER, 1959; HARMELIN, 1964 voir WILLSIE, 1987 pour une synthèse complète sur les différents type d'engins). La matre étant une structure compacte et élastique, dans ce cas, la scie s'est avérée être l'instrument le plus efficace et le plus maniable en plongée (FRANCOUR, 1984; ROMERO-MARTINENGO, 1985) pour effectuer le prélèvement de nos carottes.

Les prélèvements de blocs de matre ont été effectués à l'aide d'un guide métallique en U de forme parallélépipédique (15 cm de côté pour la base et 30 cm de haut). Son enfoncement vertical à la masse nous permet ainsi de délimiter le volume de prélèvement. Les faisceaux de feuilles sont au préalable dénombrés, puis coupés pour faciliter le prélèvement. Le découpage du bloc, à la scie, est alors plus aisé même dans des conditions de visibilité réduites dues au nuage de vase provoqué lors de la manipulation. Le bloc est alors sectionné horizontalement à la base, après que l'on ait creusé un puits d'accès latéral. La longueur, la largeur et la hauteur sont mesurées *in situ*. Il est mis dans un sac en plastique puis fermé sous l'eau. Le transport au laboratoire s'effectue en atmosphère formolée.

### 4.6.3. Tri et critères de reconnaissance du matériel vivant

Le tri et les critères de reconnaissance du matériel vivant se font suivant le protocole d'étude de FRANCOUR (1990).

La totalité du bloc est triée dans un important volume d'eau douce. Les éléments de grande taille (racines et rhizomes) sont mis de côté et triés séparément. Un soin particulier est apporté au lavage des rhizomes, les écailles retenant une quantité importante de sédiment.

La séparation du matériel vivant, racines et rhizomes, de l'ensemble du matériel mort se fait sur des sous-échantillons tirés au hasard après brassage. L'homogénéité des échantillons est bonne dans la mesure où l'on a bien pris soin d'enlever au préalable tous les éléments de grande taille.

Les écailles, bien que constituant la base des feuilles, sont comprises dans la biomasse ou la nécromasse des rhizomes.

A chaque étape, l'eau de rinçage est conservée, mise à décanter et filtrée pour recueillir le sédiment de la matre.

L'importance du compartiment végétal endogé (racines et rhizomes), connue ou supposée, pour *P. oceanica*, nécessite la différenciation des racines réellement vivantes des racines mortes, mais également une séparation des rhizomes vivants et des rhizomes morts.

Pour des raisons de rapidité de tri, nous avons choisi le critère visuel beaucoup plus simple d'emploi (FRANCOUR, 1984, 1985 et 1990).

Les rhizomes sont considérés comme vivants si leur section, après cassure à la main, est de coloration rose-saumon plus ou moins soutenu. Les rhizomes morts sont noirâtres et d'aspect fibreux (faisceaux de fibres de sclérenchyme, WEBER, 1956; ALBERGONI *et al.*, 1978; FRANCOUR, 1990).

Pour ce qui concerne les racines, nous avons utilisé la résistance à la cassure comme critère de décision. Avec un minimum d'habitude, il est possible de différencier les racines en fonction de leur résistance à la cassure et de l'état des sections en utilisant les critères suivant : racines véritablement cassées + sections nettes et franches (racines vivantes) et racines plus déchirées que cassées + sections déchiquetées (racines mortes).

#### 4.6.4. Indice racinaire

Il est calculé en utilisant les critères de FRANCOUR, (1990). L'indice racinaire (IR), équivalent à l'indice foliaire ("Leaf area index"), représente une surface de racine par unité de surface d'herbier. Nous l'avons calculé en établissant une relation entre le poids d'un fragment de racine et sa surface. Le fragment est assimilé à un cylindre régulier; l'approximation est satisfaisante pour des fragments de petites dimensions (quelques centimètres). Connaissant la biomasse moyenne du compartiment racinaire, nous pouvons alors calculer l'indice racinaire.

Les mesures de diamètre des segments de racines sont faites au pied à coulisse et appréciées au 1/20 mm; les longueurs, mesurées à la règle ont une précision de  $\pm 1$  mm. La relation est établie par la méthode des moindres carrés. La nécessité d'une éventuelle transformation des données est testée en comparant les coefficients de corrélation avant et après transformation.

#### 4.6.5. Biomasse et nécromasse végétales endogées

Les valeurs de biomasses et de nécromasses calculées pour chaque compartiment de la matte à partir des données brutes ne tiennent pas compte des deux facteurs correctifs  $K_1$  et  $K_2$  proposés par FRANCOUR (1990) : un facteur  $K_1$ , dû à la présence de sédiment résiduel entre les écailles et d'épiphytes sur les rhizomes, un facteur  $K_2$  représentant la proportion de racines et/ou rhizomes vivants présents au-delà des 30 cm de matte échantillonnée.

### 5. Les Echinodermes

#### 5.1. Groupes systématiques

Le compartiment Echinoderme de l'herbier à *P. oceanica* de Tamentfoust et de la Marsa est dominé par un petit nombre d'espèces communes dans la Méditerranée occidentale, appartenant aux *Echinoidea* et aux *Holothurioidea*.

Trois espèces d'*Echinoidea* réguliers sont présentes : *Paracentrotus lividus*, *Sphaerechinus granularis* et *Arbacia lixula*. : *A. lixula*, plutôt fréquent dans les milieux rocheux, est rarement rencontré dans l'herbier.

Le groupe des *Holothurioidea* comprend plusieurs espèces dont deux sont communément présentes dans l'herbier : *Holoturia polii* et *Holothuria tubulosa*

Les *Ophiuroidea* sont occasionnellement rencontrés lors de nos investigations (*Ophioderma longicaudum*, *Amphiura chiajei* et *Ophiocomina nigra*); par contre, nous n'avons pas rencontré d'*Asteroidea*.

### 5.1.1. ECHINOIDEA

#### 5.1.1.1. *Paracentrotus lividus*

#### Position systématique et répartition géographique :

La position systématique de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (synonymes : *Taxopneustes lividus* (Lmk) ; *Strongylocentrotus lividus* (Lmk) est la suivante d'après MORTENSEN (1927) et HARVEY (1956) :

Embranchement *Echinodermata*

Classe *Echinoidea*

Ordre *Diadematoidea*

Sous-ordre *Camarodonta*

Famille *Echinidae*

Sa répartition géographique s'étend sur les côtes atlantiques de l'Irlande au Maroc y compris les Canaries et les Açores, et dans toute la Méditerranée selon HARVEY (1956).

#### Rôle dans l'écosystème benthique littoral

De par son abondance et son comportement alimentaire de type brouteur, se nourrissant préférentiellement (dans des conditions de ressources non limitées : VERLAQUE et NEDELEC, 1983a) de certaines algues dressées sur substrat dur (VERLAQUE, 1981; VERLAQUE et NEDELEC, 1983b) et (Méditerranée) de la phanérogame marine *P. oceanica* (VERLAQUE, 1981; VERLAQUE et NEDELEC, 1983a), *P. lividus* joue un rôle important dans l'évolution des peuplements superficiels de macrophytes benthiques dans l'Atlantique et en Méditerranée.

#### Ecologie en Méditerranée

*P. lividus* occupe essentiellement l'étage infralittoral (au sens de PERES et PICARD, 1964), entre 0 et 30 m de profondeur ; TORTONESE (1965) le signale cependant jusqu'à 80 m. Sa densité est généralement maximale dans les premiers mètres d'eau (KEMPF, 1962; HARMELIN *et al.*, 1980, 1981), contrairement à *Sphaerechinus granularis* (DANCE, 1985; HARMELIN *et al.*, 1980).

Sur substrat dur, il voisine fréquemment avec *Arbacia lixula* (L.), préférant les peuplements d'algues denses, les fissures cuplules creusées dans la paroi (KEMPF, 1962), les dessous des blocs rocheux et les pentes douces de façon plus générale, laissant les parois plus abruptes ou dépourvues de végétation (facies de surpaturage à *A. lixula* ou *Lithophyllo - Arbacietum lixulae* AUGIER et BOUDOURESQUE, 1970), parfois fortement exposées à l'hydrodynamisme (KEMPF, 1962; REGIS, 1978; AZZOLINA, 1985) à *A. lixula*.

L'observation du comportement alimentaire de type racleur d'algues calcifiées (*Corallinaceae*) encroûtantes de *A. lixula* conduit KEMPF (1962) à exclure toute compétition entre celui-ci et *P. lividus*, ce qui est confirmé par FRANTZIS (1988).

Dans l'herbier à *P. oceanica*, *P. lividus* se tient généralement entre les rhizomes, mais il monte sur les feuilles la nuit (KEMPF, 1962) et parfois le jour au printemps (AZZOLINA, 1988)

En méditerranée, *P. lividus* se montre plus actif la nuit (SHEPHERD et BOUDOURESQUE, 1979; AZZOLINA *et al.*, 1982; DANCE, 1987).

#### 5.1.1.2 *Sphaerechinus granularis*

La position systématique de *S. granularis* (LAMARCK) est la suivante d'après KOEHLER (1921) et TORTONESE (1965).

Embranchement *Echinodermata*

Classe *Echinoidea*

Ordre *Diadematoidea*

Sous-ordre *Camarodonta*

Famille *Toxopneustidae*

#### *Rôle dans l'écosystème benthique littoral*

*Sphaerechinus granularis* a été considéré tantôt comme un herbivore (TORTONESE 1965; LAWRENCE, 1974), et tantôt comme un détritivore sélectif (CORNET et JANGOUX, 1974; CAMPOS-VILLACA, 1984). VERLAQUE (1981) le place parmi les racleurs herbivores et décrit le contenu digestif, constitué de 51 % de rhizomes, 19 % de racines et quelques débris d'algues sciaphiles comme *Udotea petiolata* et *Peyssonnelia sp.* *Sphaerechinus granularis* peut-être aussi carnivore; il consomme des éponges et des bryozoaires (HUBER, 1981 ; LAUBIER, 1966; VERLAQUE, 1981).

#### *Répartition et écologie*

*Sphaerechinus granularis* a été signalé de la Méditerranée à l'Atlantique oriental, de la Manche jusqu'au golfe de Guinée, et des Açores (TORTONESE, 1965), c'est l'un des trois échinoïdes les plus communs des côtes méditerranéennes. On le trouve depuis la surface jusqu'à 130 m de profondeur (CHERBONNIER, 1958). Cette espèce se rencontre dans des biotopes très variés (KOEHLER, 1883; CHERBONNIER, 1958; TORTONESE, 1965). Il peut coexister dans l'herbier à *P. oceanica* et sur les fonds rocheux avec *P. lividus*. Bien qu'évitant les zones très turbulantes, *S. granularis* présente une rhéophilie assez marquée (HARMELIN *et al.*, 1980), par ailleurs DUVAL et HARMELIN (1981) ont observé un phénomène d'agrégation des individus de cette espèce sur des pentes rocheuses très fortes et sous l'influence des courants; ils supposent qu'il correspond à une migration, car les agrégats sont formés d'individus de taille moyenne et s'intercalant entre une zone à jeunes individus et une autre à individus adultes. Selon ces auteurs, l'herbier à *P. oceanica*, où se rencontrent toutes les classes de taille, pourrait constituer "un foyer de dissémination vers des biotopes périphériques des individus sub-adultes qui ont grandi sur place".

Les données sur *S. granularis* concernent essentiellement les grands individus. L'écologie des petits est assez mal connue, mais selon PICARD (1965), les jeunes de 2 cm de diamètre sont présents en été dans les sables et graviers, amenés par les courants de fond et sont

dispersés par les tempêtes post-hivernales. L'herbier profond et dense, constituerait une nurserie pour les jeunes individus où ils trouvent un refuge diurne dans les anfractuosités de la matre qu'ils quittent la nuit pour brouter. Cette population de juvéniles cryptiques fournirait la population des adultes de l'herbier et probablement aussi, celle des roches avoisinantes.

HARMELIN *et al.* (1981) ont constaté qu'il se produisait une disparition *quasi* totale des individus de cette espèce en présence de polluants industriels et qu'inversement, les effets de la pollution domestique semblent entraîner un phénomène de pullulation des individus, pour cela ces auteurs proposent *S. granularis* comme indicateur de pollution.

### 5.1.2. HOLOTHURIOIDEA

#### 5.1.2.1. *Holothuria tubulosa*

La position systématique de *H. tubulosa* Gmelin, 1788 est la suivante d'après TORTONESE (1965).

Embranchement *Echinodermata*

Classe *Holothurioidea*

Ordre *Aspidochirota*

Famille *Holothuriidae*

#### *Rôle dans l'écosystème benthique littoral*

Les holothuries aspidochirotées, composant important du compartiment benthique de l'herbier à *P. oceanica* (HARMELIN *et al.*, 1980; AZZOLINA et HARMELIN, 1989), participent activement au recyclage de la matière organique (MASSIN, 1982) par ingestion de sédiment et/ou de débris végétaux. La présence de fragments de *P. oceanica* dans les contenus digestifs d'holothurie a été reconnue par de nombreux auteurs (TRAER, 1980; VERLAQUE, 1981; BERTHON, 1987; FRANCOUR, 1990). L'impact des remaniements sédimentaires sur l'écosystème peut-être multiple (MASSIN, 1982).

De plus, les holothuries se sont révélées être des indicateurs benthiques très sensibles à la pollution chimique d'origine industrielle (HARMELIN *et al.*, 1981). Elles sont parmi les premiers macro-échinodermes à disparaître dans les secteurs les plus exposés.

#### *Répartition et écologie*

*Holothuria tubulosa* a été signalé en Méditerranée, en Atlantique de Gibraltar au golfe de Gascogne, (TORTONESE, 1965; CHERBONNIER, 1958), c'est l'un des holothuroides les plus communs des côtes méditerranéennes. On le trouve depuis la surface jusqu'à 100 m de profondeur. Cette espèce se rencontre dans des biotopes très variés : sable, vase, herbiers (KOEHLER, 1883; CHERBONNIER, 1958; TORTONESE, 1965). Il peut coexister dans l'herbier à *P. oceanica* et sur les fonds rocheux avec *holothuria polii* (FRANCOUR, 1990). *Holothuria tubulosa* vit soit dans l'herbier dense à *P. oceanica* (individus de petite taille), soit le long de la lisière inférieure (individus de plus grande taille) (BULTEEL *et al.*, 1990).

### 5.1.2.2. *Holothuria polii*

La position systématique de *H. polii* Delle Chiaje, 1823 est la suivante d'après TORTONESE (1965).

Embranchement *Echinodermata*

Classe *Holothurioidea*

Ordre *Aspidochirota*

Famille *Holothuriidae*

*Rôle dans l'écosystème benthique littoral*  
(cf. *Holothuria tubulosa*)

#### *Répartition et écologie*

*Holothuria polii* a été signalé en Méditerranée, en Atlantique oriental, du golfe de Gascogne aux îles Canaries et en mer rouge (TORTONESE, 1965; CHERBONNIER, 1958). Espèce commune des côtes méditerranéennes, on la trouve depuis la surface jusqu'à 250 m de profondeur. Cette espèce se rencontre dans des biotopes très variés : sable, vase, détritique, roche-vase et herbiers (KOEHLER, 1883; CHERBONNIER, 1958; TORTONESE, 1965). Il peut coexister dans l'herbier à *P. oceanica* et sur les fonds rocheux avec *holothuria tubulosa*. (BULTEEL *et al.*, 1990; FRANCOUR, 1990).

## 5.2. Dénombrement des individus et mesures biométriques

### 5.2.1. *Echinoidea*

#### Dénombrement et densités

Le dénombrement de *P. lividus* et *S. granularis* s'est fait en octobre 1988, janvier 1989, avril 1989 et juillet 1989 dans chacune des stations (Marsa et Tamentfoust). La recherche s'effectue grâce à un cadre métallique de 1 m<sup>2</sup> subdivisé en 25 quadrats de 20 x 20 cm, permettant ainsi une recherche efficace même dans des biotopes aussi cryptiques que la matrice vivante de l'herbier à *P. oceanica*. Tous les individus présents dans le cadre sont dénombrés; les individus en bordure du cadre sont pris en compte sur deux des côtés, négligés sur les deux autres. Dix répliques sont réalisées ainsi au cours de la plongée.

Dans les zones d'herbier, les feuilles, mais également les espaces entre les rhizomes, sont fouillés très soigneusement. Sur matrice morte ou éboulis, après exploration minutieuse de la surface directement accessible, tous les galets ou objets présents sont systématiquement retournés de façon à découvrir les éventuels juvéniles, puis replacés dans leur position originelle.

Les deux espèces d'échinides dénombrés sont mesurées *in situ* (diamètre horizontal du test à l'ambitus sans les radioles), puis replacés à leur emplacement. La mesure est effectuée au mm grâce au pied à coulisse de faible épaisseur s'insérant facilement entre les radioles, et arrondie au mm inférieur. La marge d'erreur maximum sur une telle mesure est de  $\pm 1$  mm.

### 5.2.1.1. *Paracentrotus lividus*

Le rythme de l'échantillonnage, souvent lié aux conditions météorologiques, est en moyenne bimensuel dans les deux stations. La période de notre étude s'échelonne d'octobre 1985 à juin 1988. Les prélèvements ont été faits en apnée dans la station d'Aïn-Chorb, aux conditions d'accès faciles, alors que ceux du port d'Alger sont effectués en plongée en scaphandre autonome ; les individus plus gros se situent, en effet, à de plus grandes profondeurs.

Chaque prélèvement est constitué en général par un lot de 50 individus, répartis en 5 classes de taille (11-20 mm, 21-30 mm, 31-40 mm, 41-50 mm, 51-60 mm) quand cela est possible. Pour la station du port d'Alger, il n'a été possible de ramasser que quatre classe de taille. Les *P. lividus* adultes sont facilement pêchés; les jeunes individus sont beaucoup plus difficiles à trouver. Leur recherche se fait sous les galets ou dans les fissures des roches. 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. Les prélèvements ont donc toujours lieu le matin entre 10 heures et 12 heures.

### 5.2.1.2. *Sphaerechinus granularis*

Les échantillonnages ont eu lieu toutes les 15 jours; 12 prélèvements ont été effectués du 22 mars 1988 au 04 juin 1988. Dans la station du port d'Alger caractérisée par un biotope rocheux, les individus ont été récoltés aux profondeurs -5 m et -10m. Le nombre d'individus varie entre 30 et 60 par prélèvement, toutes tailles confondues.

#### Traitement des individus au laboratoire

Les individus encore vivants (espèces capables de vivre au frais 24 heures après le prélèvement), répartis en 5 classes de taille de 10 mm en 10 mm, sont mesurés à l'aide d'un pied à coulisse au 1/10<sup>ème</sup> de mm près.

Compte tenu de la variabilité de ces mesures ( $\pm 1$  à 2 mm selon l'orientation), deux mesures perpendiculaires entre elles sont faites pour chaque paramètre biométrique. C'est la plus faible valeur que nous prendrons comme étant la valeur du paramètre mesuré.

Les paramètres sont les suivants : (i) le diamètre du test à l'ambitus, sans les radioles (d), (ii) hauteur du test (entre la face orale et la face anale), sans les radioles (H), (iii) le diamètre du test avec les radioles (D) et la longueur des radioles (R). On note la couleur de l'individu (poupre, brun, vert ou marron)

Les mesures effectuées, chaque oursin est alors ouvert en découpant la calotte orale. On sépare le contenu digestif et les gonades. Le sexe est déterminé : les mâles possèdent des gonades de forme allongée, de couleur orange si elles sont mûres, ou brunes s'il y a eu émission, et émettant un liquide blanchâtre, les femelles présentent des gonades de la même forme et de la même couleur (plus prononcée) sauf qu'elles émettent un liquide orangé.

Après séparation, le contenu digestif et les gonades de chaque individu ainsi que le test avec les radioles sont mis à sécher dans une étuve thermostatée à 90°C pendant 24 heures (gonades et tubes digestifs) et 36 heures pour les tests.

Les tests (T) sont pesés à l'aide d'une balance de précision au mg près (METTLER P.1210) (cf. paragraphe taille/poids).

Les contenus digestifs (E) et les gonades (G) sont pesés au 1/10 ème de mg près (METTLER H. 72). (cf. paragraphe indices physiologiques).

### 5.2.2. *Holothurioidea*

Les holothuries ont été dénombrées à chaque saison d'octobre 1988 à juillet 1989 sur les quatre stations. Comme les oursins, les holothuries sont dénombrés à l'aide d'un cadre métallique de 1 m<sup>2</sup>, déplacé au hasard dans l'herbier. 10 répliques sont effectuées.

## 5.3. Calcul de la biomasse

### 5.3.1. *Echinoidea*

#### 5.3.1.1. *Paracentrotus lividus et Sphaerechinus granularis*

La biomasse des échinides *P. lividus* et *S. granularis* est calculée à l'aide de relations biométriques préalablement établies sur un lot. Le diamètre du test (sans les radioles) est mesuré à l'ambitus, la précision de la mesure effectuée au pied à coulisse est de  $\pm 1$  mm.

### 5.3.2. *Holothurioidea*

La biomasse est calculée à l'aide d'une relation taille - poids, la taille étant mesurée in situ, lors des dénombrements. Compte tenu de l'extrême facilité avec laquelle les holothuries peuvent se contracter, la longueur minimale atteinte a été retenue comme critère de taille. La reproductibilité de cette mesure a été vérifiée par FRANCOUR (1990). Lors du dénombrement, les holothuries sont mesurées à l'aide d'une règle graduée et lestée, de forme semi-cylindrique. La précision des mesures in situ est de  $\pm 0.5$  cm.

Des mesures de poids humides, sur un lot d'holothuries, sont effectuées au laboratoire. Les exemplaires sont évicérés, lavés de toute trace de sédiment et égouttés (FRANCOUR, 1990). Ils sont ensuite pesés sur une balance de type METTLER P. 1210 avec une précision au mg près.

Le traitement statistique des données de biométrie est identique à celui effectué pour les oursins.

## 5.4. Indices physiologiques chez les *Echinoidea*

### 5.4.1. Indice de réplétion

Les oursins récoltés ne sont pas de tailles semblables, il est donc nécessaire de pondérer les valeurs de poids sec des contenus digestifs.

Les auteurs ayant travaillé sur les oursins ont utilisé de nombreux indices de réplétion : Poids humide du contenu digestif / Poids humide de l'individu (LAWRENCE et HUGHES-

GAMES, 1972), Poids sec du contenu digestif / Poids humide de l'individu (KEMPF, 1962; REGIS, 1978), Poids sec du contenu digestif / (Diamètre horizontal du test)<sup>3</sup> (NEDELEC, 1982).

Un bon indice de réplétion doit répondre à deux critères essentiels, d'une part, la fiabilité de la grandeur utilisée pour la pondération, et d'autre part, la commodité d'accès à cette grandeur (NEDELEC, 1982). En effet, la mesure du poids humide nécessite un égouttage des individus pendant un temps plus ou moins long durant lequel la perte d'eau est difficilement contrôlable. Elle peut se faire au niveau de la solution digestive (eau contenue dans le tube digestif) ainsi que du liquide emplissant la cavité coelomique.

D'autre part, REGIS (1978), précise que pour un diamètre donné du test, le poids sec de l'individu n'est pas constant en raison de la variabilité importante dans la longueur des piquants.

Nous avons préféré pondérer le poids sec du contenu digestif 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.

Il existe une très forte corrélation entre le poids sec du contenu digestif et le cube du diamètre horizontal du test (NEDELEC, 1982); ce que nous avons pu vérifier sur trois de nos prélèvements. La pondération par le cube du diamètre nous paraît donc satisfaisante et l'indice de réplétion utilisé (IR) sera établi de la manière suivante :

$$IR = \frac{\text{Poids sec contenu digestif}}{(\text{Diamètre horizontal du test})^3}$$

Cet indice peut s'écrire de la façon :  $IR = E / d^3$

IR = Indice réplétion (mg/cm<sup>3</sup>)

E = Poids sec du tube digestif (mg)

d = Diamètre du test à l'ambitus sans radioles (cm)

Cet indice de réplétion s'exprime en mg/cm<sup>3</sup>; néanmoins le dénominateur représentant une fonction du volume de l'individu, ces unités ne seront pas mentionnées au cours de notre travail pour éviter toute confusion avec le volume réel de l'individu.

#### 5.4.2. Indice gonadique

Parallèlement à l'étude de l'indice de réplétion, nous avons également suivi l'évolution de l'indice gonadique de ces échinoïdes. Cet indice (IG) a été calculé, compte tenu de ce qui a été dit pour l'indice de réplétion, à partir de la relation suivante :

$$IG = \frac{\text{Poids sec des gonades}}{(\text{Diamètre horizontal du test})^3}$$

Cet indice peut s'écrire de la façon :  $IG = G/d^3$

IG = Indice gonadique (mg/cm<sup>3</sup>)

G = Poids sec des gonades (mg)

d = Diamètre du test à l'ambitus sans radioles (cm)

La recherche de ces indices a été effectuée, dans ce travail, afin d'établir une relation possible entre l'indice gonadique et l'indice de réplétion; et par là même, de déceler une éventuelle influence du cycle reproducteur sur le comportement alimentaire des oursins ou vice-versa.

La recherche bibliographique que nous avons effectuée ne signale que trois références où l'indice gonadique et l'indice de réplétion sont étudiés simultanément (LAWRENCE *et al.*, 1965; REGIS, 1978; NICHOLS *et al.*, 1985).

## 6. Traitement statistique des données

Toutes les données ont été saisies sous Microsf-Excel fonctionnant sur un micro-ordinateur de type PC compatible. Ce logiciel est un tableur intégrant graphiques et base de données. Le traitement statistique des données est réalisé soit avec le logiciel Statgraphics, soit avec des programmes écrits en basic et compilés par P. FRANCOUR.

Les principaux test statistiques employés sont décrits dans les paragraphes suivants. La plupart des tests utilisés dans le présent travail sont identiques à ceux utilisés par FRANCOUR (1990); aussi, la description que nous en donnons est une reprise tirée du travail de FRANCOUR (1990).

### Analyse de variance

L'analyse de variance à un critère de classification ("one-way analysis of variance" = ANOVA) a pour but de comparer les moyennes de plusieurs populations supposées normales et de même variance, à partir d'échantillons aléatoires, simples et indépendants (DAGNELIE, 1973-1975; UNDERWOOD, 1981).

L'hypothèse de normalité et d'homosédaticité doit être vérifiée au préalable à l'aide de tests appropriés. Toutefois, de nombreux auteurs (voir *in* UNDERWOOD, 1981) ont démontré la robustesse de l'analyse de variance à la non-normalité des échantillons. De même l'homogénéité des variances est d'importance secondaire si tous les effectifs des échantillons sont égaux. Dans le cas contraire, l'homosédaticité doit être vérifiée (DAGNELIE, 1973-1975).

La réalisation des calculs, identique pour le modèle aléatoire et le modèle fixe, a été faite avec le logiciel "Statgraphics".

Lorsqu'à l'issue d'une analyse de variance, on rejette l'égalité des moyennes (modèle fixe), on désire généralement rechercher les moyennes qui diffèrent significativement des autres, plusieurs tests sont alors possibles. Nous avons employé le test de Turkey (DAGNELIE, 1973-1975; ZAR, 1984).

Si les conditions d'application de l'analyse de variance ne sont pas remplies, deux possibilités de traitements statistiques sont alors possibles : une transformation préalable des données, stabilisant les variances (transformation logarithme par exemple), ou le recours à une méthode non-paramétrique.

Nous avons généralement opté pour cette dernière solution. Elle évite la recherche de la transformation optimale et l'emploi de transformations inverses dans la figuration des résultats. On emploiera le test des rangs de Kruskal et Wallis (= "one-way analysis of variance by rank", KRUSKAL & WALLIS 1952-1953, *in* DAGNELIE, 1973-1975). C'est l'application du test des rangs étendue à plusieurs échantillons indépendants (ZAR, 1984). On détermine sur l'ensemble des échantillons le rang de chaque observation et on calcule la somme des rangs par population. A partir de ces valeurs, on calcule la valeur H :

$$H_{\text{obs}} = \frac{12}{n(n+1)} \sum \frac{Y^2}{n'} - 3(n+1)$$

avec  $n$  = effectif total des échantillons,  $Y$  = somme des rangs pour un échantillon,  $n'$  = effectif d'un échantillon.

Cette valeur calculée est alors comparée à une valeur théorique. Ces calculs sont réalisés par le logiciel "Statgraphics".

Lorsqu'à l'issue d'une analyse de variance non-paramétrique rejetant l'hypothèse nulle, on désire effectuer une comparaison multiple de moyennes, il faut recourir à des méthodes non-paramétriques. Les tests classiques (test de Turkey, test de Scheffe, test de Student-Newman-Keuls) supposent en effet les mêmes conditions d'application que l'analyse de variance (UNDERWOOD, 1981; ZAR 1984). Différentes méthodes, dérivées de ces tests, ont été proposées (ZAR, 1984). Les effectifs de nos populations étant généralement différents, nous avons retenu le test non-paramétrique de Student-Newman-Keuls. Pour chaque population, on calcule la moyenne des rangs. Les populations sont ensuite comparées deux à deux. La quantité

$$Q_{\text{obs}} = \frac{MR_i - MR_j}{SE}$$

avec  $SE^2 = \frac{N(N+1)}{12} (1/i + 1/j)$ ;  $MR_i$  = moyenne des rangs;  $N$  = effectif total;  $i, j$  = effectifs

de la population.

est comparée à un  $Q$  théorique. L'hypothèse nulle d'égalité des deux populations est rejetée quand  $Q_{\text{obs}} > Q_{\text{théorique}}$  au risque de 0.05 (ZAR, 1984).

Ces calculs ont été réalisés à partir d'un programme écrit en basic par P. FRANCOUR.

### Homogénéité des variances

Dans le cas d'une comparaison de deux variances, nous avons employé le test F. Si plusieurs variances doivent être comparées, plusieurs tests existent comme celui de Bartlett ou celui de Hartley (DAGNELIE, 1973-1975). Ce dernier ne s'applique en principe qu'à des échantillons de mêmes effectifs; nous lui avons donc préféré le test de Bartlett qui permet de considérer des échantillons d'effectifs différents. Le test se réalise en calculant un chi-deux observé qui est alors comparé à la valeur théorique avec  $p - 1$  degrés de liberté (calcul fait par le logiciel "Statgraphics").

$$X^2_{\text{obs}} = \frac{(n-p) \text{Ln } s^2 - \sum (n_i - 1) \text{Ln } s_i^2}{1 + \frac{1}{3(p-1)} \sum \left( \frac{1}{n_i - 1} - \frac{1}{n - p} \right)}$$

avec  $n$ ,  $s^2$  = effectif et variance total;  $n_i$ ,  $s_i^2$  = effectif et variance de la  $i^{\circ}$  population;  $p$  = nombre de populations;  $\text{Ln}$  = logarithme népérien.

### Méthode relative à la corrélation

Ces statistiques descriptives ont essentiellement pour but de mettre en évidence les relations qui existent entre deux séries d'observations. Ces méthodes peuvent être de nature quantitative et/ou qualitative, continue et/ou discontinue. Une variable dépendante peut être exprimée en fonction d'une variable indépendante, le plus souvent dans le but d'effectuer une prévision ou une estimation, ou bien les deux variables sont indépendantes. On emploie alors (variables quantitatives) respectivement une méthode de régression aux moindres carrés ou aux moindres rectangles (DAGNELIE, 1973-1975). Le coefficient de corrélation de Bravais-Pearson, noté  $r$ , mesure la netteté de la liaison entre les deux séries d'observations.

$$r = \frac{\text{cov}(x,y)}{S_x S_y}$$

$\text{cov}(x,y)$  = covariance de  $x$  et  $y$   $S_x$  et  $S_y$  = écart-type de  $x$  et  $y$  (valeurs observées).

Le coefficient  $r$  est distribué de telle sorte que la variable :

$$t = \frac{r}{\text{SQR}(1-r^2)} \text{SQR}(n-2)$$

suit une loi de Student à  $n-2$  degrés de liberté ( $n$  = nombre de couples d'observation). Cette variable permet de tester l'hypothèse nulle  $H_0 : r = 0$

La comparaison des coefficients de corrélation, avec et sans transformation des données, est un test simple pour apprécier la linéarité des variables que nous avons employées à plusieurs reprises (DAGNELIE, 1973-1975).

### **Droite de régression**

Le diagramme de régression de y en fonction de x donne une idée de la façon dont varie, en moyenne, la variable y, dite dépendante, en fonction de la variable x, dite indépendante. Lorsque le diagramme de régression est approximativement linéaire ou multivariable (transformation), on peut s'efforcer de rechercher l'équation de la droite ou de la droite transformée qui s'ajuste le mieux. Cette droite de régression est généralement déterminée par la méthode des "moindres carrés" qui consiste à rendre minimale la somme des carrés des écarts entre les points observés et les points correspondants à la droite (DAGNELIE, 1973-1975). Cette droite nous est fournie par le logiciel "Statgraphics" dans "Regression Analysis". Le coefficient de corrélation nous est donné lors de ce calcul.

### **Test de comparaison de deux moyennes**

Nous avons été amenés à vérifier les différences constatées entre deux moyennes. Le test de Mann et Whitney (pour des données non-paramétriques) nous a permis de mettre en évidence la signification de ces valeurs (programme basic de FRANCOUR).

**RESULTATS ET DISCUSSION**

Contribution à la connaissance de l'écosystème à *Posidonia oceanica* (L.) Delile  
dans la région d'Alger (Algérie) : étude de quelques compartiments

---

## L'HERBIER DE POSIDONIES

### III. RESULTATS ET DISCUSSION

#### 1. TAXONOMIE DE *POSIDONIA OCEANICA*

##### L'herbier de La Marsa (-8 m) : étude de la largeur des limbes des feuilles .

\*Une partie des résultats a fait l'objet d'un article publié dans la revue *Aquatic Botany* sous la référence : SEMROUD R., VERLAQUE R., CROUZET A., BOUDOURESQUE C.F., (sous presse). On a broad-leaved form of seagrass *Posidonia oceanica* (Posidoniaceae) from Algiers (Algeria). *Aquat. Bot.*, Nertherl.

#### 1.1. Problématique

*Posidonia oceanica* est une endémique de la mer Méditerranée, largement distribuée sur toutes ses côtes. Cette espèce se propage par graines et par boutures. Toutefois, la floraison s'avère relativement rare (HARTOG Den, 1970; GIRAUD, 1976, 1977 a et b; BOUDOURESQUE et THELIN, 1985 ; CAYE, 1989); de plus, la plupart des graines produites avortent prématurément (CAYE et MEINESZ, 1984). De ce fait, les boutures semblent constituer, dans la plus grande partie de son aire, le principal mode de dissémination de *P. oceanica*. Il n'est donc pas exclu d'envisager que le brassage génétique soit réduit chez cette espèce, et que des clones particuliers, plus ou moins individualisés, puissent se perpétuer localement. Ce pourrait-être le cas, en particulier, sur les côtes algériennes où l'herbier à *P. oceanica* est largement représenté, mais où la floraison n'a été signalée qu'exceptionnellement (GIRAUD, 1976 et nos données).

Les différences entre clones peuvent porter sur des caractères morphologiques de l'appareil végétatif (longueur, largeur et épaisseur des feuilles) ou de l'appareil reproducteur, des caractères anatomiques (dimensions des cellules épidermiques, localisation des fibres de soutien, nombre de faisceaux xylémo-phloémiens), et enfin des caractères biologiques (nombre de feuilles produites par an) et phénologiques.

En l'état actuel des connaissances, les études comparatives dont nous disposons concernent surtout la phénologie et la biométrie des feuilles des populations du bassin nord-occidental de la Méditerranée (GIRAUD, 1977a; GIRAUD *et al.*, 1977; OTT, 1980; WITTMANN *et al.*, 1981; BAY, 1984; PESSANI *et al.*, 1984; PIRC, 1984; ROMERO-MARTINENGO, 1985; PANAYOTIDIS, 1986; PANAYOTIDIS et GIRAUD, 1981; CALTAGIRONE, 1986; PERGENT et PERGENT-MARTINI, 1988; RICO et PERGENT, 1990). En revanche, les données portant sur les herbiers des côtes nord-africaines demeurent trop fragmentaires ou assez anciennes (MOLINIER et PICARD, 1953 ; FARGHALY et DENIZOT, 1984 ; PERGENT et PERGENT-MARTINI, 1988).

En ce qui concerne l'anatomie de *Posidonia oceanica* (rhizomes, gaines et feuilles), en dehors de travaux assez complets mais très anciens (GRENIER, 1860; SAUVAGEAU, 1890a, 1890b, 1890c, 1890d, 1890e, 1891; MONOYER, 1927; POTTIER, 1934), les seules études récentes, mais malheureusement partielles, sont celles d'ALBERGONI *et al.* (1978), MARIANI *et al.* (1980), COLOMBO *et al.* (1983), CROUZET (1984). Par contre, l'examen anatomique détaillé des espèces australiennes a donné lieu à de nombreux travaux (CAMBRIDGE, 1975; CAMBRIDGE et KUO, 1979; CAMBRIDGE et KUO, 1982; KUO, 1978; KUO et CAMBRIDGE, 1978; KUO et CAMBRIDGE, 1984; KUO et McCOMB, 1989).

L'étude des caractères phénologiques des herbiers à *P. oceanica* de La Marsa (-8 m) nous a permis de mettre en évidence une population caractérisée, en particulier, par des feuilles plus larges que celles de *P. oceanica* des côtes françaises.

L'objet de nos investigations sur cette population de *P. oceanica*, qui sera comparée à celles des côtes françaises, est de déterminer :

- si ses caractéristiques biométriques s'avèrent discriminantes et bien stables le long d'un cycle annuel, dans les stations où cette population se développe (largeur des feuilles en particulier);
- si elle peut être différenciée par un caryotype original;
- si elle possède, au niveau des gaines et des limbes, une structure anatomique propre (nombre des faisceaux xylémo-phloémiens, cellules épidermiques, fibres de soutien).

## 1.2. Matériel et méthodes<sup>2</sup>

Les plantes étudiées, dans le cadre de cette comparaison, proviennent de populations naturelles situées à La Marsa, à Port-Cros (Var, France) et à Sausset (Bouches-du-Rhône, France) (Fig.12). à une profondeur comprise entre 8 et 11 mètres.

### 1.2.1. Morphologie

(pour ce paragraphe, l'auteur renvoie au chapitre général de Matériel et méthodes)

### 1.2.2. Anatomie et histologie

L'étude anatomique a été réalisée sur des coupes transversales (effectuées à 13-15 mm de la base sur les échantillons de Port-Cros, et à 17-20 mm sur ceux de La Marsa, ceci afin de respecter la différence de taille des gaines et des feuilles dans les deux localités) de gaines et de feuilles adultes, montées à l'hydramount, soit non colorées, soit après un passage au rouge congo-vert d'iode. A La Marsa et à Port-Cros, 25 faisceaux, récoltés en avril, ont été étudiés : sur chaque faisceau ont été prélevées 2 feuilles adultes et 2 gaines épaisses correspondant au maximum des cycles lépidochronologiques (cycles mis en évidence par PERGENT *et al.*, 1989).

<sup>2</sup> Le chapitre 1 représente une publication scientifique (SEMROUD *et al.*, 1992), nous avons préféré laisser ce chapitre à sa place plutôt que de le renvoyer dans le chapitre général Matériel et méthodes de l'ensemble de la thèse.

### 1.2.3. Caryologie

Pour l'étude caryologique, le matériel a été récolté en avril 1989 à La Marsa, en novembre 1982 à Port-Cros et en octobre 1982 à Sausset. Les fixations ont été effectuées sur des méristèmes foliaires, à l'alcool absolu et acide acétique glacial (proportion 4/1) avec mordantage au carmin acétique et acétate ferrique. Le matériel ainsi obtenu, conservé au congélateur à  $-18^{\circ}\text{C}$ , a été coloré au carmin acétique, puis monté entre lame et lamelle par la méthode des écrasements. Les plaques furent observées avec un microscope Wild M18 et les dessins réalisés à l'aide d'une chambre claire.

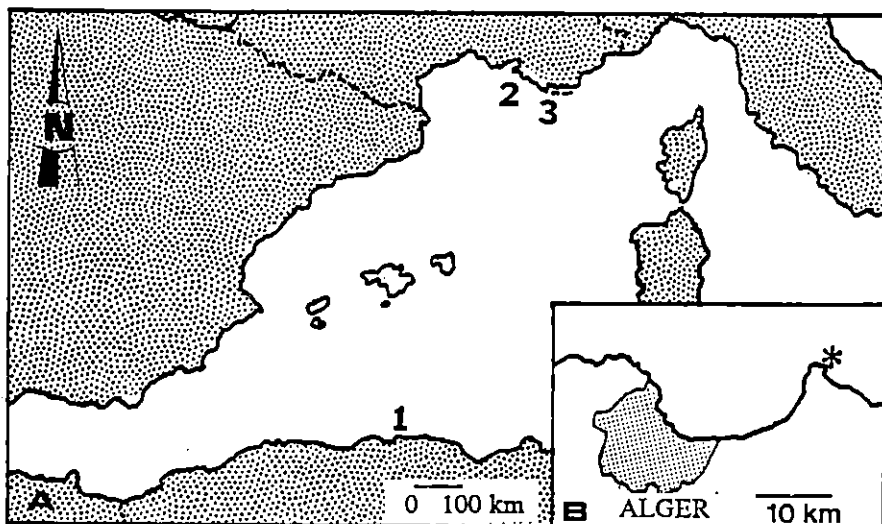


Fig. 12. A = stations étudiées. 1 = La Marsa, 2 = Sausset et 3 = Port-Cros. B = Détail de la région d'Alger (\* = La Marsa).

Nous avons établi les idiogrammes à partir des meilleures figures de métaphases somatiques (plusieurs dessins pour chaque méristème et 2 ou 3 méristèmes par station), afin de cerner plus précisément le "caryotype moyen" des différentes populations. Les normes adoptées sont les suivantes :

= pour la schématisation des idiogrammes :

- chaque élément représente une paire de chromosomes,
- alignement sur les centromères,
- classement des chromosomes en ordre décroissant de taille,
- bras le plus court des chromosomes dans le haut du dessin ;

= pour la position des centromères, d'après le rapport "R" des bras de chaque chromosome (LEVAN *et al.*, 1964) :

R :	1 à 1.05	Me	Médian
	à 1.7	m	région médiane
	à 3	sm	submédian
	à 7	st	subterminal
	> 7	t	région terminale

Les positions intermédiaires se notent avec un tiret (ex : m-sm), les variations ou les cas rares sont indiqués entre parenthèses.

### 1.3. Résultats et discussion

#### 1.3.1. Morphologie

L'étude de la largeur des feuilles adultes en fin de croissance apparaît comme l'unique critère morphologique discriminant, par rapport aux autres populations méditerranéennes.

La largeur des feuilles adultes des rhizomes prélevés dans la station de La Marsa varie le plus souvent entre 9 et 14 mm, certaines feuilles pouvant atteindre jusqu'à 15 mm. La largeur des limbes des populations françaises s'échelonne généralement entre 8 et 12 mm. Les distributions de fréquence obtenues montrent qu'il y a une légère variation des valeurs moyennes en fonction des saisons (Tableau 3 et Fig. 13). Les valeurs maximales se situent en avril (significatif au seuil de 0.05). Un fort pourcentage de feuilles adultes (52 %;  $n=1322$ ) présente une largeur supérieure ou égale à 12 mm.

Tableau 3 : Variation saisonnière de la largeur des feuilles adultes de *P. oceanica* à La Marsa (-8 m) et comparaison avec Port-Cros (données in Pergent, 1987).  $x$  = moyenne,  $\sigma$  = écart-type,  $v$  = variance et  $n$  = nombre de feuilles adultes.

		Octobre	Janvier	Avril	Juillet
La Marsa	$x$	11.69	11.74	11.49	11.3
	$\sigma$	0.97	0.94	0.81	0.83
	$v$	0.94	0.87	0.65	0.69
	$n$	261	193	232	261
Port-Cros	$x$	10.63	10.32	10.29	10.63
	$\sigma$	0.80	0.55	0.87	0.80
	$v$	0.64	0.30	0.76	0.64
	$n$	91	58	61	91

La largeur moyenne des limbes de *P. oceanica* de La Marsa est significativement différente au seuil de 0.05 de celle des limbes de la station de Port-Cros (données in PERGENT, 1987) (Fig. 13 et 14). La comparaison des histogrammes de fréquence de la largeur des feuilles adultes montre que les modes sont bien distincts, quelle que soit la saison. Ils se situent dans la classe des 10 mm à Port-Cros et celles des 11 mm et des 12 mm à La Marsa.

Des variations de la largeur moyenne des feuilles chez *P. oceanica* ont été indiquées par plusieurs auteurs (Tableau 4). GIORGI et THELIN (1983) et PERGENT (1987) mentionnent que la largeur des limbes adultes, en fin de croissance, varie selon la région et en fonction de la profondeur, bien qu'ils n'aient jamais observé de feuilles aussi larges qu'à La Marsa.

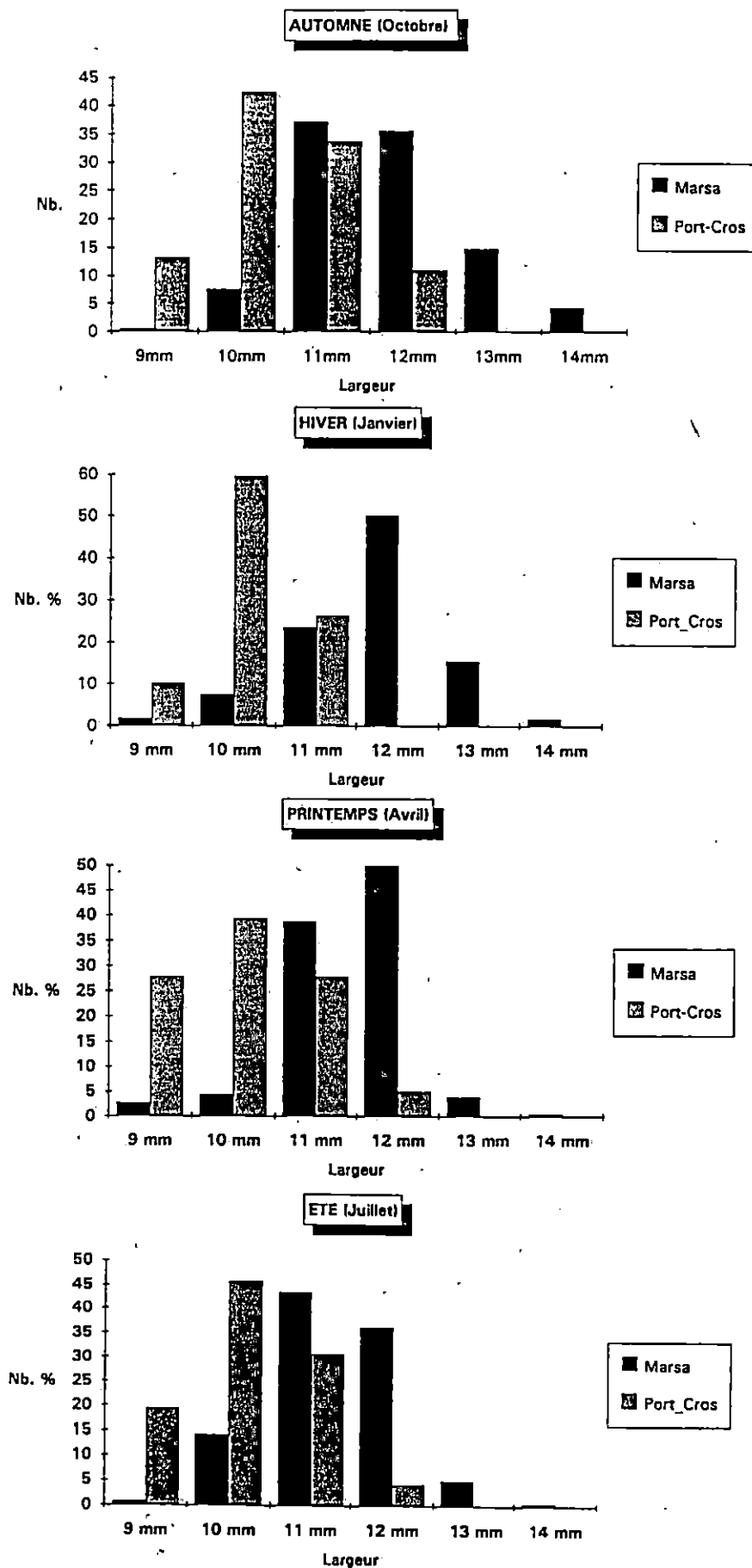


Fig. 13. Histogramme de fréquence (en pourcentage) de la largeur des feuilles adultes de *P. oceanica* à La Marsa (profondeur = 8-10 m) et à Port-Cros (profondeur = 10-11 m).

Tableau 4. Données bibliographiques sur la largeur, moyenne des feuilles (feuilles adultes et intermédiaires réunies) de *Posidonia oceanica*.

Pays	Références	Localités	Largeur (mm)	Profondeur (m)	
Egypte	Thelin <i>et al.</i> , 1985	El Dabaa	6 à 10	8 à 24	
France	Giraud, 1977	Marseille	8 à 12	variable	
		Port-Cros	10.5	3	
	Giorgi et Thelin., 1983	Port-Cros	9.8	2	
		Port-Cros	10.4	11	
	Pergent, 1987		10.3	23	
			10.3	32	
		Banuyls	8.3	2	
		Banuyls	9.8	12	
	Italie	Caltagirone, 1986		10.0	19
				9.6	2
			10.0	10	
Sicile	Pessani <i>et al.</i> 1984	Iles éoliennes	8.0	5	
			8.9	9	
Sardaigne	Rico <i>et al.</i> , 1990	Porto Conte	8.6	4 à 6	
			8.9	8 à 12	
			8.6	15 à 23	
Turquie	Pergent, 1987	Urla	9.7	2	
			8.6	5	
Algérie	nos données	Marsa	10.8	2	
			11.4	8	
		Tamentfoust	10.8	2	
			10.4	8	

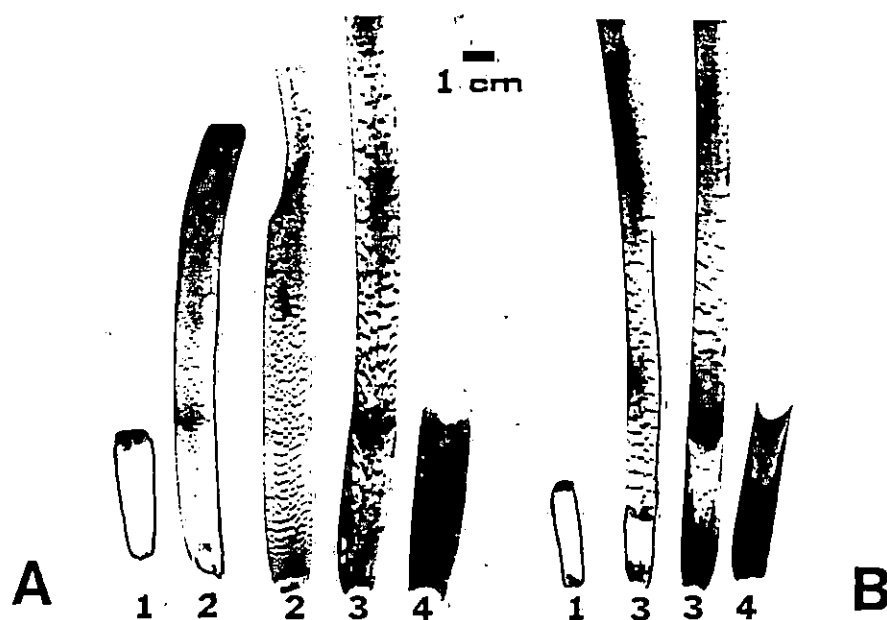


Fig. 14. Aspect des feuilles et des gaines de *P. oceanica* au mois d'avril. A = La Marsa et B = Port-Cros. 1 = feuilles juvéniles, 2 = feuilles intermédiaires, 3 = feuilles adultes et 4 = gaines.

Les caractéristiques biométriques et phénologiques de *P. oceanica* (longueur, largeur des feuilles, rythme de formation des jeunes feuilles dans l'apex, etc...) fluctuent avec la saison, avec la profondeur, et également d'une localité à l'autre (Port-Cros et Banuyls en France, Urla en Turquie) à la même profondeur et à une même époque de l'année (PERGENT, 1987). Ces variations incombent, selon ce dernier auteur, aux conditions d'éclairement. CAYE (1989), en revanche, pense que ces modifications seraient probablement d'origine génétique. En effet, la largeur maximale des feuilles adultes chez les plants cultivés en laboratoire diffère d'un individu à l'autre, mais n'évolue pas ou peu au cours de l'expérience pour un plant donné (CAYE, 1989).

Des rhizomes de *P. oceanica* prélevés à La Marsa ont été transplantés à Port-Cros vers 10-13 m de profondeur en Juin 1990, à proximité immédiate des populations de *P. oceanica* indigènes. L'année suivante (et par conséquent après un renouvellement complet des feuilles dont la longévité est inférieure à un an : OTT, 1980), les individus transplantés ont développé des feuilles aussi larges que dans la station d'origine (MEINESZ, comm. verb.).

Chez les espèces australiennes du genre *Posidonia*, la largeur des feuilles varie de 1-2 mm chez *Posidonia denhartogii* KUO et CAMBRIDGE, jusqu'à 15-20 mm chez *P. australis* Hook F. (KUO, 1978; KUO et CAMBRIDGE, 1984).

La forme générale des gaines (Fig. 15A et 15B) est semblable, avec deux expansions latérales ou stipules assez rectilignes et étroitement repliées sur la feuille interne suivante. Cependant la largeur de ces expansions diffère : elle représente 6 à 8/10 èmes de la largeur totale de la gaine chez les *P. oceanica* de La Marsa, contre 5 à 6/10 èmes pour celles de Port-Cros.

### 1.3.2. Caryologie

Les populations de *P. oceanica* de La Marsa, Port-Cros et Sausset présentent un nombre chromosomique diploïde constant de  $2n=2X=20$ , ce qui confirme les résultats de CONTANDRIOPOULOS et VERLAQUE (1984) et HARTOG Den *et al.* (1987). Ce nombre chromosomique se retrouve également chez 5 espèces australiennes : *P. angustifolia* Cambridge et Kuo, *P. australis* Hook F., *P. ostenfeldii* Den Hartog, *P. sinuosa* Cambridge et Kuo et *Posidonia. sp. aff. ostenfeldii* (KEIGHERY et COATES, 1981).

La comparaison détaillée de nos nombreux dessins et idiogrammes correspondants révèle, outre la très forte hétérogénéité de taille des chromosomes, la présence de multiples constriction secondaires et de plusieurs satellites parfois peu visibles et fluctuants (Fig. 16 et 17). De plus, au sein d'une même population, d'un échantillon à l'autre, il existe des variations notables dans la dimension des chromosomes et quelquefois aussi dans la position des centromères. Pour ces diverses raisons, nous préférons reporter dans un tableau récapitulatif (Tableau 5) la synthèse de nos observations, en donnant les tailles extrêmes (et non les moyennes) pour chacune des 10 paires de chromosomes très caractéristiques.

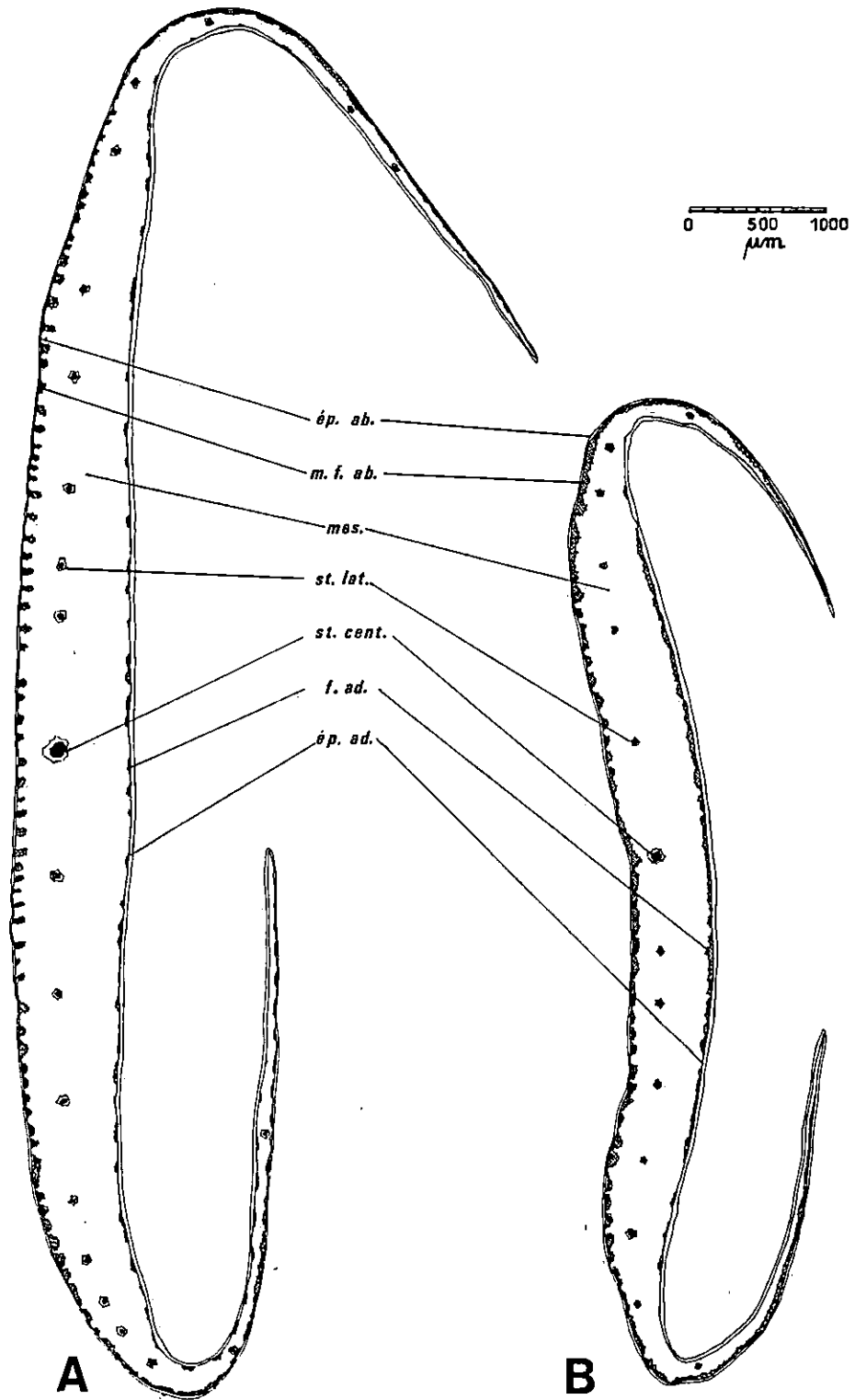


Fig. 15. Coupes transversales à 1.5 cm de la base des gaines de *P. oceanica* à La Marsa (A) et à Port-Cros (B).

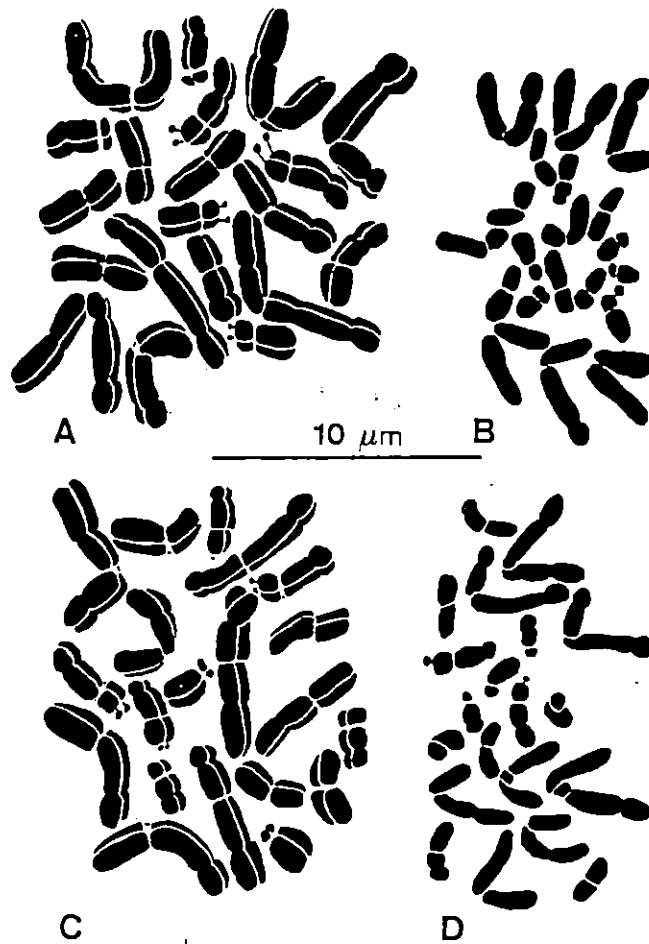


Fig. 16. Figures des métaphases (A, C) et des anaphases somatiques (B, D) de *P. oceanica* à La Marsa (A et B) et à Port-Cros (C et D).

Tableau 5. Comparaison des 10 paires de chromosomes de *P. oceanica* dans les 3 stations étudiées : L = longueurs extrêmes ; Centro/Sat = centromères et satellites ; ( ) = cas rares ou fluctuants ; \* = caractères distinctifs des populations. Le trait horizontal sépare le groupe des grands chromosomes des plus petits.

Paire	La Marsa		Port-Cros		Sausset	
	L (μm)	Centro/Sat	L (μm)	Centro/Sat	L (μm)	Centro/Sat
1	6.5 - 8.0	m	5.4 - 6.0	m	5.5 - 6.3	m
2	6.0 - 7.0	m*	4.9 - 5.6	(m)sm*	5.1 - 5.6	sm*
3	5.4 - 6.7	sm	4.6 - 5.4	sm	4.5 - 5.2	sm
4	3.8 - 4.5	m*	3.8 - 4.5	m-sm*	3.9 - 4.4	m-sm*
5	3.2 - 3.6	m	2.8 - 3.2	m	2.5 - 2.9	m
6	2.7 - 3.4	m/(Sat*)	2.4 - 2.7	m	2.5 - 2.8	m
7	2.7 - 3.3	st/ Sat	2.4 - 2.9	st /Sat	2.0 - 2.6	st / Sat
8	2.5 - 3.2	m*	2.0 - 2.4	(m)sm*/Sat*	2.0 - 2.5	sm*/Sat*
9	1.5 - 2.1	st/(Sat*)	1.8 - 1.9	st	1.7 - 1.9	st
10	1.8 - 2.2	(t) st	1.6 - 1.9	st	1.7 - 1.8	st

La comparaison des figures de métaphases somatiques (Fig. 16 A et C) et des idiogrammes (Fig. 17) montre que les caryogrammes ont un aspect général assez semblable et bien typique, par la très forte hétérogénéité de taille des chromosomes pourvus de centromères occupant, pour la plupart, des positions similaires. Cependant, l'analyse détaillée des deux caryotypes met en évidence plusieurs différences notables et bien discriminantes. La population de La Marsa se distingue de celles de Port-Cros et de Sausset par :

- certains satellites assez instables : sur la 7ème paire (st) et sur la 6ème (m) ou la 9ème paire (st), alors qu'ils sont toujours sur la 7ème et la 8ème paires dans les populations françaises;
- 3 centromères situés dans la région médiane (m) sur les paires n°2, 4 et 8 (respectivement sm, m-sm et sm en France), les autres centromères étant similaires dans les deux groupes ;
- l'augmentation globale des dimensions des chromosomes : 1.8 à 8  $\mu\text{m}$  à La Marsa contre 1.6 à 6.3  $\mu\text{m}$  pour les populations françaises.

Ce dernier caractère s'avère être le plus discriminant pour reconnaître la population de La Marsa de celle des côtes provençales. Cet accroissement non proportionnel de taille affecte en priorité et de façon significative les trois plus grandes paires ; il en résulte une discontinuité évidente de taille qui fait apparaître une répartition différente des chromosomes. Les *P. oceanica* de La Marsa se démarquent donc nettement par la présence d'un groupe homogène de 3 grandes paires (souvent métacentriques : 2m + 1sm) de 5.4 à 8  $\mu\text{m}$  (écart de 1.5 à 2  $\mu\text{m}$  avec la 4ème paire), alors que celles des côtes françaises possèdent un groupe de 4 grandes paires (plus asymétriques : sm) de 3.8 à 6.3  $\mu\text{m}$  (écart de 1 à 1.5  $\mu\text{m}$  avec la 5ème paire). Ce décalage de dimensions, assez visible sur les métaphases (Fig. 16 A et C), devient tout à fait évident à l'observation des anaphases (Fig. 16 B et D) durant lesquelles les plus longues paires (3 ou 4 selon la population) se disposent sur les côtés de la plaque, autour des autres chromosomes beaucoup plus petits et très raccourcis à ce stade.

Les idiogrammes que nous obtenons pour les populations des côtes françaises ne sont pas tout à fait superposables avec celui proposé par CONTANDRIOPOULOS et VERLAQUE (1984), sur du matériel provenant également de Port-Cros et de Sausset. Les raisons de ces divergences résident en partie dans l'emploi d'un microscope et d'un système de projection différents, aux grandes difficultés d'observation (divisions rares) mais surtout dans les fortes variations morphologiques des chromosomes durant la mitose et selon l'état de fixation. Le plus souvent en métaphase, les chromosomes apparaissent agglutinés et très raccourcis, avec des centromères peu visibles, ce qui permet un dénombrement plus facile et en revanche conduit à des idiogrammes approximatifs. Sur l'ensemble de notre matériel, nous avons donc choisi les meilleures fixations et, parmi celles-ci, des plaques métaphasiques présentant un état analogue et le moins d'ambiguïtés d'interprétation; c'est-à-dire avec des chromosomes "normalement" concentrés et pourvus de centromères bien nets.

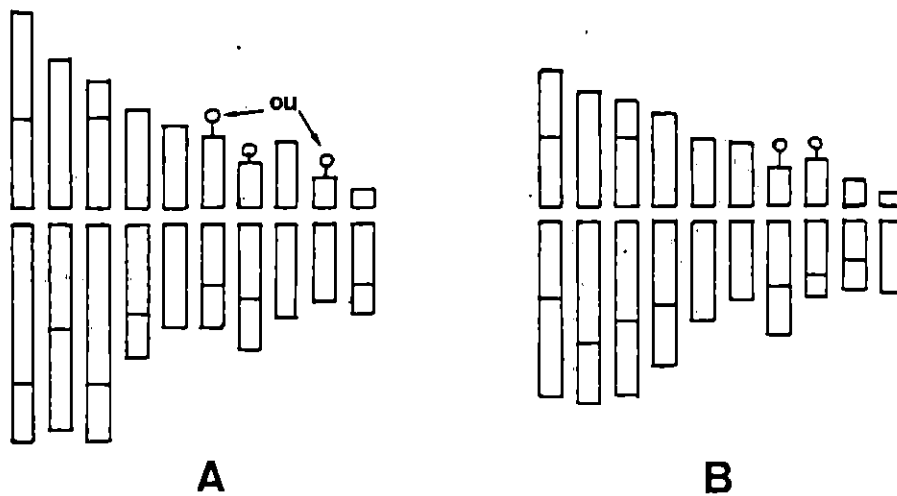


Fig.17. Représentation des idiogrammes de *P. oceanica* : A = La Marsa et B = Port-Cros. ou = position instable (6<sup>ème</sup> et 9<sup>ème</sup> paire) d'un satellite.

L'étude caryologique met donc en évidence l'existence de deux caryotypes bien distincts chez *Posidonia oceanica* en Méditerranée occidentale et laisse présumer une évolution chromosomique non négligeable de cette espèce dans l'ensemble de son aire. Cette notable différenciation (jusqu'ici insoupçonnée) peut être mise en parallèle avec le phénomène de spéciation très important qui affecte le genre *Posidonia* en Australie où huit espèces sont aujourd'hui distinguées. Malheureusement, il est impossible, pour l'instant, d'établir une quelconque comparaison avec les espèces australiennes, dont les petits chromosomes observés (KEIGHERY et COATES, 1981) résultent sans doute de l'utilisation de certains prétraitements (colchicine et froid) qui induisent un raccourcissement de la chromatine.

### 1.3.3. Anatomie et histologie

La comparaison du matériel de La Marsa et de Port-Cros montre des similitudes, mais aussi des différences marquées, au niveau des caractéristiques anatomiques et histologiques des gaines et des limbes foliaires.

En ce qui concerne la gaine, on peut noter que :

(i) la localisation des fibres lignifiées de soutien (en couche uni à tricellulaire : face adaxiale ou en massifs : face abaxiale) apparaît, dans les deux populations, en position sous-épidermique (face adaxiale) ou sous-hypodermique (et même parfois à 3 ou 4 rangs de l'épiderme pour certains massifs) du côté abaxial. Il faut noter toutefois (Fig. 18C et D) que les fibres de soutien des échantillons des côtes d'Algérie sont, pour la très grande majorité, de plus petites dimensions et à paroi plus mince (Fig. 18C) que celles des populations françaises (Fig. 18D).

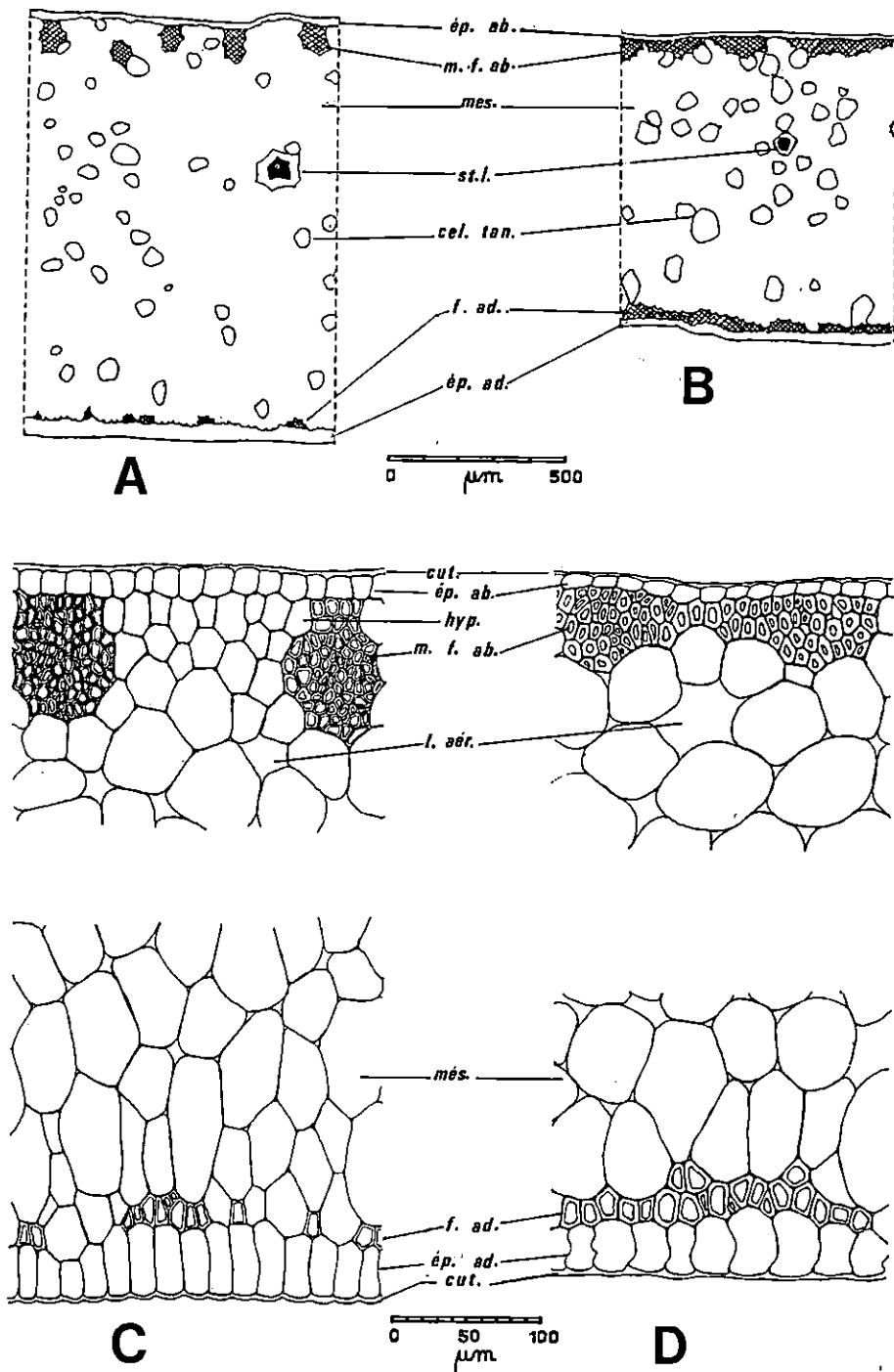


Fig. 18. Schéma (A, B) d'une portion de coupes transversales de gaines de *P. oceanica*, et dessin histologiques des fibres de soutien des faces abaxiale et adaxiale (C, D), à La Marsa (A et C) et à Port-Cros (B et D).

(ii) le mésophylle sous l'hypoderme est pratiquement identique dans les deux cas, avec des cellules de parenchyme d'assez grande taille délimitant de petites lacunes aérifères. Il convient cependant de souligner la présence d'un plus grand nombre de cellules à tanin dans les spécimens d'Algérie, ainsi que, à proximité des expansions latérales, l'existence d'un hypoderme adaxial présentant des cellules plus allongées : (Fig. 18C).

(iii) la hauteur des cellules épidermiques (Fig. 18C et D) abaxiales et adaxiales diffère assez sensiblement dans les deux populations (Tableau 6), cette différence étant particulièrement marquée dans les gaines les plus épaisses.

(iv) le nombre de nervures (ou faisceaux xylémo-phloémiens) varie de 19 à 21 ( $x = 20.1$ ;  $n = 50$ ) à La Marsa, alors qu'il est de 15 à 18 (19 exceptionnellement) ( $x = 17.1$ ;  $n = 50$ ) à Port-Cros. Les valeurs diffèrent de façon significative au seuil de 0.05.

L'examen des limbes des feuilles des deux populations met également en évidence des similitudes générales et des caractères distinctifs.

(i) en vue faciale (feuille examinée à plat), les cellules épidermiques abaxiales et adaxiales, subrectangulaires dans le sens longitudinal, s'avèrent semblables, et ce dans les deux populations de *P. oceanica*, avec des dimensions de :  $22-30 \mu\text{m} \times 7-10 \mu\text{m}$ ;

(ii) par contre, les coupes transversales révèlent une différence notable : le nombre de couches de cellules parenchymateuses, constituant le mésophylle, varie de 5-6 à La Marsa et de 3-4 couches à Port-Cros.

(iii) le nombre de nervures varie de 15 à 17 ( $x = 16.6$ ;  $n = 50$ ) dans les échantillons de La Marsa et de 14 à 15 (16) ( $x = 14.9$ ;  $n = 50$ ) dans ceux de Port-Cros

Tableau 6. Comparaison des valeurs extrêmes des dimensions des cellules épidermiques en coupes transversales de *P. oceanica* dans les deux stations étudiées.

Epidermes		La Marsa	Port-Cros
Gaine	abaxial	largeur	10-18 $\mu\text{m}$
		hauteur	8-21 $\mu\text{m}$
	adaxial	largeur	15-20 $\mu\text{m}$
		hauteur	23-52 $\mu\text{m}$
Feuilles	épidermes	largeur	3-9 $\mu\text{m}$
		hauteur	17-24 $\mu\text{m}$

Les données récentes permettent de distinguer les différentes espèces de *Posidonia* par la largeur, l'épaisseur et le nombre de nervures des feuilles et des gaines. Sont également pris en compte les caractères des épidermes (forme externe des cellules, largeur x longueur), ainsi que, principalement pour les gaines, la localisation des fibres de soutien (sous l'épiderme, sous l'hypoderme, dans le mésophylle).

Parmi les huit espèces de *Posidonia* reconnues en Australie, le nombre de nervures observé dans les feuilles s'échelonne de 3-5 (*P. ostenfeldii* den Hartog) à 14-20 (*P. australis*). Les fibres de soutien peuvent être uniquement présentes sous l'épiderme ou l'hypoderme : espèces du groupe *P. australis* : *P. australis*, *P. angustifolia* Cambridge & Kuo, *P. sinuosa* Cambridge & Kuo; ou, en plus, dans le mésophylle : espèces du groupe *P. ostenfeldii* : *P. ostenfeldii*, *P. robertsoniae* Kuo & Cambridge, *P. denhartogii*, *P. coriacea* Cambridge & Kuo, *P. kirkmanii* Kuo & Cambridge (KUO, 1978; CAMBRIDGE et KUO, 1979 et CAMBRIDGE, 1984). Le nombre de nervures présentes dans les gaines s'étage de 9-15 (*P. coriacea*) à 13-21 (*P. australis*)

D'après la littérature, chez *P. oceanica* le nombre de nervures des feuilles varie de 11 à 15, celui des gaines de 13 à 17. Les fibres de soutien se situent uniquement en position sous-épidermique ou sous-hypodermique, jamais dans le mésophylle, les massifs de fibres étant toujours du côté abaxial (SAUVAGEAU, 1890c; HARTOG Den, 1970 et ALBERGONI *et al.*, 1978).

Il apparaît donc que les gaines des feuilles de la population de *P. oceanica* de La Marsa diffèrent par de nombreux paramètres des données classiques sur *P. oceanica* (confirmées par l'étude du matériel de Port-Cros), notamment par la forme et les dimensions (largeur x hauteur), en coupe transversale, des cellules épidermiques, par la forme et l'épaisseur de la paroi des fibres, et par le nombre de nervures (19-21 au lieu de 13-17); cette variation de nombre se retrouve dans les feuilles : 15-17 pour La Marsa, 14-15 pour Port-Cros.

Si l'on compare les espèces australiennes aux échantillons de La Marsa, la seule qui puisse en être rapprochée est *P. australis* en ce qui concerne la largeur des feuilles, la localisation des fibres et le nombre des nervures, quoique le nombre de 21 nervures dans la gaine soit exceptionnel pour *P. australis* (14-20) alors qu'il s'avère très fréquent pour *P. oceanica* de La Marsa. Une différence notable apparaît cependant au niveau des cellules épidermiques : le rapport l/L est de 1-1.5 chez *P. australis* et de 1-3(5) chez *P. oceanica* de La Marsa.

#### 1.4. Conclusions

Alors que l'on considérait qu'une seule espèce du genre *Posidonia*, *P. australis*, était présente en Australie, depuis 1980 de nombreuses espèces jusqu'alors confondues y ont été distinguées, en grande partie en fonction de caractères morphologiques et anatomiques.

En revanche, en Méditerranée, l'homogénéité de l'unique espèce endémique connue, *P. oceanica*, n'a, pour le moment, guère été mise en doute. Seuls, CONTANDRIOPOULOS et VERLAQUE (1984) soulignent brièvement l'existence de variations morphologiques chez certaines populations de *P. oceanica* de Méditerranée orientale, et suggèrent la nécessité d'une étude caryologique plus approfondie.

La rareté de la reproduction sexuée (au moins dans le bassin Nord-Occidental) chez *P. oceanica*, l'isolement de certaines populations, dûs à la géographie compliquée et cloisonnée de la Méditerranée, peuvent laisser supposer que des taxons distincts pourraient s'être différenciés localement dans plusieurs bassins. Compte tenu de l'ancienneté de ce genre

(STOCKMANS, 1932) et de l'histoire très perturbée de la Méditerranée au cours des temps géologiques, il semble assez probable que des phénomènes de spéciation ou de différenciation ont pu s'y dérouler, et se poursuivre même actuellement grâce à une dérive génique.

La découverte à la Marsa, d'une population de *Posidonia* nettement individualisée par rapport à la description classique de l'espèce *P. oceanica* (largeur des feuilles et nombre de nervures, dans les gaines et les feuilles, nettement supérieurs, caryotype original, particularités anatomiques et histologiques) confirme que le genre *Posidonia* en Méditerranée n'est pas aussi homogène qu'on a pu le penser.

Il est possible que des *Posidonia* à feuilles larges soient présentes ailleurs en Méditerranée. En effet, PIGNATTI (1982), dans sa flore d'Italie, mentionne l'existence de feuilles pouvant atteindre jusqu'à 15 mm de largeur; ceci signifie qu'il a pu avoir en main des échantillons comparables à ceux de La Marsa.

Pour le moment, il nous paraît prématuré de statuer sur la position taxonomique de la population de La Marsa par rapport au concept classique de l'espèce *P. oceanica*. Il est certain qu'une éventuelle floraison de cette population serait susceptible de fournir de nouveaux éléments. Par ailleurs, il conviendra d'explorer de façon plus exhaustive, sur les plans morphologique, anatomique, histologique, caryologique et biochimique les *Posidonia* de l'ensemble des bassins de la Méditerranée, afin de résoudre le problème taxonomique de ce genre dans cette mer.

## 2. SEDIMENTOLOGIE

### 2.1. Résultats

L'étude granulométrique a été faite sur des sédiments récoltés dans la matte et dans l'intermatte. Les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux 7 et 8. Pour plus de commodité nous les avons présentés séparément.

#### 2.1.1. Sédiment des intermattes

Les résultats de l'analyse granulométrique ainsi que ceux des indices calculés sont consignés dans le tableau 7.

##### 2.1.1.1. La Marsa

Les valeurs du Tableau 7 indiquent que le sédiment, aux profondeurs de 2 et 8 mètres, est constitué principalement d'une fraction moyenne représentant plus de 50% du volume global, avec 66% à 8 mètres de profondeur. La teneur de la fraction grossière, moins importante, représente environ 35 %. Alors que la fraction fine, plus élevée à 2 m, reste relativement faible dans l'ensemble (Fig. 19).

Les indices calculés confirment que le sédiment de la matte est constitué d'un sédiment de sable grossier plus ou moins bien trié et bien classé. Le facteur hydrodynamique positif indique que des transports se font par les mouvements de l'eau (courants, hydrodynamisme). C'est dans les chenaux que la dynamique sédimentaire est la plus forte.

### 2.1.1.2. Tamentfoust

Contrairement à la Marsa, la fraction fine constitue l'élément prépondérant du sédiment dans cette station. Cette fraction représente plus de 70 % du volume global du sédiment (Fig. 20). Le taux de pélite est faible aux deux profondeurs (moins de 2 %). Les fractions grossières (10.8 à 12.4 %) et moyennes (18.5 à 11.9 %) sont beaucoup plus faibles dans l'ensemble.

Les indices confirment que le sédiment est constitué par des sables fins, bien triés (taille de grains très homogène) et très bien classés. L'indice d'asymétrie de la distribution négative indique une prépondérance des éléments fins.

Tableau 7. Valeurs des indices sédimentaires et valeurs en % des différentes fractions obtenues sur le sédiment de l'intermatte de *P. oceanica* dans les stations étudiées.

	La Marsa (-2m)	La Marsa (-8m)	Tamentfoust (-2m)	Tamentfoust (-8m)
TM (mm)	1.76	2.15	0.27	0.28
KG (phi)	2.32	1.11	2.55	4.74
DFI	0.53	0.77	0.50	0.26
FH	1.79	0.34	2.05	4.48
SKI	-0.20	0.10	0.50	0.60
Triage	1.80	1.20	1.40	1.40
% Pélite	2.53	0.88	1.83	0.89
% Fraction > 2mm	36.10	33.80	10.80	12.40
% Fraction 2 à 0.5 mm	49.60	66.00	18.50	11.90
% Fraction < 0.5mm	14.30	0.20	70.70	75.80

### 2.1.2. Sédiment de la matte de l'herbier

Les résultats de l'analyse granulométrique ainsi que ceux des indices calculés sont consignés dans le tableau 8.

#### 2.1.2.1. La Marsa

La teneur en fraction grossière est élevée et domine sur les autres fractions. Elle est importante quelle que soit la profondeur. Elle est de 48% à -8 m et peut atteindre 60.3% à la profondeur de 2 m. La fraction moyenne, légèrement inférieure à la fraction précédente (23.3 à 35.4%), est plus élevée à -8 m. La fraction fine reste faible (16%) aux deux niveaux bathymétriques; la teneur en pélite reste très faible. Les valeurs observées ne dépassent pas 2 % malgré la profondeur (Fig. 21).

Nous avons affaire à un sédiment de sable granuleux, mal trié, faiblement à non classé avec une normalité de distribution très peu accusée. Le facteur hydrodynamique négatif indique une difficulté de mise en mouvement des éléments lourds et un remaniement constant des particules plus fines d'où une teneur en pélite faible. L'hydrodynamisme fort au voisinage du littoral rocheux et les courants dans les chenaux de l'herbier en sont vraisemblablement à l'origine.

### 2.1.2.2. Tamentfoust

Au niveau de cette station la dominance de la fraction fine est prépondérante. Plus de 80 % à la profondeur 2 m et plus de 60 % à la profondeur 8 m. La teneur en pélite est beaucoup plus marquée. Les autres fractions sont plus faiblement représentées avec cependant une fraction moyenne beaucoup plus importante à la profondeur 8 m (32.4 %) (Fig. 22).

Les indices observés concordent avec la granulométrie sédimentaire. Le sédiment est constitué d'un sable fin, bien trié et bien calibré. L'action de l'hydrodynamisme est généralement absente dans cette zone.

Tableau 8. Données obtenues sur le sédiment de la matte de *P. oceanica* dans les stations étudiées.

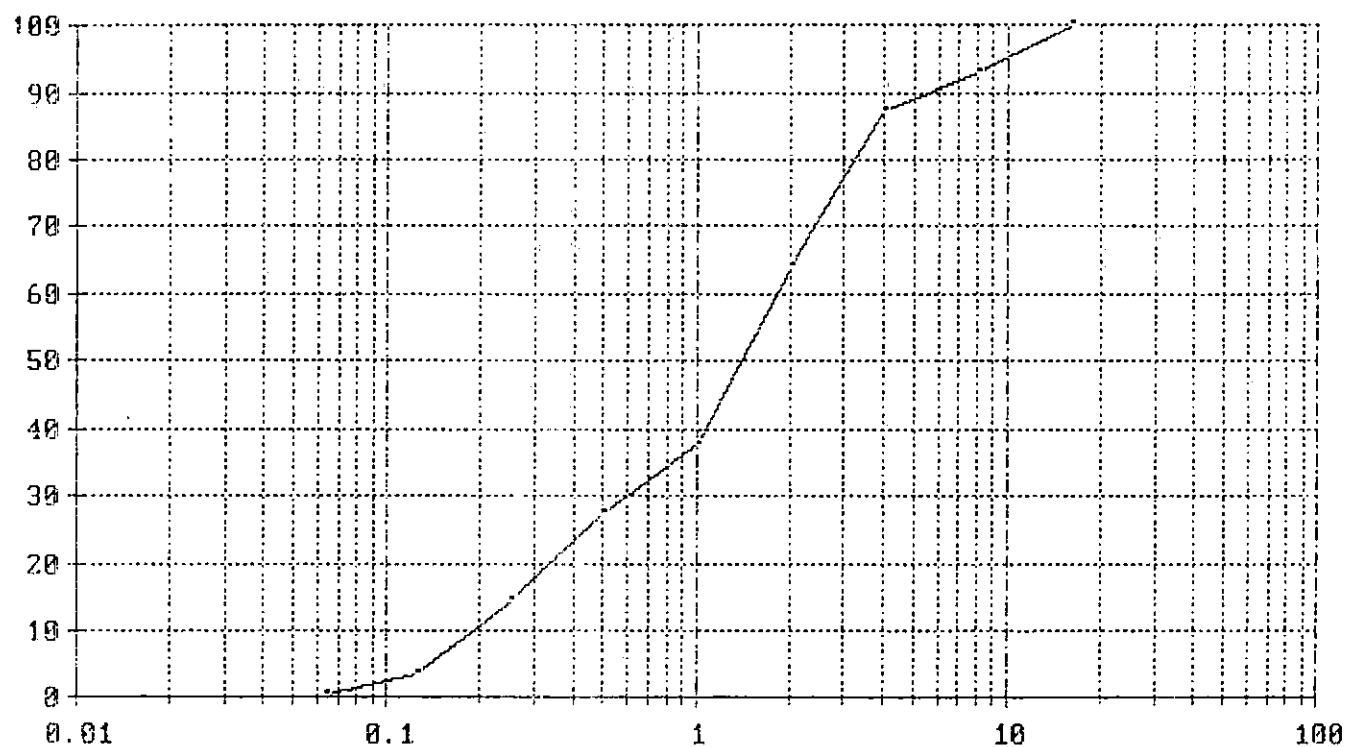
	La Marsa (-2m)		La Marsa (-8m)	Tamentfoust (-2m)		Tamentfoust (-8m)
	N°1	N°2		N°1	N°2	
TM (mm)	4.25	3.31	3.80	0.30	0.30	0.30
KG (phi)	0.83	0.63	0.78	-1.13	1.32	1.30
DFI	1.66	2.36	1.75	-0.87	0.74	0.76
FH	-0.83	-1.73	-0.97	-0.26	0.58	0.55
SKI	-0.40	-0.20	-0.20	0.30	0.30	0.30
Triage	2.30	2.60	2.20	1.40	1.40	1.40
% Pélite	1.30	2.00	1.50	34.75	43.36	30.40
% Fraction > 2mm	60.30	37.30	48.70	2.50	8.20	4.80
% Fraction 2 à 0.5 mm	23.30	29.70	35.40	11.40	14.40	32.40
% Fraction < 0.5mm	16.40	33.00	15.90	86.10	77.50	62.80

## 2.2. Discussion et conclusion

Le sédiment des mattes présente une très faible teneur en pélites et en sables fins dans la station de La Marsa, site ouvert et exposé aux houles du large; en revanche, dans le site abrité de Tamentfoust, les pélites constituent une large part du sédiment (en poids).

La structure des herbiers à *Posidonia oceanica* influe profondément sur la sédimentation littorale : les feuilles vivantes en place (dont le nombre varie en fonction de la densité des faisceaux) amortissent les courants (et les houles) et piègent les particules (notamment les particules fines) qu'ils transportent (sédiment allochtone) ainsi que les débris d'organismes ayant vécu dans l'herbier (sédiment biogène, autochtone) (BLANC, 1958; JEUDY DE GRISSAC, 1975; BLANC et JEUDY DE GRISSAC, 1978). L'herbier peut accroître de 30 à 40 % l'amortissement des houles, ce qui influe sur le dépôt ou le départ des sédiments. Cet amortissement est dû à la structure même de la matte, structure à la fois souple et rigide, qui peut absorber une partie de l'énergie de la houle (JEUDY DE GRISSAC et BOUDOURESQUE, 1985).

## MARS A2



## MARS B

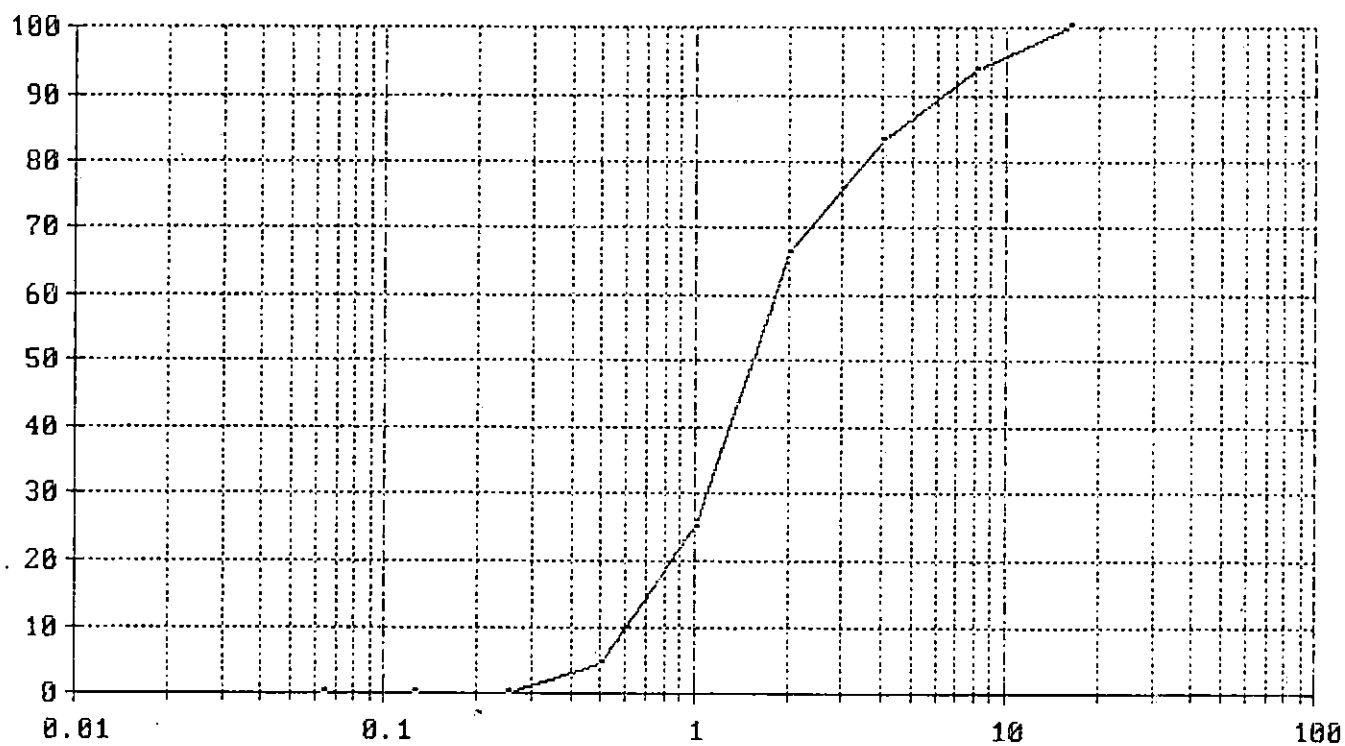
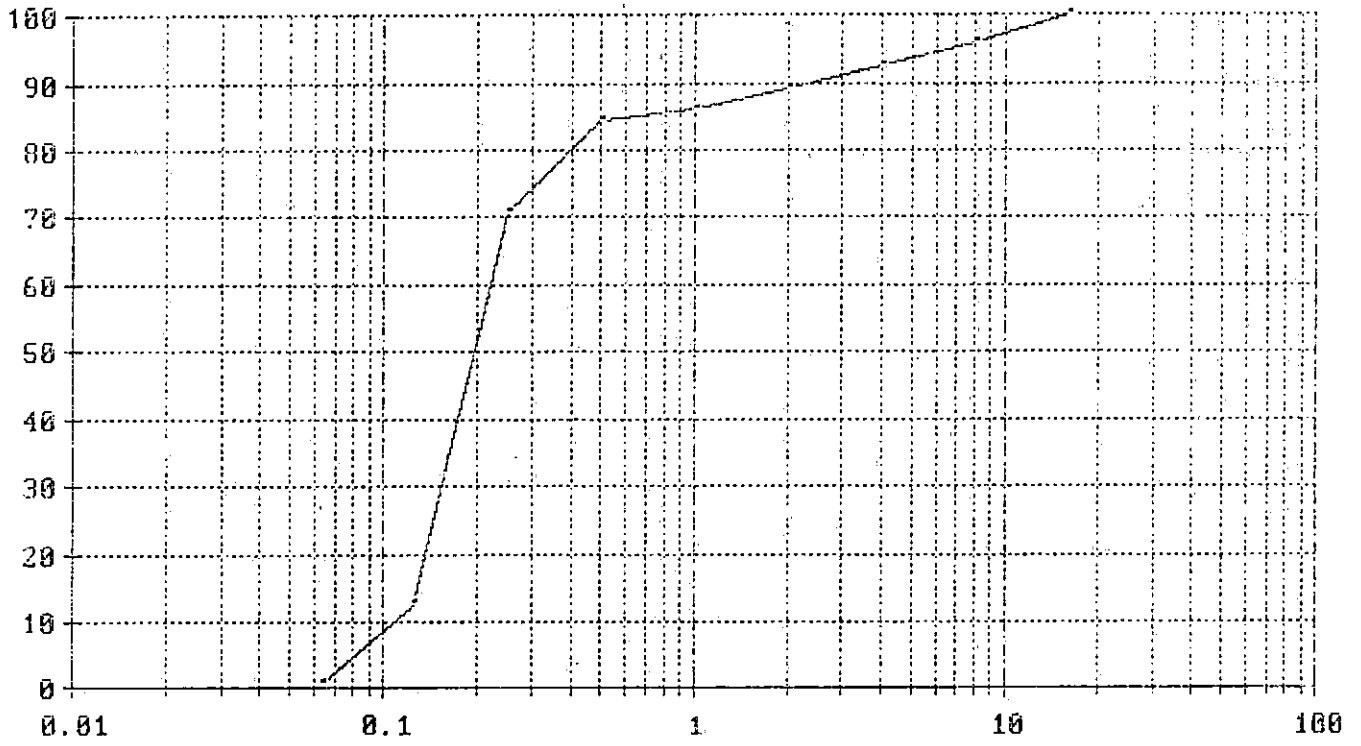


Fig.19. Courbes cumulées granulométriques du sédiment intermatte à La Marsa (-2 m) et à La Marsa (-8 m).

TAMENT2



TAMENT8

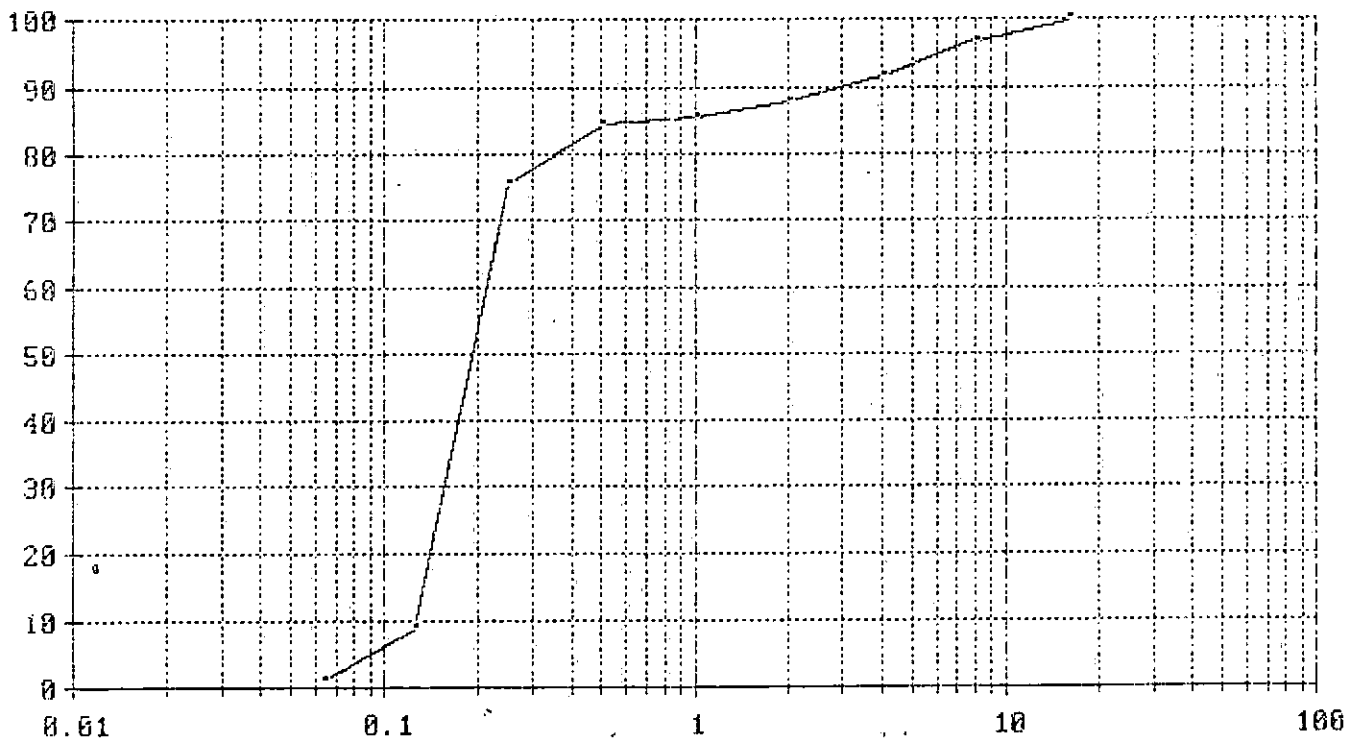
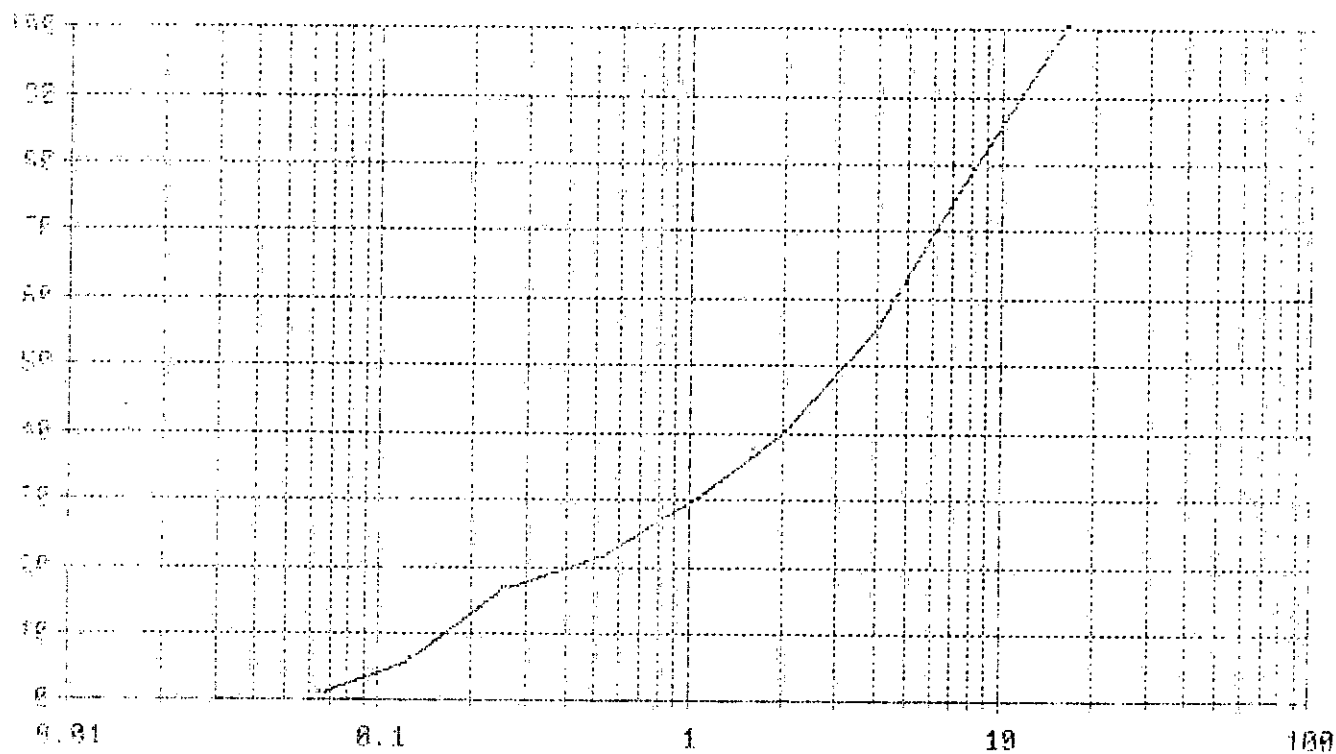


Fig.20. Courbes cumulées granulométriques du sédiment intermatte à Tamentfoust (-2 m) et à Tamentfoust (-8 m).

## MARSAS MATTE N°1



## MARSAS MATTE

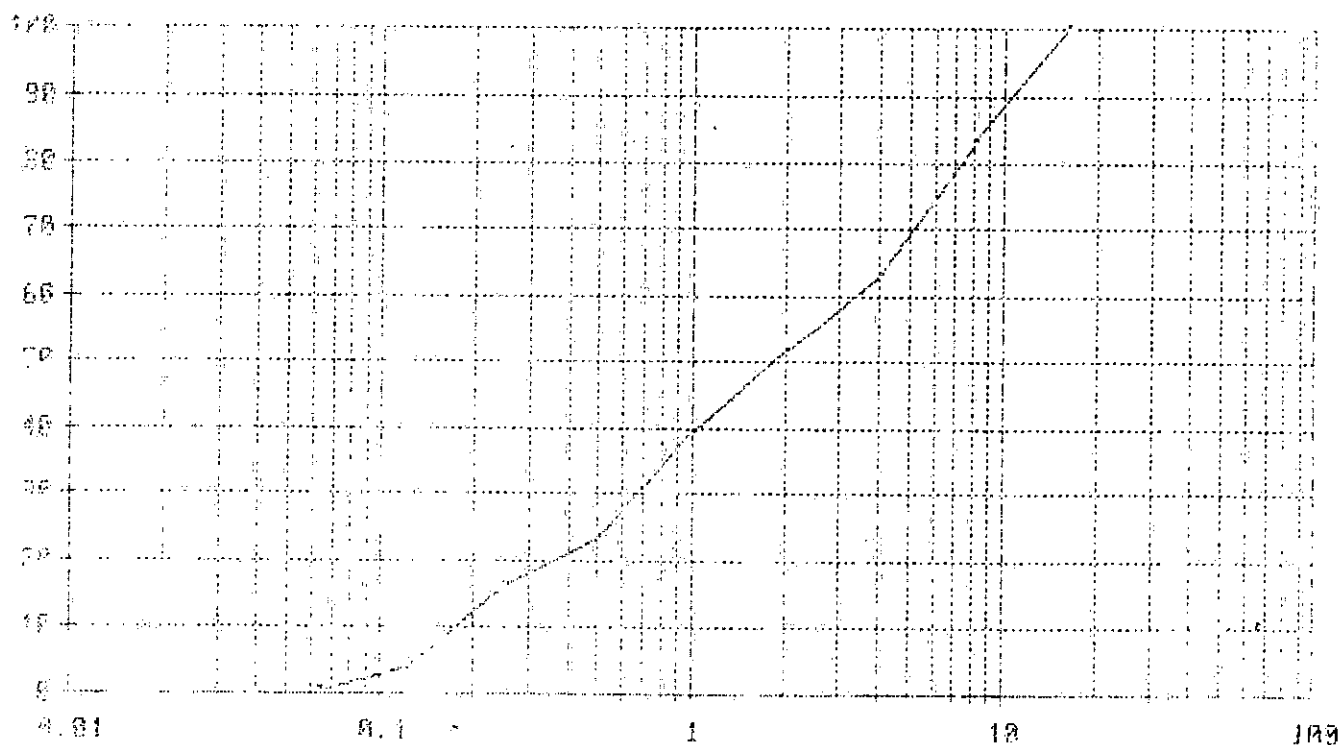
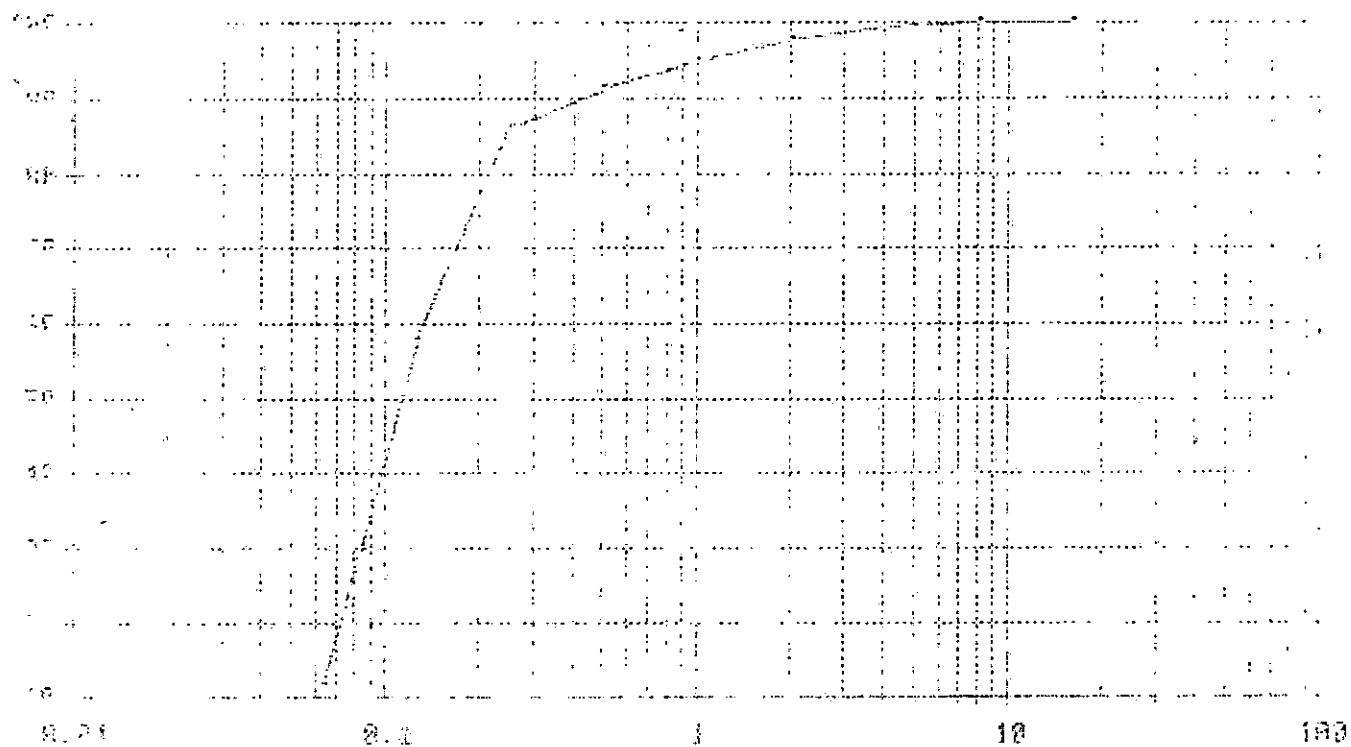


Fig. 21. courbes cumulées granulométriques du sédiment de la matte dans les herbiers de La Marsa (-2 m) et (-8 m).

## TAMENTFOUST MATTE N°1



## TAMENTFOUST MATTE

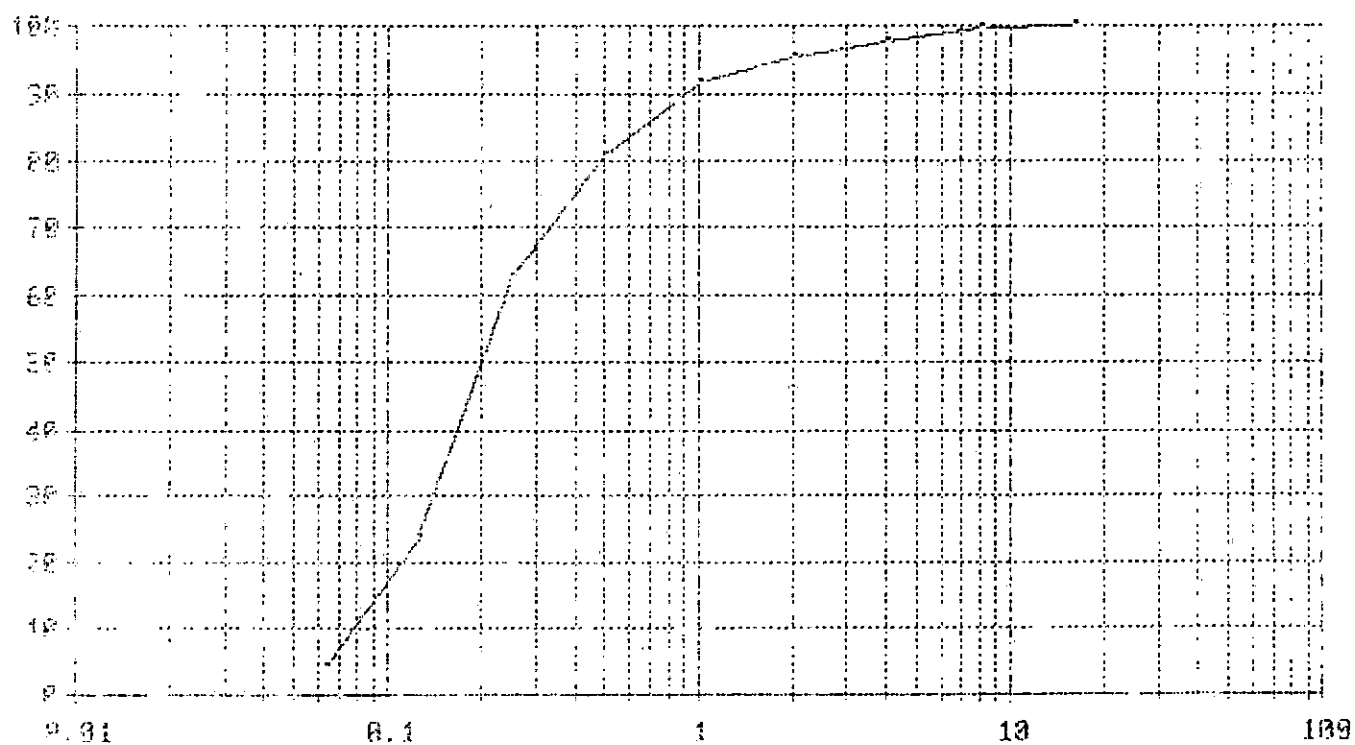


Fig. 22. courbes cumulées granulométriques du sédiment de la matte dans les herbiers de Tamentfoust (-2 m) et (-8 m).

A La Marsa, les fluctuations de la taille moyenne dans les prélèvements bruts soulignent l'existence de dépôts particulièrement grossiers ( $> 2$  mm) au niveau du promontoire du Cap Matifou. Les tailles moyennes plus faibles (0 à 0.8 mm) caractérisent en revanche les sédiments de baie à l'abri du cap Matifou comme à Tamentfoust. Les épandages terrigènes, provenant essentiellement de l'oued Hamiz, formeraient l'essentiel du volant sableux. Les caractères granulométriques de ces dépôts sont en grande partie hérités des épandages côtiers après sélection par la dynamique sédimentaire littorale.

L'augmentation de la taille moyenne ( $> 2$  mm) à la Marsa à -2 m, par rapport à la taille moyenne à la profondeur de -8 m, semble être une conséquence de la forte agitation régnant dans ce secteur, où s'exerce la concentration de l'énergie des vagues et des courants. Inversement, la baisse de la taille moyenne à -8 m pourrait être liée à l'existence d'un calme relatif (ORSOLINI, 1978).

Les bonnes valeurs du classement observées à Tamentfoust correspondent à des dépôts ayant subi une sélection de leurs éléments. Il s'agit généralement de sédiment mobiles soumis à un agent de transport homogène. Les meilleurs classements intéressent les sables du prisme littoral. Ces sables sont constitués d'éléments fins correspondant à des apports terrigènes des oueds côtiers après un tri sélectif introduit par des agents de la dynamique littorale. La station de Tamentfoust correspond à une aire de forte concentration en pélites et se caractérise par un secteur calme et bien abrité.

Les dépôts de l'herbier à Posidonies sont caractérisés par la présence d'une forte proportion de matière organique due à la productivité élevée de la biocénose et au caractère réducteur de la matrice comme nous l'avons observé à la station de Tamentfoust.

En conclusion des études granulométriques on peut dire que la répartition des fractions théoriques et des valeurs des indices des sédiments bruts, par le sens de leur évolution, traduit l'intensité des processus hydrodynamiques agissant au niveau du fond. Les critères essentiels sont la teneur en éléments  $< 63\mu$  et le classement. Dans les zones, fortement agitées, comme à La Marsa, les sédiments sont lessivés et bien classés. Les sédiments de Tamentfoust, plus envasés et mal classés, correspondent à des aires plus calmes ou à des dépôts stabilisés (dépôts d'herbier).

### 3. POSIDONIA OCEANICA ET SES EPIPHYTES

#### 3.1. Phénologie

##### 3.1.1. Densité des faisceaux

La densité des faisceaux de *Posidonia oceanica* (Tableau 9) diminue avec la profondeur comme cela a été observé par de nombreux auteurs (DREW, 1971; DREW et JUPP, 1976; BAY, 1979; CRISTIANI, 1980; GIRAUD, 1977a; GIRAUD *et al.*, 1977; PERGENT, 1987; PERGENT *et al.*, 1985; ROMERO-MARTINENGO, 1985; BUJA *et al.*, 1985). La plus forte densité est à La Marsa (-2 m) avec 476 faisceaux / m<sup>2</sup>. C'est un herbier dense de type II (GIRAUD, 1977). A Tamentfoust toujours pour la même profondeur on est en

présence d'un herbier *très clairsemé* (type IV). Une différence notable existe donc entre ces deux stations. Pour les stations -8 m, la densité est de type IV dit *semi-herbier*, à La Marsa et de type V *très clairsemé* à Tamentfoust. D'une façon générale, l'implantation de l'herbier à *Posidonia oceanica* et son maintien sont conditionnés par un ensemble de facteurs, dont la nature du substrat. Ainsi, il apparaît dans notre étude que l'herbier sur substrat dur (La Marsa) a une densité plus importante que celui sur substrat meuble (Tamentfoust), ce que confirment les observations de GIRAUD (1977). Le substrat rocheux constitue probablement un meilleur support pour les Posidonies dont les rhizomes s'implantent dans les anfractuosités de la roche où sable et matière organique sont déjà présents. Un travail similaire effectué par CRISTIANI (1980) dans le cadre d'une étude de la répartition des posidonies de la Côte Bleue a abouti aux mêmes conclusions. Le substrat ne constitue pas le seul facteur déterminant (DREW et JUPP, 1976; GIRAUD, 1977) : comme le font remarquer BOUDOURESQUE et MEINESZ (1982), la densité de l'herbier diminue également sous l'effet de la pollution. La différence que nous observons entre les stations de La Marsa et de Tamentfoust est certainement due également à la pollution et aux importants apports d'éléments terrigènes par l'oued Hamiz qui affectent cette dernière.

Tableau 9. Densité moyenne (m<sup>2</sup>) des faisceaux de *P. oceanica* dans les différentes stations étudiées (n = 10).

Station	La Marsa		Tamentfoust	
	Profondeur	Substrat	Profondeur	Substrat
	2m	8m	2m	8m
	roche	sable-grossier roche	sable matte	sable-vaseux
Nb.Faisceaux / m <sup>2</sup>	476	172	275	114
Ecart-type	200	49	60	25

### 3.1.2. Structures des faisceaux

#### 3.1.2.1. Nombre de feuilles par faisceau

##### Nombre de feuilles global (adultes et intermédiaires)

Le nombre moyen de feuilles par faisceau (Tableau 10) varie sensiblement selon la saison. Le maximum est atteint au printemps (avril) et le minimum à l'automne (octobre) et ce quelle que soit la station. Le nombre moyen de feuilles par faisceau (moyenne annuelle) semble augmenter avec la profondeur (Fig.23 et 24). Cette augmentation est signalée par CINELLI *et al.* (1984) à Ischia (Italie); par PESSANI *et al.* (1984) en Sicile et par PERGENT (1987) à Banuyls-sur-Mer (France). Cependant cette modification du nombre moyen de feuilles en fonction de la profondeur n'est pas toujours notée : par les auteurs MAZZELLA et OTT (1984) et PIRC (1984) à Ischia et PERGENT (1987) à Port-Cros (France).

##### Nombre de feuilles adultes et intermédiaires

Les proportions des différents types de feuilles constituant les faisceaux dépendent de la période où sont effectués les prélèvements. En effet, le nombre de feuilles de chaque catégorie varie au cours de l'année mais varie peu entre les stations (Tableau 11 et Fig. 23 et 24). Pour les feuilles adultes, on enregistre un nombre maximum généralement en été, et un minimum en avril sauf à La Marsa (-8m) où il est situé en janvier. Les feuilles

intermédiaires par contre présentent un maximum en avril pour l'ensemble des stations sauf pour la station La Marsa (-8m) où il se situe en janvier; le minimum est situé en période estivale pour toutes les stations. PANAYOTIDIS et GIRAUD (1981) dans une étude du cycle de renouvellement des feuilles de *P. oceanica* dans le golfe de Marseille concluent que le nombre moyen de feuilles intermédiaires atteint sa valeur minimale en septembre; sa valeur maximale se situe en décembre ou en avril. Pour les feuilles adultes + intermédiaires la maximale est en période froide, la valeur minimale à la fin de l'été.

Tableau 10. Nombre moyen de feuilles (adultes et intermédiaires) par faisceau dans les différentes stations étudiées. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = moyennes minima. moy. La moyenne annuelle est calculée d'après les valeurs d'octobre 1988 à juillet 1989.

	La Marsa(-2m)	La Marsa(-8m)	Tamentfoust(-2m)	Tamentfoust (-8m)
Avril 1988	6.4	6.8	4.9	6.8
Juin 1988	5.9	(5.4)	5.8	6.0
Octobre 1988	(5.0)	6.1	(5.5)	(5.4)
Janvier 1989	5.5	6.3	6.0	6.1
Avril 1989	6.1	6.7	6.2	5.7
Juillet 1989	5.9	6.2	5.7	5.8
moyenne annuelle.	5.6	6.3	5.8	5.8

Tableau 11. Nombre moyen de feuilles adultes (f.A) et de feuilles intermédiaires (f.I) par faisceau dans les différentes stations étudiées. Chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs minimales.

	La Marsa(-2m)		La Marsa(-8m)		Tamentfoust(-2m)		Tamentfoust (-8m)	
	f. A	f. I	f. A	f. I	f. A	f. I	f. A	f. I
Avril 1988	3.4	3.1	3.4	3.4	2.4	2.5	3.3	3.5
Juin 1988	3.5	2.4	3.1	(2.3)	3.5	2.3	3.8	(2.2)
Octobre 1988	3.2	(1.8)	3.5	2.6	3.3	(2.2)	3.0	2.4
Janvier 1989	2.7	2.8	(2.6)	3.7	2.6	3.4	2.7	3.4
Avril 1989	(2.5)	3.6	3.1	3.5	(2.0)	4.1	(1.6)	4.1
Juillet 1989	3.0	3.0	3.5	2.7	3.5	2.3	3.6	2.3

### Nombre de feuilles juvéniles

L'évolution du nombre de feuilles juvéniles, pour toutes les stations, au cours des saisons est sensiblement différente (Tableau 12 et Fig. 16 et 17), Elle présente une valeur maximale en automne (octobre), ce que confirment les résultats de PANAYOTIDIS (1980), PANAYOTIDIS et GIRAUD (1981) et PERGENT (1987).

Tableau 12. Nombre moyen de feuilles juvéniles par faisceau dans les différentes stations étudiées. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = les valeurs minimales.

	La Marsa(-2m)	La Marsa(-8m)	Tamentfoust(-2m)	Tamentfoust (-8m)
Avril 1988	2.2	1.5	(0.9)	(1.6)
Juin 1988	(2.0)	(1.5)	2.2	2.5
Octobre 1988	3.8	3.6	3.4	3.5
Janvier 1989	3.1	2.4	3.0	2.8
Avril 1989	2.1	2.2	2.4	2.1
Juillet 1989	2.6	2.7	3.4	3.3

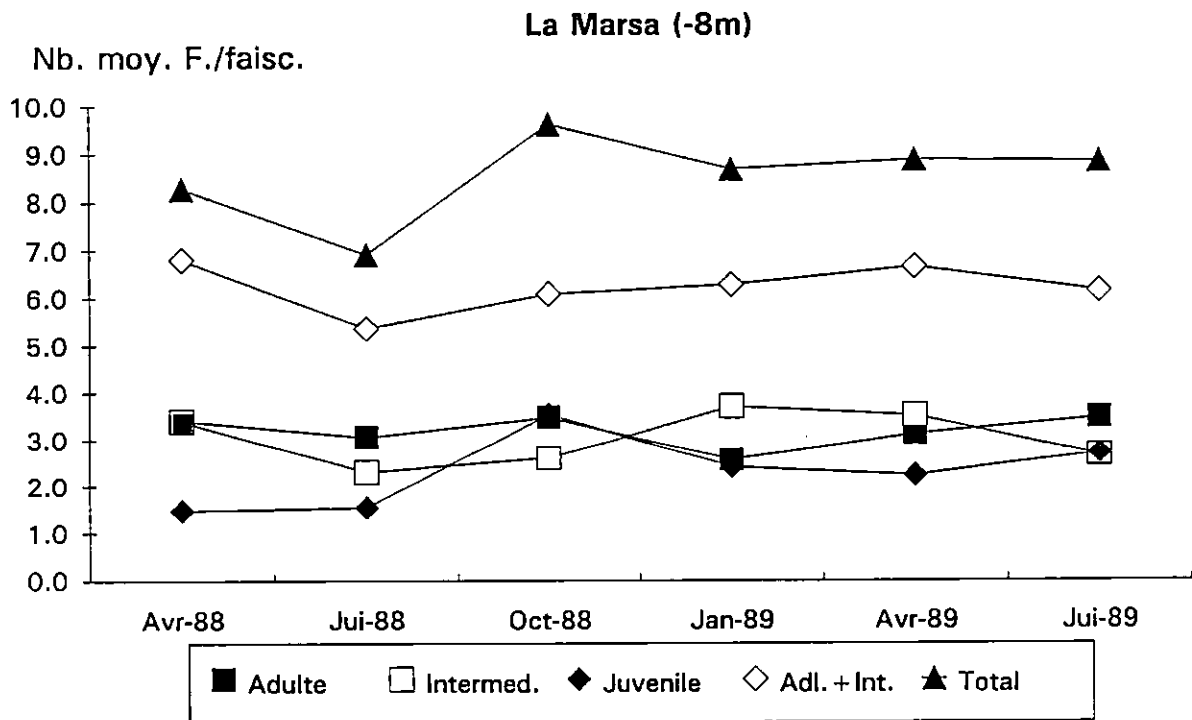
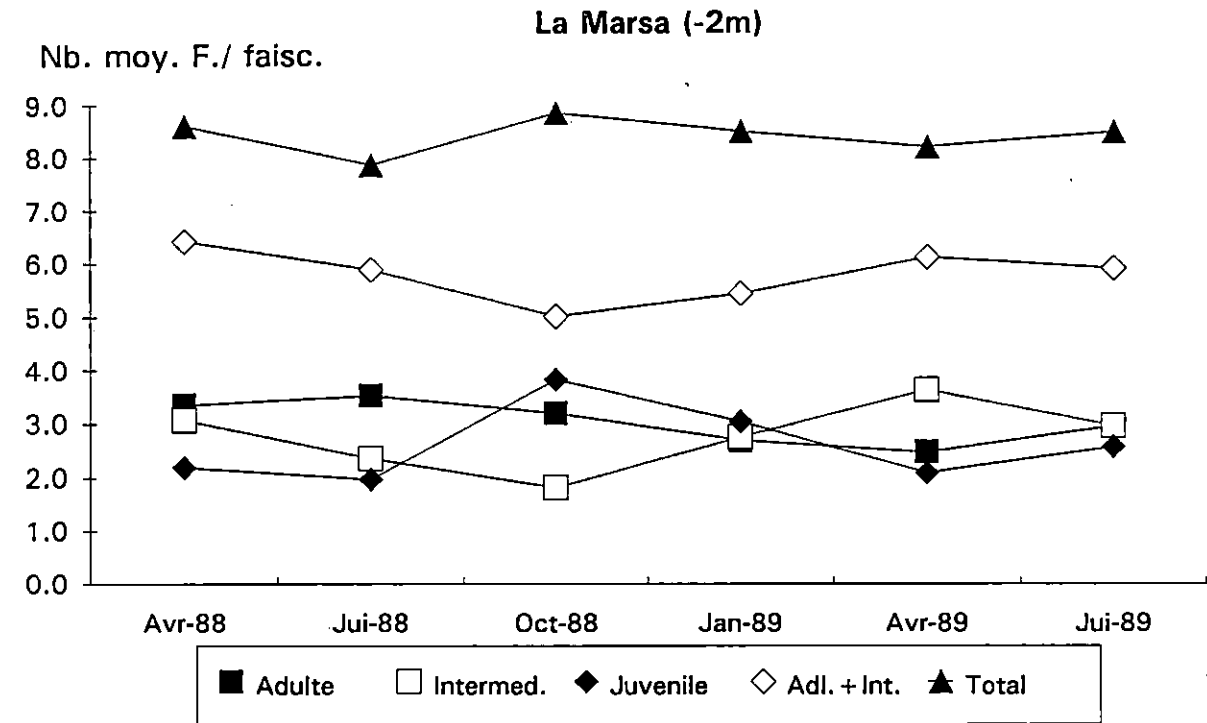


Fig. 23. Evolution saisonnière du nombre moyen de feuilles adultes, intermédiaires, juvéniles et globales par faisceau dans les stations de La Marsa à (-2 m) et (-8 m).

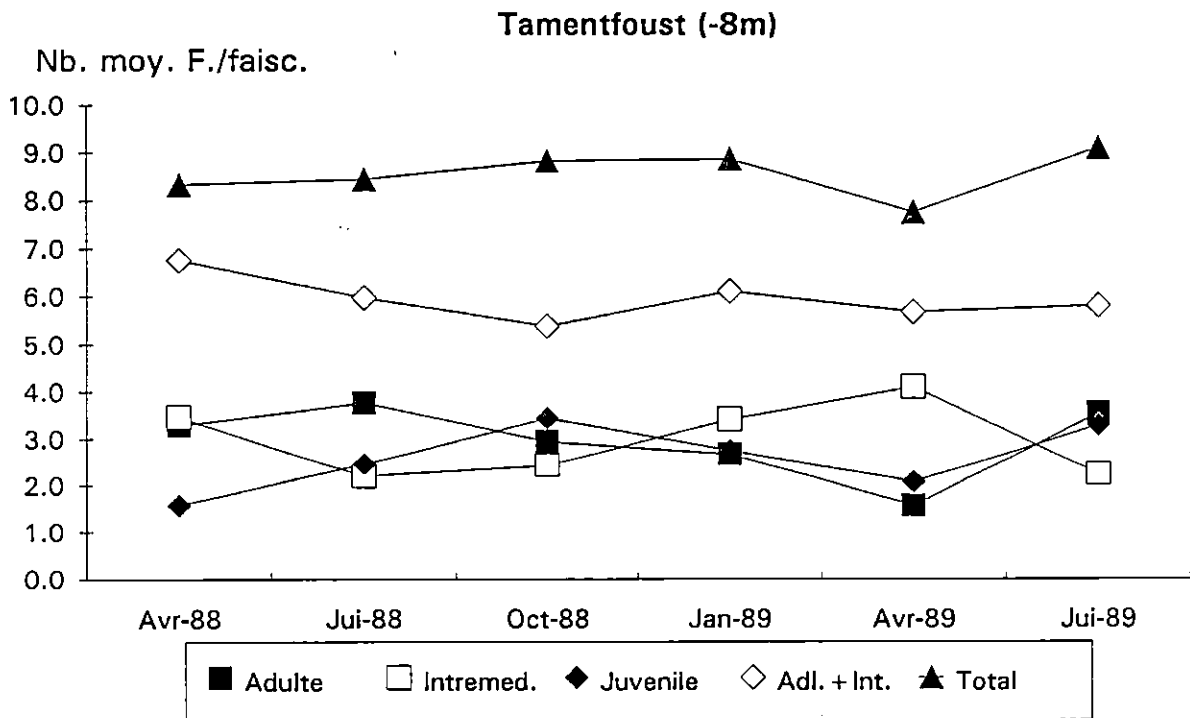
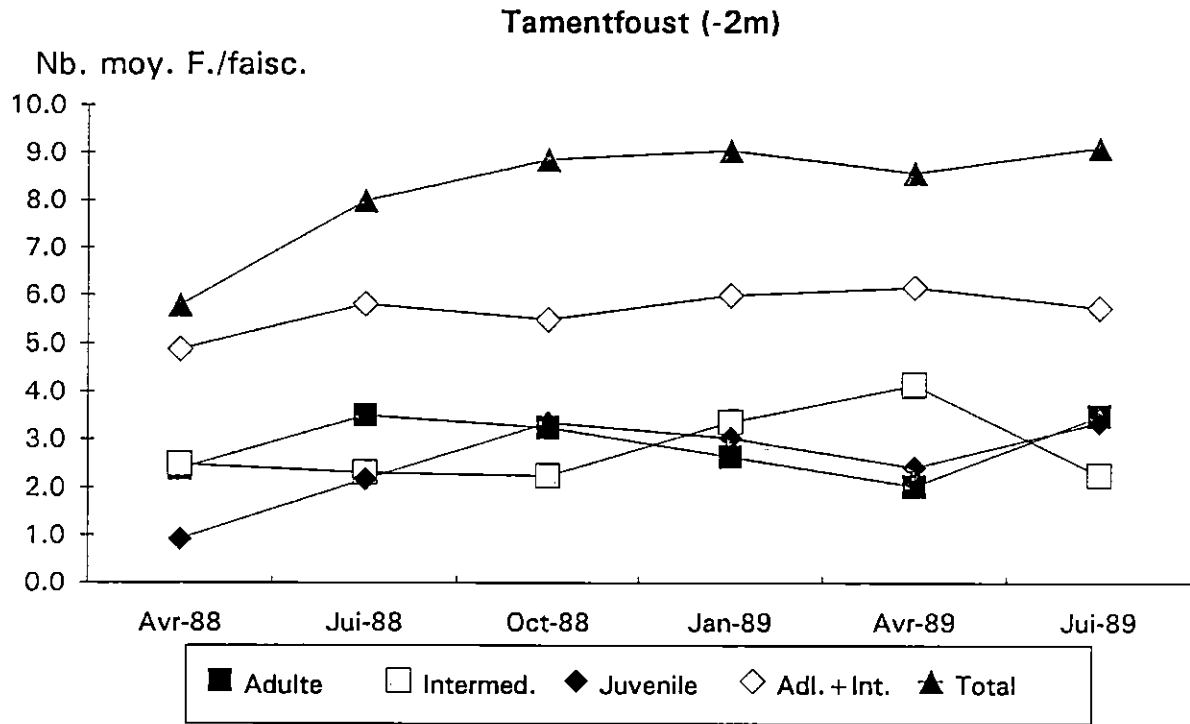


Fig. 24. Evolution saisonnière du nombre moyen de feuilles adultes, intermédiaires, juvéniles et globales par faisceau dans les stations de Tamentfoust à (-2 m) et (-8 m).

Le nombre moyen de feuilles (adultes + intermédiaires) par faisceau, 5 à 7 feuilles, de *P. oceanica* est sensiblement du même ordre de grandeur que celui rencontré dans la littérature (Tableau 13). Ce nombre est généralement maximum en automne; il peut subir une inversion que l'on constate par exemple à Banyuls. Les constatations que nous pouvons faire, sont qu'il n'y a pas de gradient géographique ni de gradient thermique. Cette variabilité du nombre moyen de feuilles par faisceau peut être due, soit au nombre de feuilles formées qui diffère d'une année à l'autre (confirmation apportée par la lépidochronologie PERGENT, 1987), soit par les conditions climatiques qui peuvent entraîner un décalage, de plusieurs mois, dans la chute des feuilles.

Tableau 13. Quelques données sur le nombre moyen de feuilles (adultes et intermédiaires) par faisceau de *Posidonia oceanica* dans la littérature. (\*) = nombre moyen de feuilles (adultes+intermédiaires+juvéniles); \*\* = valeur moyenne annuelle.

Pays	Localités	Références	Profondeur (m)	Nombre de feuilles / faisceau	
Egypte	El-Dabaa	Thelin <i>et al.</i> , 1985	8 -24	6.5 (automne) M	
				5.8 (printemps) m	
Egypte	Alexandrie	Mostafa, 1991	4.5	6.2 (été) M	
				5.2 (hiver) m	
France	Port-Cros	Thelin et Giorgi, 1984	0.7	7.5 (octobre) M	
				4.4 (juillet) m	
			2.2	6.2 (octobre) M	
				4.1 (juillet) m	
	Port-Cros	Libes, 1984	1-5	7.5 (automne) M	
				4.5 (juillet) m	
	Port-Cros	Pergent, 1987	2	7.4 (novembre) M	
				4.0 (août) m	
			11	6.2 (décembre) M	
				4.2 (août) m	
Banyuls		2	5.9 (mars) M		
			4.6 (juin) m		
France	Corse	Giraud <i>et al.</i> , 1976	10	6.3 (janv./avril) M	
				3.9 (septembre) m	
	Cassis			10	6.0 (mai-juin)
					5.2 (mai-juin)
	Cannes	Caye, 1989		3-4	7.6 (novembre) M
					6.7 (mai) m
	Golfe de Marseille	Panayotidis et Giraud, 1981		10	7-9 (décembre) M
					5-6 (septembre) m
	Grèce	Saronikos	Panayotidis et Samboura, 1989		4-5**
Italie	Ventimiglia	Caltagirone, 1986	2	7.7 **	
				8.0 **	
(Sardaigne)	Porto-Conte	Rico et Pergent; 1990	4-6	4.7 (juillet)	
				8-12	4.6 (juillet)
Italie	Côte ligure (Punta Manara)	Pessani <i>et al.</i> , 1987	5	6 (juillet)	
				10	5.6 (juillet)
	(Punta Garavano)		6	8.5 (juillet)	

Tableau 13 (suite). Quelques données sur le nombre moyen de feuilles (adultes et intermédiaires) par faisceau de *Posidonia oceanica* dans la littérature. (\*) = nombre moyen de feuilles (adultes+intermédiaires+juvéniles); \*\* = valeur moyenne annuelle.

Pays	Localités	Références	Profondeur (m)	Nombre de feuilles / faisceau	
(Sicile)	Iles Salina	Pessani <i>et al.</i> , 1984	5	5.6-6.5 (août)	
			15	6.2 (août)	
	Capo-Passero	Buia <i>et al.</i> , 1991 (*)	6-25	8.2-9.1 (novembre) M 7.8-8.2 (printemps) m	
(Ischia)	Lacco- Ameno	Mazzella et Ott, 1984	5	5.6 (décembre) M 4.4 (septembre) m	
			15	6.1 (février) M	
	Lacco Ameno	Cinelli <i>et al.</i> , 1984	5	5.0 (avril-mai)	
			15	5.2 (avril-mai)	
Malte		Drew, 1971	6	3.6**	
Turquie	Urla-Iskele	Pergent, 1987	2	7.3 (décembre) M 5.6 (août) m	
Algérie	La Marsa	nos données	2	6.4 (avril) M 5.0 (octobre) m	
			8	6.8 (avril) M 5.4 (juin) m	
	Tamentfoust			2	6.2 (avril) M 5.5 (octobre) m
				8	6.8 (avril) M 5.4 (octobre) m

### 3.1.2.2. Largeur des feuilles

La largeur des feuilles augmente à l'intérieur d'un faisceau de la feuille la plus centrale, rang le plus faible, la plus jeune, à la feuille la plus externe, la plus âgée, rang le plus élevé. Les feuilles en fin de croissance (feuilles adultes dont la largeur n'augmente plus), présentent une largeur moyenne qui varie peu au cours de l'année; les différences entre les maxima et les minima sont toutefois significatives à La Marsa et à Tamentfoust (-2 m). La largeur des feuilles adultes et intermédiaires (réunies pour comparaison avec les données de la littérature, les auteurs ne les distinguant pas), de *Posidonia oceanica*, peut varier de façon importante : les valeurs extrêmes mesurées sont de 7 mm et de 15 mm. Cette dernière est supérieure à celles relevées dans la littérature. La largeur moyenne des feuilles adultes augmente avec la profondeur à La Marsa de 10.8 à 11.5 (Tableau 14, Fig. 18 et 19) différence significative. Cette augmentation est déjà signalée par PESSANI *et al.* (1984) et PERGENT (1987). Cependant à Tamentfoust il se produit l'inverse; les feuilles de l'herbier superficiel sont plus larges; on passe d'une valeur de 10.8 mm à 10.5 mm (conditions particulières de la région, forte turbidité); une analyse de variance montre que cette différence est significative à 5%.

Les feuilles les plus larges sont portées par les faisceaux de l'herbier de La Marsa (-8 m). La largeur moyenne est comprise, et ce quelle que soit la saison, entre 11 et 12 mm. La largeur des feuilles peut atteindre très souvent 14 mm et même parfois 15 mm. La littérature ne mentionne jamais de telles valeurs. Il nous est apparu intéressant, compte tenu des données de la littérature, d'approfondir nos investigations en recherchant les raisons de la

largeur exceptionnelle des feuilles de cette plante, dont l'aspect général est inhabituel et perceptible visuellement.

Tableau 14. Largeur moyenne des feuilles adultes dans les différentes stations en fonction du mois de récolte des rhizomes :  $\bar{x}$ =moyenne (mm), (s.e)=erreur standard. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes minimales.

	La Marsa (-2m)		La Marsa (-8m)		Tamentfoust (-2m)		Tamentfoust (-8m)	
	$\bar{x}$ (mm)	(s e)	$\bar{x}$ (mm)	(s.e)	$\bar{x}$ (mm)	(s e)	$\bar{x}$ (mm)	(s e)
<b>Avril 1988</b>	<b>11.2</b>	0.07	11.5	0.06	11.0	0.06	10.5	0.06
<b>Juin 1988</b>	10.8	0.07	(11.1)	0.05	(10.7)	0.04	10.6	0.06
<b>Octobre 1988</b>	10.6	0.06	11.7	0.06	10.9	0.05	10.5	0.06
<b>Janvier 1989</b>	(10.5)	0.06	<b>11.7</b>	0.06	11.1	0.05	<b>10.7</b>	0.05
<b>Avril 1989</b>	11.1	0.10	11.5	0.05	10.9	0.09	(10.3)	0.08
<b>Juillet 1989</b>	11.0	0.07	11.3	0.05	11.0	0.05	10.6	0.04

La largeur moyenne des feuilles intermédiaires est toujours inférieure à celle des feuilles adultes pour une station donnée. Elles subit de légères variations saisonnières au sein d'une même station et d'une station à l'autre (Tableau 15, Fig.25 et 26). Les valeurs moyennes sont comprises entre 9 mm et 11 mm avec des valeurs extrêmes de 8 mm et de 12 mm. La largeur est maximale en octobre pour les stations profondes et en avril pour les stations superficielles. Comme pour les feuilles adultes ce sont les feuilles de La Marsa (-8 m) qui sont les plus larges (Tableau 15). Les minima se rencontrent entre octobre et janvier.

Tableau 15. Largeur moyenne (en mm) des feuilles intermédiaires dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes maximales.

	La Marsa (-2m)	La Marsa (-8m)	Tamentfoust (-2m)	Tamentfoust (-8m)
<b>Avril 1988</b>	10.4	10.5	<b>10.5</b>	10.0
<b>Juin 1988</b>	9.9	(10.3)	10.0	9.9
<b>Octobre 1988</b>	(9.5)	<b>11.1</b>	(9.3)	<b>10.1</b>
<b>Janvier 1989</b>	9.5	10.8	10.3	(9.0)
<b>Avril 1989</b>	<b>10.4</b>	10.9	10.2	9.9
<b>Juillet 1989</b>	10.1	10.6	10.1	9.8

La largeur moyenne des feuilles adultes et intermédiaires, ensemble, est comprise entre 10.5 mm et 12 mm. Les variations de la largeur suivent celles des feuilles adultes et des feuilles intermédiaires (Tableau 16, Fig. 25 et 26).

La largeur moyenne des feuilles juvéniles est comprise entre 5.7 mm et 6.1 mm pour l'ensemble des stations (Tableau 17, Fig. 25 et 26).

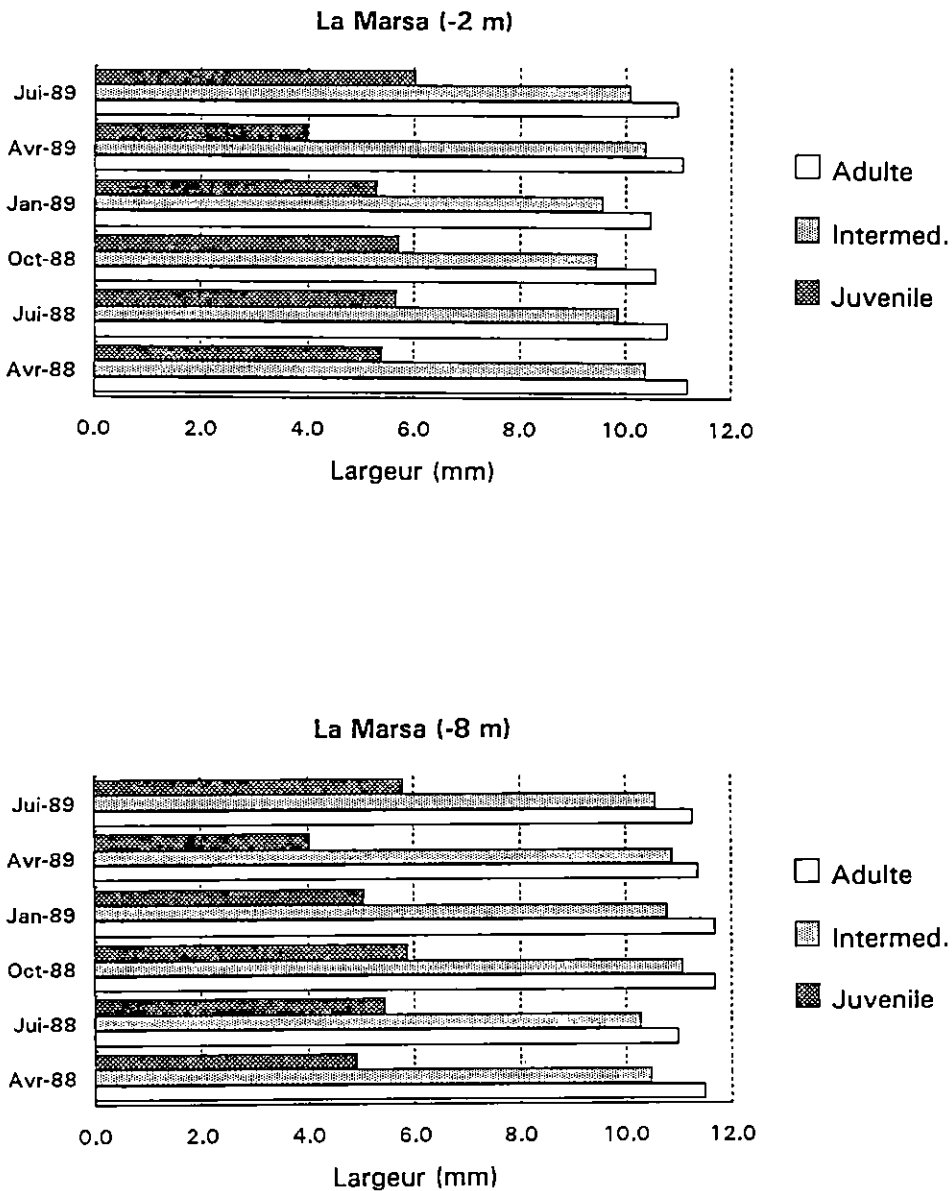


Fig. 25. Variation saisonnière de la largeur moyenne des feuilles adultes, intermédiaires et juvéniles dans les stations de La Marsa à (-2m) et (-8 m).

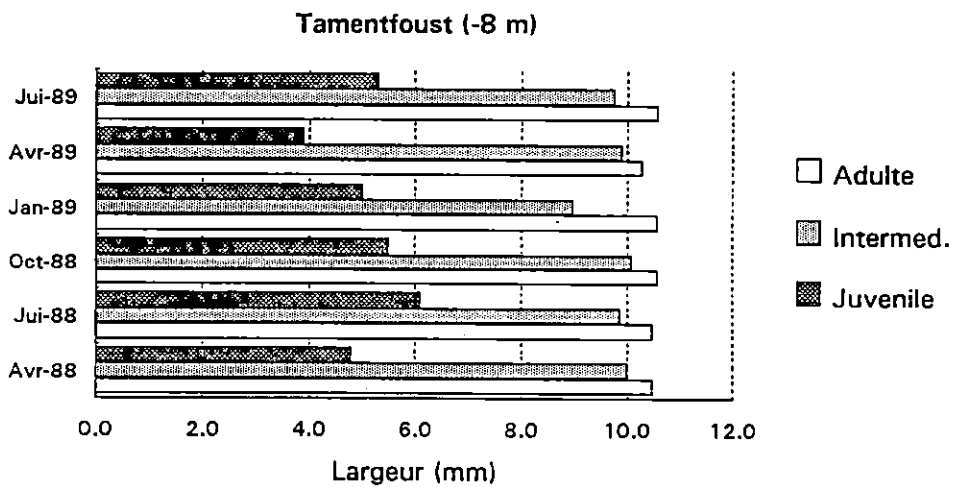
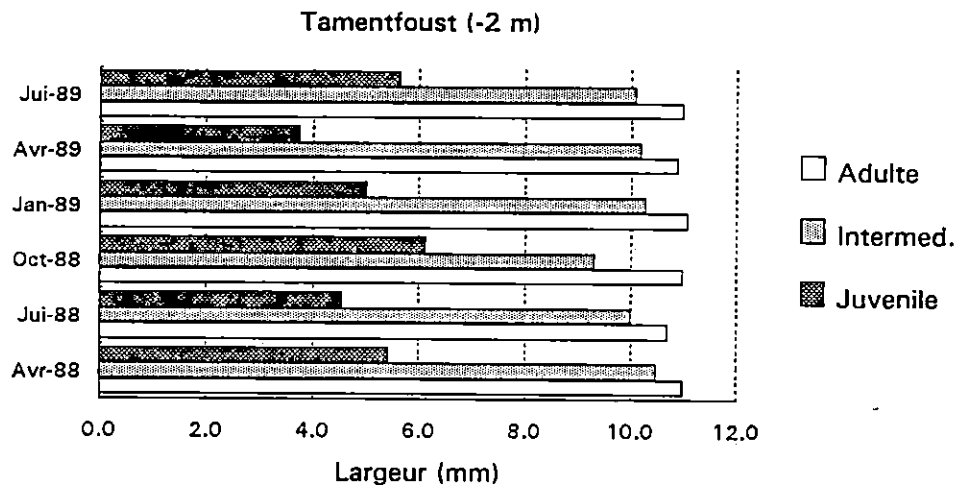


Fig. 26. Variation saisonnière de la largeur moyenne des feuilles adultes, intermédiaires et juvéniles dans les stations de Tamentfoust à (-2m) et (-8 m).

Tableau 16. Largeur moyenne (en mm) des feuilles (adultes et intermédiaires) dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes minimales.

	La Marsa (-2m)	La Marsa (-8m)	Tamentfoust (-2m)	Tamentfoust (-8m)
Avril 1988	10.8	11.0	<b>10.8</b>	10.3
Juin 1988	10.3	(10.7)	10.4	10.2
Octobre 1988	(10.0)	<b>11.4</b>	(10.2)	<b>10.4</b>
Janvier 1989	10.1	11.3	10.7	(9.8)
Avril 1989	<b>10.8</b>	11.2	10.6	10.1
Juillet 1989	10.6	11.0	10.6	10.2

Tableau 17. Largeur moyenne (en mm) des feuilles juvéniles dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima.

	La Marsa (-2m)	La Marsa (-8m)	Tamentfoust (-2m)	Tamentfoust (-8m)
Avril 1988	5.4	4.9	5.4	4.8
Juin 1988	5.7	5.5	4.6	<b>6.1</b>
Octobre 1988	5.7	<b>5.9</b>	<b>6.1</b>	5.5
Janvier 1989	5.3	5.1	5.0	5.0
Avril 1989	(4.0)	(4.0)	(3.8)	(3.9)
Juillet 1989	<b>6.0</b>	5.8	5.7	5.3

### 3.1.2.3. Longueur des pétioles (bases)

La longueur des pétioles varie avec le rang de la feuille. Elle est maximale pour les feuilles les plus âgées (rang élevé), leur croissance étant achevée (GIRAUD, 1977; THELIN et GIORGI, 1983; PERGENT, 1987). La longueur moyenne des pétioles varie non seulement avec le rang de la feuille, mais également avec la période de récolte des rhizomes et la station où a été fait le prélèvement (Tableau 18). L'analyse de variance que nous avons effectuée, pour tester ces variations saisonnières au sein d'une même station, montre qu'il existe des variations significatives (à 0.05). A Tamentfoust, l'évolution saisonnière suit sensiblement la même courbe aux deux profondeurs. A La Marsa en revanche, l'évolution saisonnière diffère en fonction de la profondeur (Fig. 27).

Tableau 18. Longueur moyenne des pétioles dans les différentes stations pour les périodes de prélèvement. x = moyenne, (s e) = erreur standard. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) les valeurs minimales.

	La Marsa (-2m)		La Marsa (-8m)		Tamentfoust (-2m)		Tamentfoust (-8m)	
	x (mm)	(s e)	x (mm)	(s.e)	x (mm)	(s e)	x (mm)	(s e)
Avril 1988	20.6	0.75	29.7	0.98	29.6	0.91	30.5	0.82
Juin 1988	19.8	0.55	29.6	0.97	29.0	0.81	29.4	0.94
Octobre 1988	(19.6)	0.60	(33.4)	0.97	27.3	0.79	(24.6)	0.79
Janvier 1989	20.6	0.80	34.5	1.18	(26.6)	0.98	26.7	0.91
Avril 1989	<b>28.4</b>	0.79	33.9	1.00	<b>33.1</b>	0.60	<b>34.1</b>	0.64
Juillet 1989	28.3	0.57	<b>38.5</b>	0.99	27.8	0.76	29.9	0.68

### La Marsa et Tamentfoust

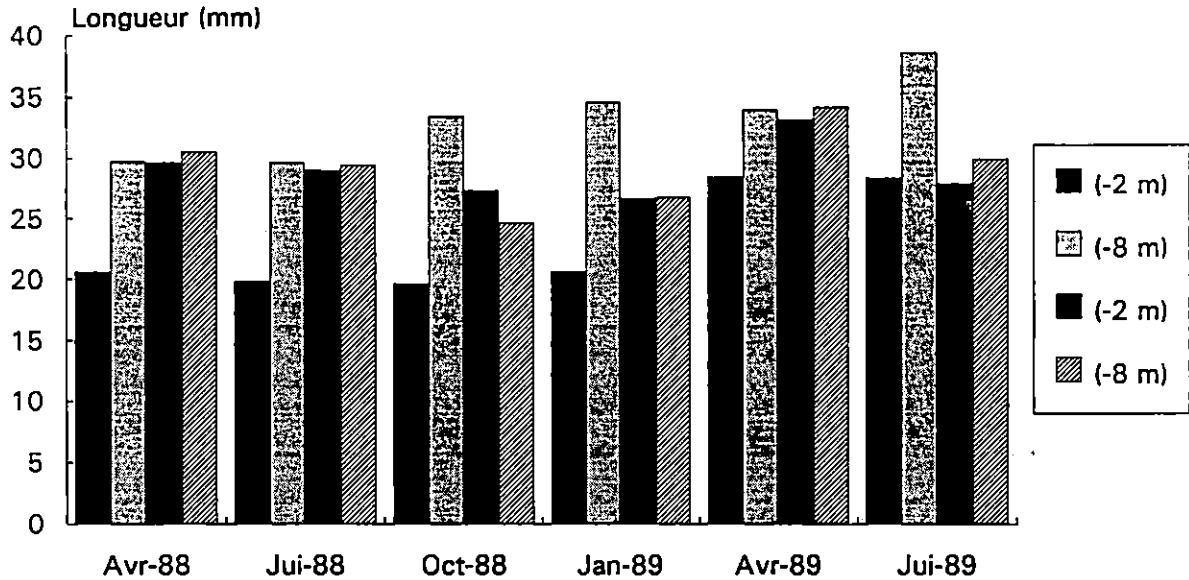


Fig. 27. Longueur moyenne des pétioles des feuilles adultes de *P. oceanica* des herbiers de La Marsa (-2 m et -8 m) et de Tamentfoust (-2 m et -8 m).

La longueur des pétioles varie avec le rang de la feuille et peut atteindre 64 mm à La Marsa (-8m) en juillet. On peut remarquer, à la station de La Marsa (-8 m) en particulier, que cette zone est occupée par un herbier où les plants ont des pétioles relativement plus développés qu'ailleurs (Tableau 19).

Tableau 19. Longueur maximum (en mm) des pétioles dans les différentes stations pour les périodes de prélèvement. Le chiffre en caractère gras représente le maximum. ( ) = valeurs moyennes minimales.

	La Marsa(-2m)	La Marsa(-8m)	Tamentfoust(-2m)	Tamentfoust (-8m)
Avril 1988	42	<b>64</b>	51	48
Juin 1988	37	(52)	54	48
Octobre 1988	(36)	56	<b>55</b>	(40)
Janvier 1989	49	58	(44)	44
Avril 1989	51	60	45	<b>52</b>
Juillet 1989	49	62	50	47

Les variations des longueurs moyennes des pétioles des feuilles adultes de premier rang (la feuille la plus externe) montrent que les tailles maximales sont toutes, quelle que soit la station, situées entre avril et juillet. Ces valeurs correspondent toujours aux longueurs maximales des feuilles adultes de premier rang (limbes) (Tableau 20). Comme GIRAUD (1977) et PERGENT (1987) l'ont démontré, ces deux paramètres sont liés, et présentent une corrélation hautement significative.

Tableau 20. Longueur moyenne (en mm) des pétioles (Lp) et des feuilles adultes de 1<sup>er</sup> rang (Lf) dans les différentes stations étudiées. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes minimales

	La Marsa(-2m)		La Marsa(-8m)		Tamentfoust(-2m)		Tamentfoust (-8m)	
	Lp	Lf	Lp	Lf	Lp	Lf	Lp	Lf
Avril 1988	28.9	122	39.7	215	36.2	122	36.7	182
Juin 1988	25.1	160	39.6	289	37.0	289	<b>38.3</b>	222
Octobre 1988	25.1	121	43.8	336	35.2	336	31.6	231
Janvier 1989	28.0	118	45.6	228	36.1	228	34.1	216
Avril 1989	<b>33.7</b>	121	42.2	274	35.7	274	35.4	217
Juillet 1989	31.9	187	<b>49.5</b>	374	36.7	<b>373</b>	36.4	306

Les valeurs que nous avons obtenues sont identiques aux valeurs de la littérature (données peu nombreuses) (Tableau 21).

Tableau 21. Données sur la longueur des pétioles (bases) de *Posidonia oceanica* relevées dans la littérature.

Pays	Localités	Références	Profondeurs (m)	Longueur du pétiole (mm)	période
France	Port-Cros	Pergent, 1987	2	28.5-34.9	(mars-avril)
			11	30.1-37.2	(mars-novembre)
	Banuyls		2	17.1	
			12	27.0	
	Port-Cros	Giorgi et Thelin, 1983	0.7	34.4	
			2.2	43.0	
	Marseille (Endoume) (Niolon)	Panayotidis, 1980	8-10	31-49	
			10-12	35-43	
Italie	Ventimiglia	Caltagirone, 1986	2	32.9	
			10	38.0	
Turquie	Urla-Iskele	Pergent, 1987	2	28.2	
Algérie	La Marsa	nos données	2	19.6-28.4	(octobre-avril)
			8	33.4-38.5	(octobre-juillet)
	Tamentfoust		2	26.6-33.1	(janvier-avril)
			8	24.6-34.1	(octobre-avril)

### 3.1.2.4. Longueur des feuilles

#### Longueur de feuilles adultes et intermédiaires

Indépendamment du rang et du type de feuille (adulte ou intermédiaire), la longueur moyenne des feuilles d'un relevé (Fig. 28 et 29) est une donnée intéressante à utiliser. Elle varie au cours de l'année avec un maximum en été (juin ou juillet) pour l'ensemble des stations. Le minimum se situe en octobre et janvier.

La longueur moyenne des feuilles (adultes et intermédiaires) varie également en fonction de la station (localité, profondeur). A La Marsa et à Tamentfoust on enregistre de grandes variations d'une station à l'autre (Tableau 22). En Méditerranée nord-occidentale, de nombreux auteurs mentionnent le même schéma (CAYE, 1980a; OTT, 1980; CAYE et

ROSSIGNOL, 1983; THELIN et GIORGI, 1984; PERGENT et PERGENT-MARTINI, 1988)

Tableau 22. Longueur moyenne des feuilles (adultes et intermédiaires) dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes : x=moyenne, (s.e)=erreur standard. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes minimales.

	La Marsa (-2m)		La Marsa (-8m)		Tamentfoust (-2m)		Tamentfoust (-8m)	
	x (mm)	(s e)	x (mm)	(s.e)	x (mm)	(s e)	x (mm)	(s e)
<b>Avril 1988</b>	189.6	3.20	334.5	6.80	244.0	5.32	296.9	5.55
<b>Juin 1988</b>	229.0	4.66	357.5	10.22	<b>302.0</b>	7.53	306.2	9.15
<b>Octobre 1988</b>	(125.5)	2.20	296.2	7.33	181.2	4.58	200.5	4.91
<b>Janvier 1989</b>	134.6	2.60	(281.6)	6.00	(157.6)	3.29	(198.2)	4.07
<b>Avril 1989</b>	200.5	4.01	321.8	5.11	194.4	3.45	271.2	5.26
<b>Juillet 1989</b>	254.4	6.36	445.0	10.88	283.4	7.21	<b>329.5</b>	7.60

### Longueur des feuilles adultes

Comme pour les feuilles adultes et intermédiaires considérées ensemble, la longueur des feuilles adultes (Tableau 23 et Fig. 28 et 29) est maximale en été (juillet) pour l'ensemble des stations. Les valeurs moyennes mesurées n'excèdent pas 52 cm. La longueur est plus importante pour les stations de -8 m. Le minimum se situe en janvier ou en octobre.

Cette situation résulte d'une part d'un recouvrement épiphytique nettement plus important près de la surface et d'autre part de conditions d'agitation moins marquées en profondeur. Les feuilles les plus longues ne dépassent généralement pas 1 m, avec une longueur maximum de 110 cm à La Marsa (-8m). Cela correspond aux données de la littérature concernant la Méditerranée nord-occidentale (GIRAUD, 1977; BAY, 1978; GIRAUD et al., 1979; CAYE, 1980; PANAYOTIDIS, 1980; GIRAUD et PANAYOTIDIS, 1981; PERGENT, 1987). Par exemple, dans les herbiers de profondeur autour de l'île d'Ischia (Italie), en été, des feuilles dépassant 1 m de longueur sont fréquentes (maximum observé : 1.42 m; GIRAUD et al., 1979).

Tableau 23. Longueur moyenne des feuilles adultes dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes : x=moyenne, (s.e)=erreur standard. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes minimales.

	La Marsa (-2m)		La Marsa (-8m)		Tamentfoust (-2m)		Tamentfoust (-8m)	
	x (mm)	(s e)	x (mm)	(s.e)	x (mm)	(s e)	x (mm)	(s e)
<b>Avril 1988</b>	179.	4.3	336	9.9	215	7.4	284	8.1
<b>Juin 1988</b>	236	5.8	388	13.0	300	9.2	344	11.2
<b>Octobre 1988</b>	(136)	2.6	375	8.8	212	5.4	254	5.1
<b>Janvier 1989</b>	139	3.6	328	8.7	166	5.6	245	5.6
<b>Avril 1989</b>	168	5.7	(319)	6.6	(161)	5.9	(239)	7.8
<b>Juillet 1989</b>	273	9.1	522	12.6	<b>334</b>	8.7	<b>404</b>	8.2

### Longueur des feuilles intermédiaires

Pour ce type de feuille, on enregistre des variations sensibles de la longueur, d'une part en fonction de la station étudiée (localité, profondeur) et d'autre part en fonction de la période de récolte (Tableau 24 et Fig. 28 et 29).

Dans toutes les stations la valeur maximale se situe en général entre avril et juillet et la valeur minimale en octobre.

La longueur moyenne des feuilles intermédiaires est presque toujours inférieure à celle des feuilles adultes à l'exception du mois d'avril où l'on assiste à une inversion de la longueur entre les feuilles adultes et intermédiaires. Cette inversion a été déjà mentionnée dans la littérature. (MOLINIER et ZEVACO, 1962; PERGENT, 1987). PANAYOTIDIS et GIRAUD (1981) situent l'inversion à la fin du mois de juin à Carry et à la Couronne (France).

Tableau 24. Longueur moyenne des feuilles intermédiaires dans les différentes stations en fonction du mois de récolte des rhizomes :  $\bar{x}$  = moyenne (mm), (s.e) = erreur standard. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes minimales.

	La Marsa (-2m)		La Marsa (-8m)		Tamentfoust (-2m)		Tamentfoust (-8m)	
	$\bar{x}$ (mm)	(s.e)	$\bar{x}$ (mm)	(s.e)	$\bar{x}$ (mm)	(s.e)	$\bar{x}$ (mm)	(s.e)
<b>Avril 1988</b>	200	4.5	332	9.3	271	7.0	<b>309</b>	7.4
<b>Juin 1988</b>	218	7.6	316	15.8	<b>304</b>	12.7	241	13.4
<b>Octobre 1988</b>	(105)	3.2	(190)	7.3	(135)	6.5	(137)	5.1
<b>Janvier 1989</b>	129	3.7	248	7.5	151	3.8	162	4.6
<b>Avril 1989</b>	222	5.1	324	7.6	210	3.9	283	6.4
<b>Juillet 1989</b>	<b>234</b>	8.6	<b>344</b>	16.3	203	9.6	210	8.7

### 3.1.2.5. Etude des polygones de fréquence de la longueur des feuilles

La mesure systématique des feuilles nous a permis de tracer des polygones de fréquence de taille. Ces polygones montrent que le classement des feuilles en deux type, adultes et intermédiaires (celui des feuilles juvéniles n'ayant pas été fait) correspond à une réalité biologique.

Les polygones de fréquence des longueurs des feuilles adultes et des feuilles intermédiaires ainsi que les polygones des feuilles globales (feuilles adultes + feuilles intermédiaires) sont représentés sur les figures 30, 31, 32 et 33.

Leur aspect général varie selon la saison, la profondeur, par contre, les variations observées entre les stations sont de faible ampleur.

Néanmoins, on remarque un certain étalement des classes au delà de 60 cm de longueur de feuille à La Marsa (-8m) et à Tamentfoust (-8m), ce qui exprime probablement un mode relativement plus calme (effet profondeur) et l'absence d'herbivores (cf. chapitre Echinodermes). Par contre, à Tamentfoust (-2m) et plus particulièrement à La Marsa (-2m), très peu de feuilles sont supérieures à 40 cm de long, résultat d'une importante exposition à l'hydrodynamisme. La présence d'importantes populations de *Paracentrotus lividus* essentiellement à La Marsa et de *P. lividus* et de *Sphaerechinus granularis* à Tamentfoust (cf. chapitre Echinodermes) pourrait être également à l'origine de la réduction des longueurs des feuilles (effet de broutage).

La reproductibilité des phénomènes saisonniers nous permet de faire l'analyse suivante :

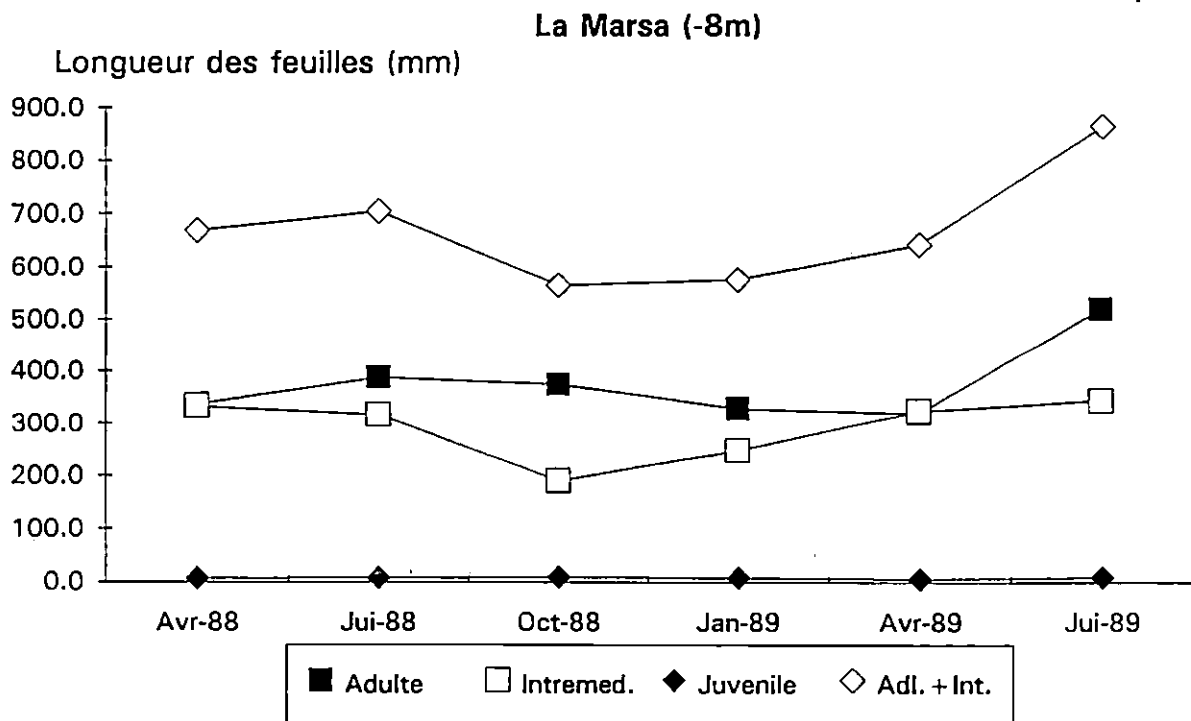
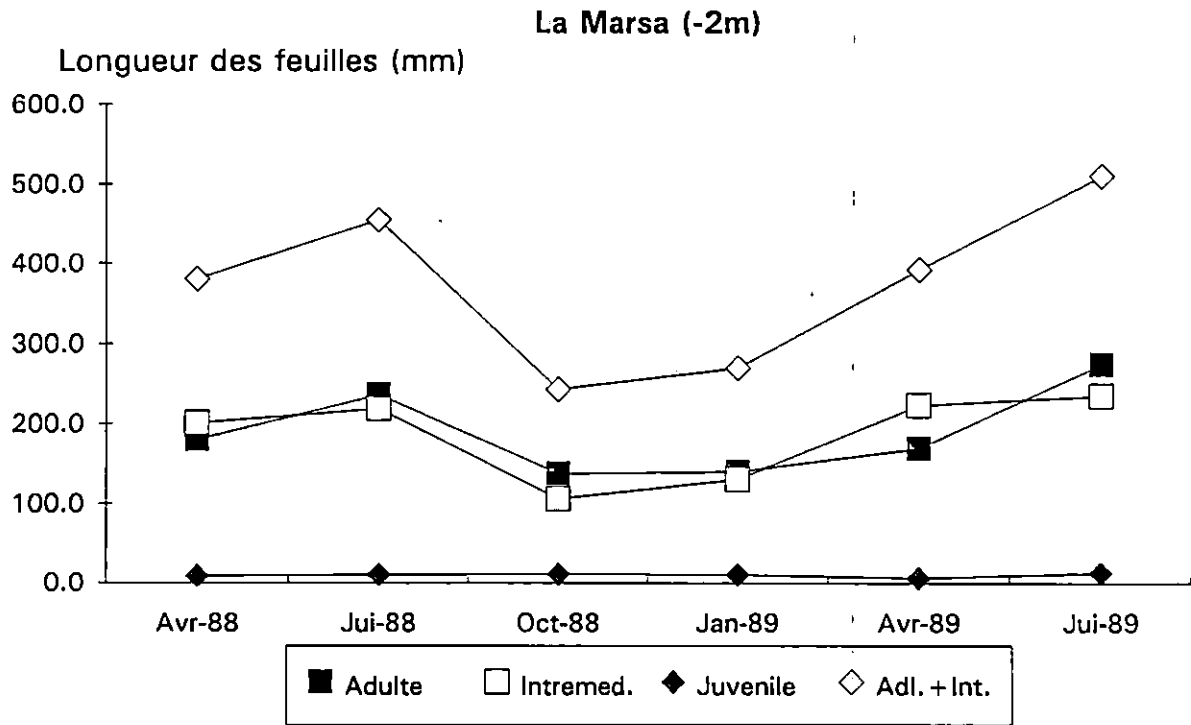


Fig. 28. Variation saisonnière de la longueur moyenne des feuilles adultes, intermédiaires, juvéniles et (adultes + intermédiaires) de *P. oceanica* de l'herbier des stations de La Marsa (-2 m et -8 m).

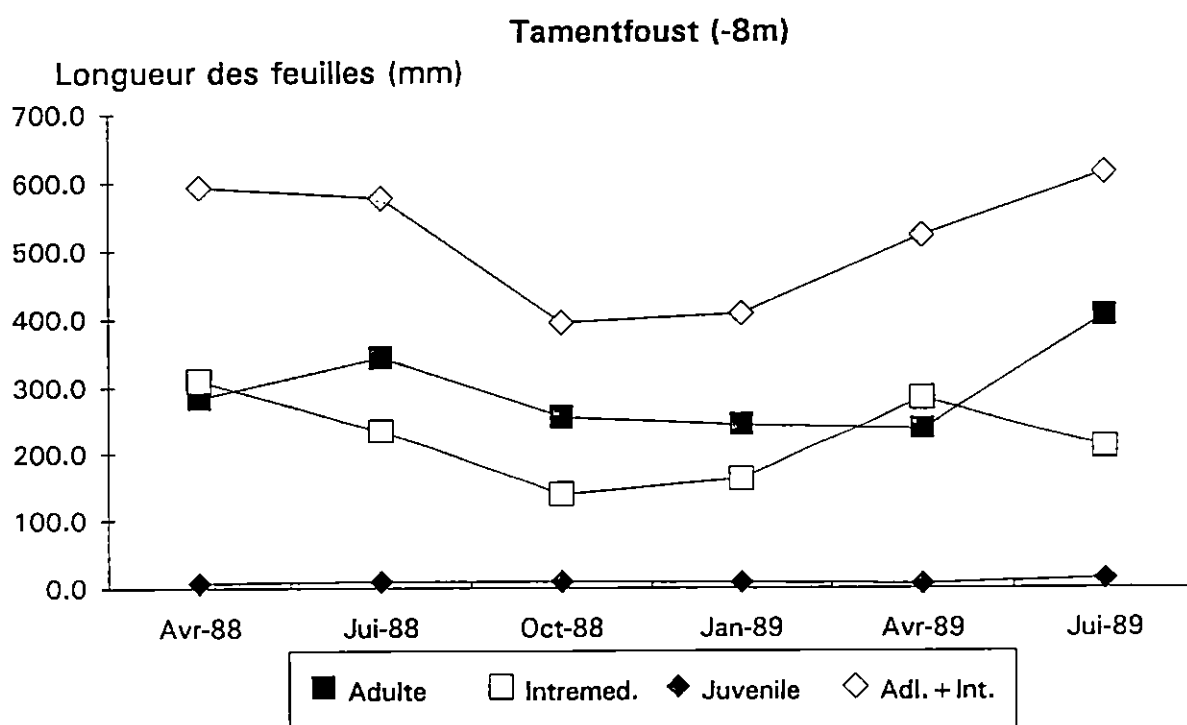
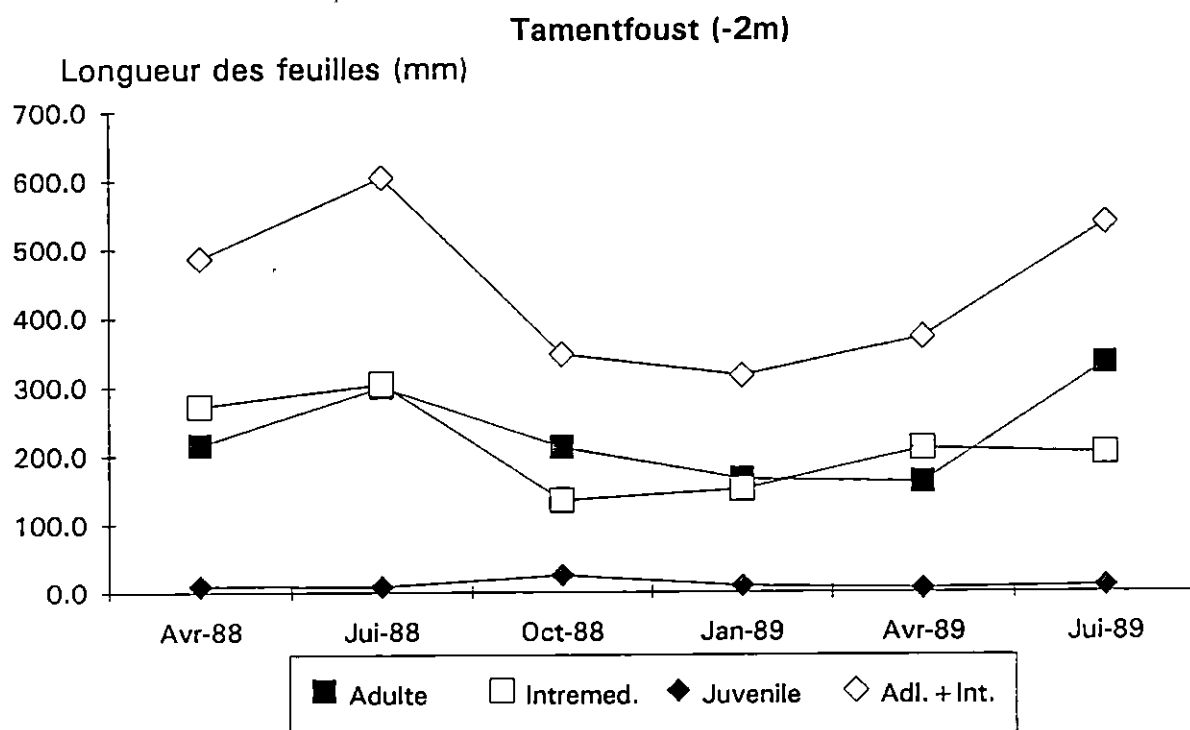


Fig. 29. Variation saisonnière de la longueur moyenne des feuilles adultes, intermédiaires, juvéniles et (adultes + intermédiaires) de *P. oceanica* de l'herbier des stations de Tamentfoust à (-2 m et -8 m).

**En octobre :** Pour les quatre stations, nous avons une image semblable. Les deux polygones sont nettement séparés; celui qui correspond aux feuilles intermédiaires se trouve toujours à gauche (faibles classes de taille) de celui des feuilles adultes. Les tailles des feuilles adultes et intermédiaires se répartissent de manière différente. Les différences entre les distributions de fréquence entre feuilles adultes et intermédiaires se traduisent graphiquement par l'existence d'un pic de feuilles adultes et d'un pic de feuilles intermédiaires décalés l'un par rapport à l'autre.

D'autre part l'étude détaillée des courbes de fréquence des feuilles adultes (Tableaux 25 et 26), montre que les feuilles les plus jeunes sont localisées dans la partie droite (c'est à dire vers les grandes classes de taille), les plus vieilles étant, au contraire, localisées dans la partie gauche (c'est à dire vers les plus petites classes de taille. En effet, la moyenne des longueurs des bases est inférieure, pour les feuilles situées à l'extrême droite; à celle des feuilles situées à l'extrême gauche des courbes de fréquence (Tableaux 25 et 26).

Cette polarité indique, selon GIRAUD (1977), une corrélation négative entre la longueur des limbes et la longueur des bases; cela signifierait que la population adulte est hétérogène quelle que soit la profondeur (mélange de feuilles adultes de la fin du cycle et des feuilles adultes du cycle en cours). Les courbes de fréquence des feuilles intermédiaires et des feuilles adultes sont le plus souvent bimodales.

**En janvier :** La disposition des deux polygones est la même qu'en octobre pour l'ensemble des stations avec une diminution de l'écart entre les deux polygones. Cet écart est plus évident pour la station de Tamentfoust (-2m) où les polygones tendraient à se surperposer. Les tailles des feuilles adultes et intermédiaires se répartissent donc de la même manière. La polarité définie précédemment indique une corrélation négative entre la longueur des limbes et la longueur des bases; cela signifierait que la population des feuilles adultes est encore hétérogène quelle que soit la profondeur (mélange de feuilles adultes de la fin du cycle et des feuilles adultes du cycle en cours).

**En avril :** On observe à partir de ce mois, l'image inverse de celle d'octobre: le polygone des feuilles intermédiaires se trouve maintenant légèrement à droite de celui des feuilles adultes, pour les stations superficielles, mais par contre, la superposition des deux polygones, amorcée en janvier est maintenant complète pour les stations plus profondes. Les courbes de fréquence des feuilles intermédiaires et des feuilles adultes sont unimodales. La coexistence des deux cycles successifs n'apparaît pas. La polarité des courbes de fréquence des feuilles adultes est la même qu'à la saison précédente. Ce dernier élément pourrait indiquer que des feuilles adultes de la génération d'hiver sont encore présentes, bien que ne constituant pas un pic. Une plus grande activité de la maturation des feuilles et de leur croissance en longueur apparaît dès cette saison. On peut penser que pour les stations superficielles, le passage du pic des intermédiaires à droite de celui des adultes s'est effectué avec un mois d'avance sur les stations plus profondes.

**En juillet :** On retrouve de nouveau une image inverse, avec passage des feuilles intermédiaires à gauche des feuilles adultes. Une plus grande activité de la maturation des feuilles et de leur croissance en longueur apparaît. En effet, le nombre de classes de tailles augmente particulièrement dès les stations profondes.

L'étude de la longueur des pétioles (Tableaux 27 et 28) des feuilles adultes nous permet, dans certains cas, de préciser le moment du passage des intermédiaires en adultes (Fig. 30, 31, 32, et 33). C'est le cas à Tamentfoust (-8m) en et à La Marsa (-8m) en octobre. C'est aux stations les plus profondes que ce phénomène est perceptible. Le polygone des feuilles adultes est bimodale. A Tamentfoust, le premier pic est situé entre les classes de taille des longueurs 10 et 20 cm, le second pic entre 40 et 50 cm. Les feuilles correspondant à ces pics ont respectivement 32 et 35 mm de longueur de pétiole. A La Marsa, on peut penser qu'un certain nombre de feuilles intermédiaires se sont récemment transformées en adultes, d'où l'existence d'adultes à courte base mais à limbe long (2ème pic). Un test de signification effectué pour les moyennes des deux stations ne permet pas de rejeter l'hypothèse de l'égalité de la longueur moyenne des pétioles.

Tableau 25. Etude des polygones de fréquence des feuilles adultes obtenus à La Marsa pour les périodes de prélèvements. Aux deux extrémités des courbes, ont été calculés, pour un même nombre (nb.) de feuilles, la moyenne (x) de la longueur des pétioles des feuilles adultes et un coefficient "A" (Coef. "A").

	La Marsa (-2m)					La Marsa (-8m)				
	nb.	Extrême gauche du polygone		Extrême droite du polygone		Extrême gauche du polygone		Extrême droite du polygone		
		x. base	Coef "A"	x. base	Coef "A"	x. base	Coef "A"	x. base	Coef "A"	
Avril 1988	20	22.5	100%	7.2	100%	30.9	100%	13.8	95%	
Juin 1988	20	22.0	95%	8.8	90%	29.1	95%	20.7	60%	
Octobre 1988	20	20.6	100%	14.9	100%	32.8	100%	39.0	85%	
Janvier 1989	20	20.9	100%	17.0	100%	37.9	100%	15.1	85%	
Avril 1989	20	32.4	100%	21.6	100%	38.6	100%	28.8	100%	
Juillet 1989	20	32.0	100%	21.8	100%	49.8	100%	25.9	95%	

Tableau 26. Etude des polygones de fréquence des feuilles adultes obtenus à Tamentfoust pour les périodes de prélèvements. Aux deux extrémités des courbes ont été calculés, pour un même nombre (nb.) de feuilles, la moyenne (x) de la longueur des pétioles des feuilles adultes et un coefficient "A" (Coef. "A").

	Tamentfoust (-2m)					Tamentfoust (-8m)				
	nb.	Extrême gauche du polygone		Extrême droite du polygone		Extrême gauche du polygone		Extrême droite du polygone		
		x. base	Coef "A"	x. base	Coef "A"	x. base	Coef "A"	x. base	Coef "A"	
Avril 1988	20	35.5	100%	18.3	100%	32.5	100%	13.7	75%	
Juin 1988	20	31.9	100%	17.7	100%	37.9	100%	18.0	100%	
Octobre 1988	20	31.8	100%	27.4	95%	28.8	100%	21.8	75%	
Janvier 1989	20	33.6	100%	8.9	100%	32.0	100%	16.0	55%	
Avril 1989	20	35.7	100%	25.6	100%	32.7	100%	35.2	100%	
Juillet 1989	20	34.0	100%	19.7	100%	34.4	95%	26.1	95%	

Dans un travail plus récent, CAYE (1989) donne l'explication et démontre que ce que GIRAUD (1977) appelait génération, en parlant de la longévité du cycle annuel des feuilles n'est autre qu'une apparition d'une nouvelle poussée de feuilles au cours de l'année. OTT (1980); ROMERO-MARTINENGO (1985) avaient déjà mis en évidence cette double apparition de feuilles au cours d'un cycle annuel et avaient introduit la notion de longévité des feuilles.

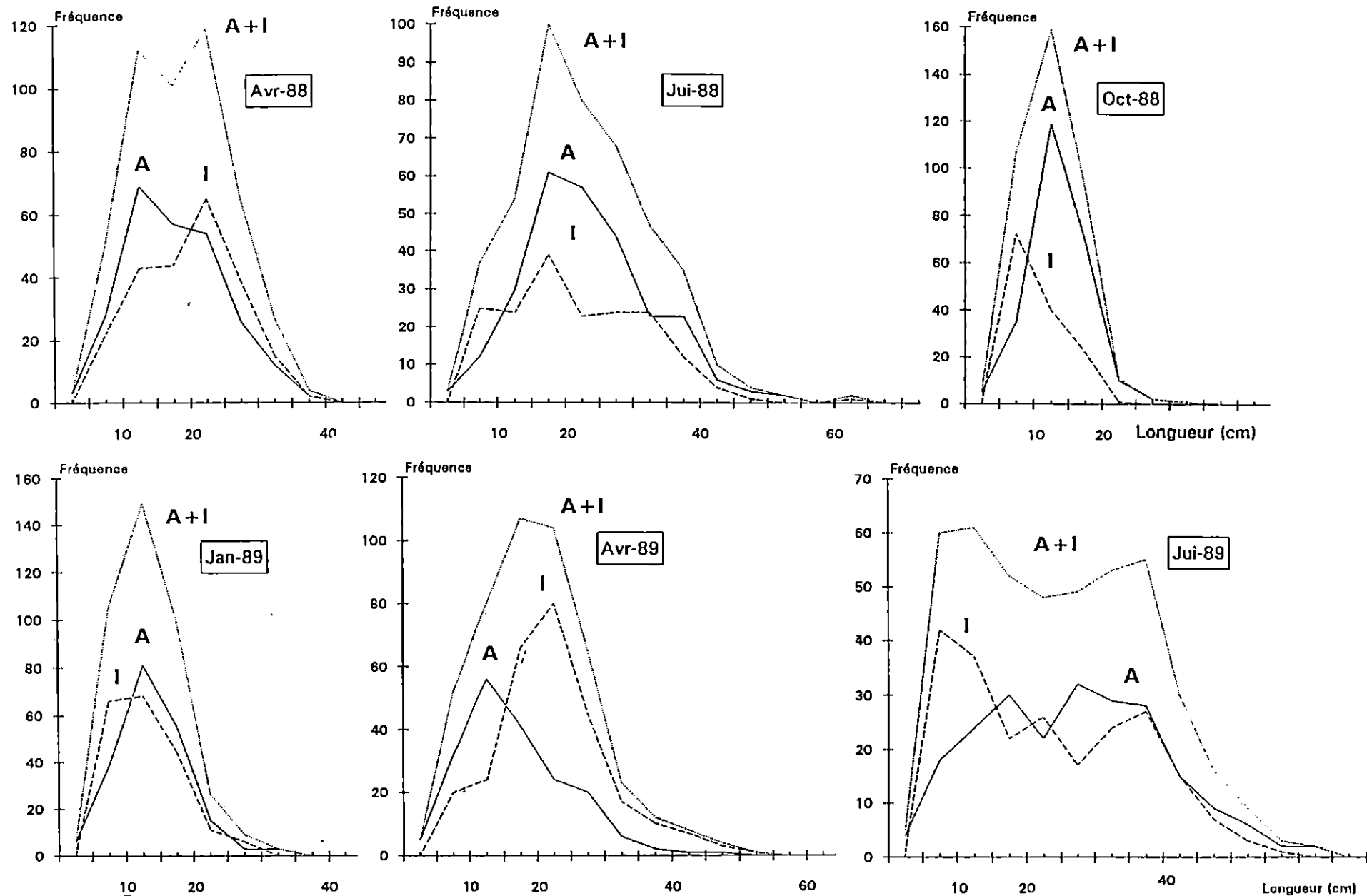


Fig. 30. Distribution spatiotemporelle des fréquences de longueur des feuilles de *P. oceanica* à La Marsa (-2 m) : (A) = feuilles adultes, (I) = feuilles intermédiaires et (A+I) = feuilles adultes et intermédiaires.

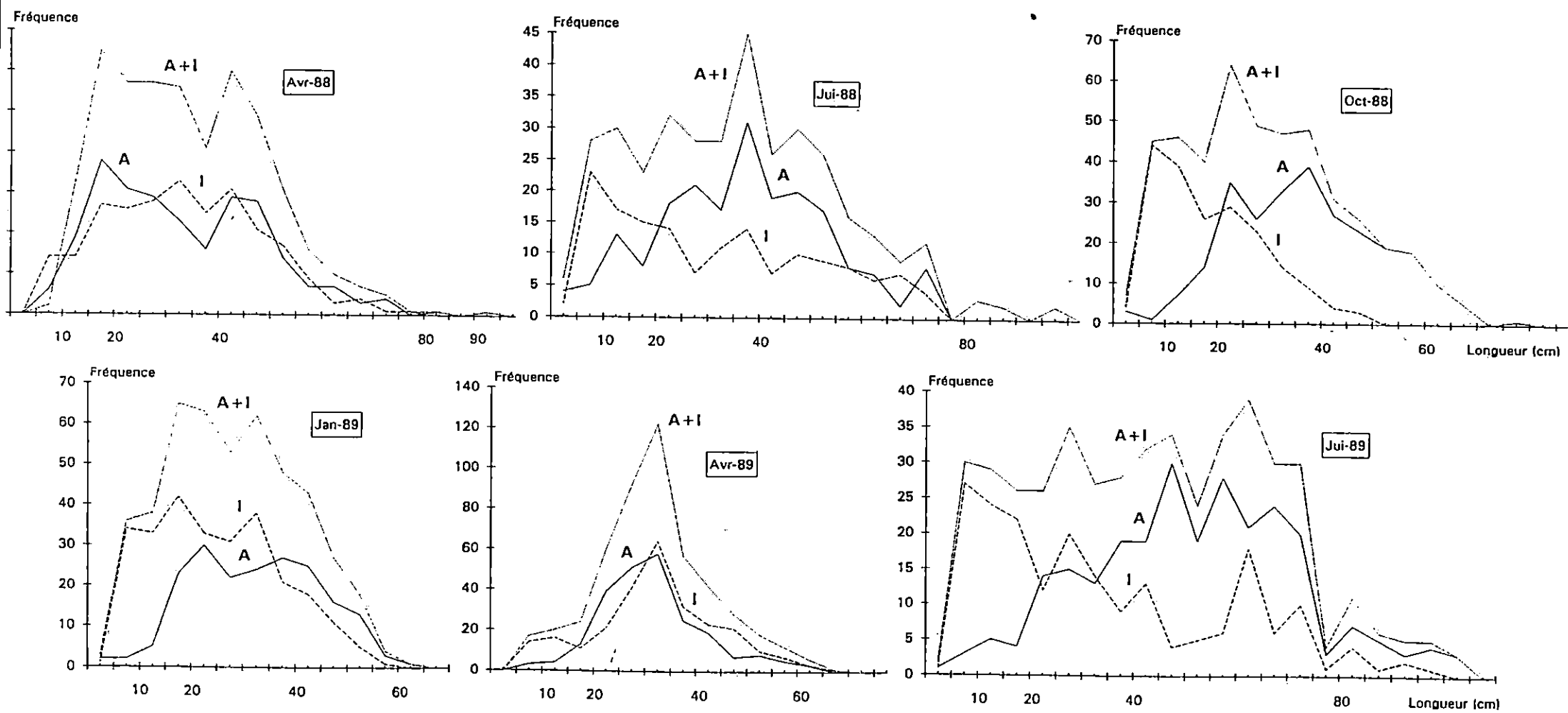


Fig. 31. Distribution spatiotemporelle des fréquences de longueur des feuilles de *P. oceanica* à La Marsa (-8 m) : (A) = feuilles adultes, (I) = feuilles intermédiaires et (A+I) = feuilles adultes et intermédiaires.

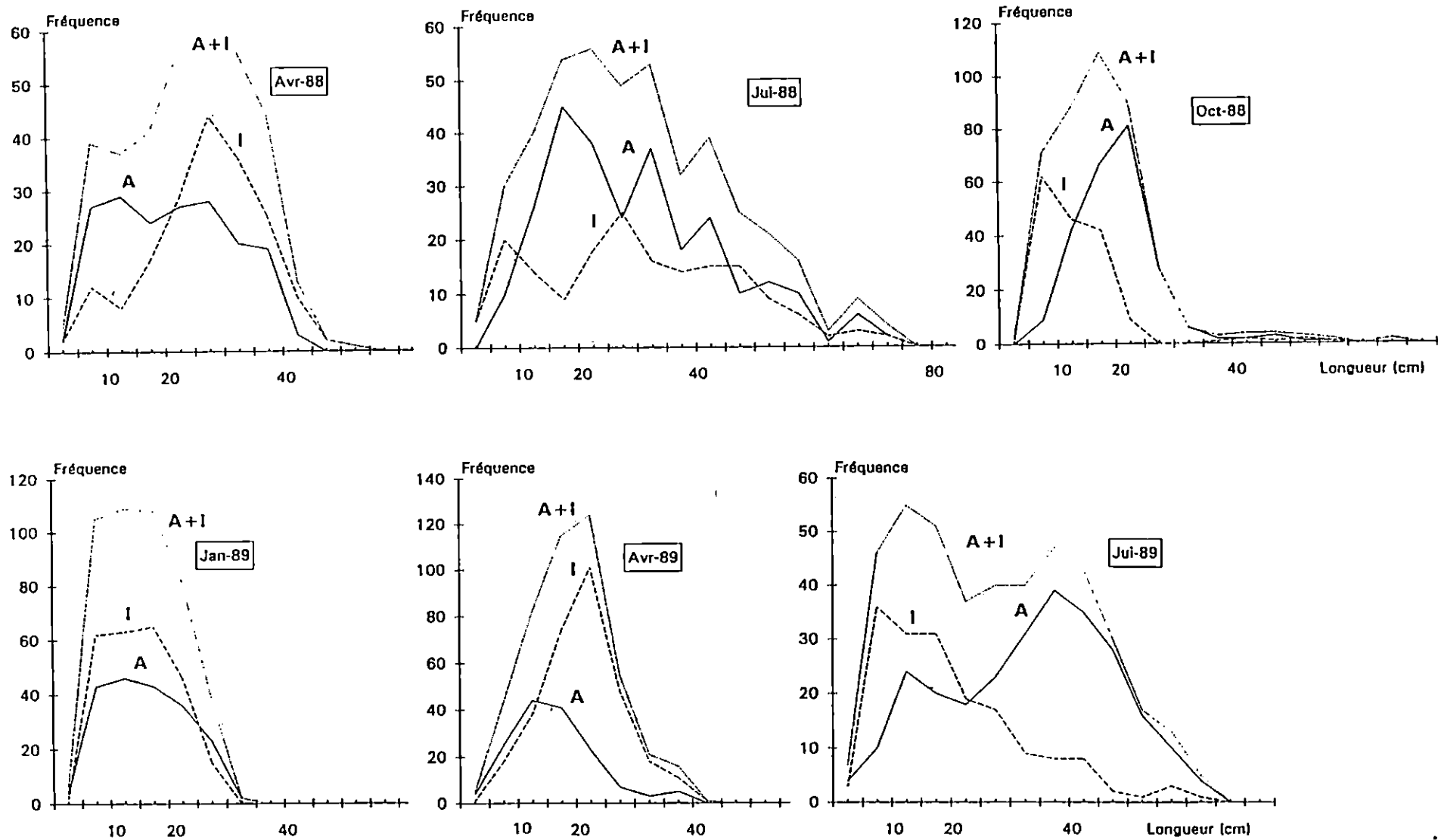


Fig. 32. Distribution spatiotemporelle des fréquences de longueur des feuilles de *P. oceanica* à Tamentfoust (-2 m) : (A) = feuilles adultes, (I) = feuilles intermédiaires et (A+I) = feuilles adultes et intermédiaires.

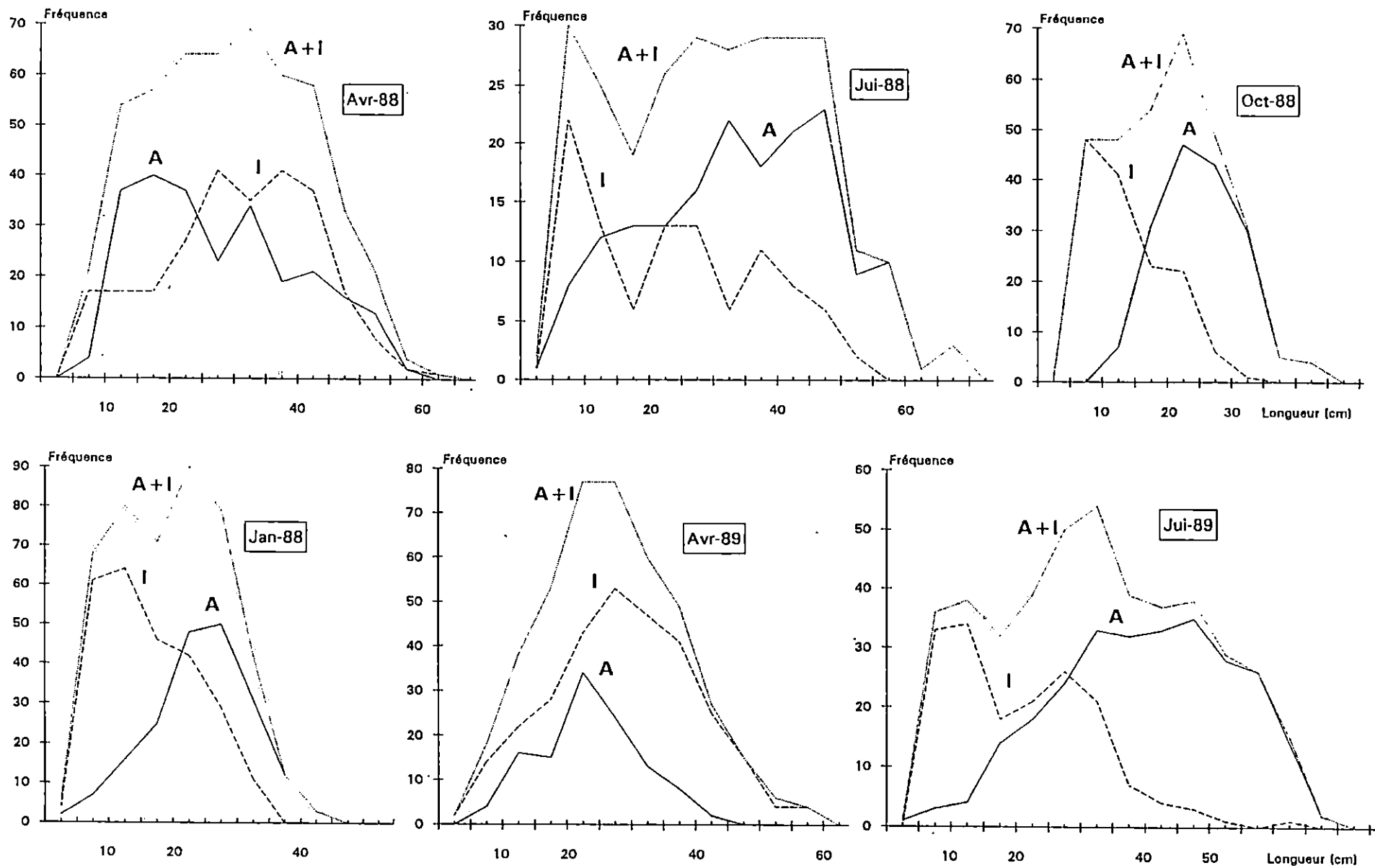


Fig. 33. Distribution spatiotemporelle des fréquences de longueur des feuilles de *P. oceanica* à Tamentfoust (-2 m) : (A) = feuilles adultes, (I) = feuilles intermédiaires et (A+I) = feuilles adultes et intermédiaires.

CAYE (1989) écrit : "Ce sont les feuilles qui sont adultes au début de l'été, qui atteignent une longueur maximale; en automne au contraire, les feuilles sont les plus courtes de l'année. Ainsi peuvent se décomposer les variations saisonnières de la longueur moyenne des feuilles de *Posidonia oceanica*, phénomène observé pour la première fois par MOLINIER et ZEVACO (1962). Ces variations de longueur des feuilles adultes s'accompagnent d'une variation de leur longévité : selon nos résultats, les feuilles apparues à l'automne sont adultes en juin-juillet, soit 9 mois environ; les feuilles naissant au printemps sont adultes à la fin de l'été, soit 3 à 4 mois".

Les résultats énoncés nous permettent de dégager une première approche du cycle de phénologie de *Posidonia* de la région d'Alger (Tableau 27) (Fig. 30, 31, 32 et 33).

Tableau 27. Tableau synthétique du cycle phénologique de *Posidonia oceanica*.

Polygones	Octobre à Janvier	Janvier à Avril	Avril à Juillet	Juillet à Octobre
Feuilles adultes (A) et intermédiaires (I)	se rapprochent I A	superposés I A	inversion A I	inversion I A
Feuilles adultes	chute	nouvelle chute	apparition (jeunes)	deux types
Feuilles intermédiaires	apparition	croissance	croissance rapide	croissance ralentie
Feuilles juvéniles	augmentation du nombre			
Nombre de feuilles / faisceau	constant	diminution	augmentation	augmentation

Les courbes d'accroissement des feuilles obtenues, en général, pour les prélèvements réalisés dans les stations de La Marsa et de Tamentfoust, montrent une croissance maximale en juillet et minimale en janvier ou octobre. Les résultats obtenus par OTT (1980), par ROMERO-MARTINENGO (1985) et par CAYE (1989) prouvent que la période la plus favorable à la croissance des feuilles est le printemps. et qu'au contraire, l'été est particulièrement défavorable à l'allongement des feuilles. Nos résultats sont légèrement décalés et correspondent tout à fait aux conclusions arrêtées par ces auteurs (Tableau 28).

### 3.1.2.6. Etat des apex (Coefficient "A")

L'état des apex apporte des renseignements, pour un site donné, sur le taux de prédation par des consommateurs (NEDELEC, 1982; VELIMIROV, 1984; ZUPO et FRESI, 1985; VERLAQUE, 1987) ou l'action, principalement dans les stations superficielles, de l'hydrodynamisme (MAZZELLA *et al.*, 1981; WITMANN *et al.*, 1981). L'état des apex est déterminé par le "Coefficient A" de GIRAUD (1977), qui correspond au pourcentage de feuilles ayant perdu leur apex. Une feuille entière (non broutée ou non cassée) présente une extrémité sous une forme arrondie. L'extrémité des feuilles peut être soit entière, soit brisée, ce qui peut correspondre à un broutage par des consommateurs (LABOREL-DEGUEN et LABOREL, 1977; VERLAQUE, 1981, 1987), ou à une action de

l'hydrodynamisme, favorisée par la présence des épiphytes (MAZZELLA et al., 1981; WITTMANN et al.; 1981; EUGENE, 1978). L'état de l'apex peut donc nous apporter quelques indications sur le taux de broutage pour un site donné.

Tableau 28. Données de la littérature sur la longueur moyenne des feuilles. M = maximum, m = minimum

Pays	Localités	Références	Longueur (cm)	Profondeur (m)
Egypte	El-Dabaa	Thelin <i>et al.</i> , (1985)	13 - 50	8 - 24
France	Cannes	Caye et Rossignol, (1983)	70 (juillet) M	4
			20 (automne) m	
	Marseille	Panayotidis, 1980	(juin) M (décembre) m	10
	Port-Cros	Pergent et Pergent-Martini, (1988)	69 (juillet) M	2
			26 (décembre) m	10
	Banuyls		62 (juillet) M	10
			23 (janvier) m	2
			18 (juillet) M 8.5 (décembre) m	2
	Port-Cros	Giorgi et Thelin, (1983)	50 (juillet) M 16 (décembre) m	12
	Port-Cros	Libes, (1984)	48 (juin) M 16 (novembre) m	2
Port-Cros		60 (été) M 20-30 (hiver) m	1-5	
Italie	Naples	Ott, (1980)	60 (juillet) M	4
			20 (novembre) m	
Italie (Sardaigne)	Porto-Conte	Caltagirone, (1987)	41	2
		Pessani <i>et al.</i> , (1987)	67	10
Turquie	Urla-Iskele	Rico et Pergent, (1990)	29 (juillet)	8-12
Italie (Sicile)	Cap Passero	Pergent et Pergent-Martini, (1988)	68 (avril) M	2
			33 (janvier) m	
Algérie	La Marsa	Buia <i>et al.</i> , (1989)	49 (juin) M	10
			29 (novembre) m	
	Tamentfoust	nos valeurs	25 (juillet) M	2
			13 (octobre) m	
			45 (juillet) M	8
			28 (janvier) m	
Tamentfoust		30 (juillet)M	2	
		16 (janvier) m 33 (juillet) M 20 (janvier) m	8	

Le coefficient "A" diminue pour des profondeurs croissantes; sa réduction indiquerait, probablement, une consommation importante des feuilles (ou des épiphytes) ou une cassure des feuilles (hydrodynamisme) dans les herbiers superficiels

Dans les stations étudiées, l'apex des feuilles adultes (les plus âgées) est presque toujours cassé. Quelle que soit la période de l'année, le coefficient "A" est toujours très important et

toujours supérieur à 90% ce qui est énorme quand on se réfère aux données de la littérature. Des variations saisonnières, très peu marquées, sont notées (Tableau 29).

Le Coefficient "A" des feuilles intermédiaires est nettement plus faible que celui des feuilles adultes (Tableau 30); ces dernières sont en effet plus jeunes et mieux protégées de l'action des prédateurs du fait de leur position à l'intérieur du faisceau (GIRAUD, 1977; BUIA et al., 1985; PERGENT et PERGENT-MARTINI, 1988; RICO et PERGENT, 1990). La profondeur influe sur le coefficient "A" : il est généralement plus faible à -8 m. Les maxima et les minima saisonniers se situent respectivement en avril et octobre.

Tableau 29. Coefficient "A" moyen des feuilles adultes (en pourcentage), dans les différentes stations, en fonction du mois des récoltes des rhizomes. ( ) = valeurs moyennes minimales.

	La Marsa (-2m)	La Marsa (-8m)	Tamentfoust (-2m)	Tamentfoust (-8m)
Avril 1988	98.2	96.8	100	85.7
Juin 1988	(92.9)	(90.8)	100	100
Octobre 1988	96.4	93.5	(96.2)	89.7
Janvier 1989	99.6	96.6	100	(76.6)
Avril 1989	99.5	99.2	100	100
Juillet 1989	99.2	98.6	99.4	98.8

Tableau 30. Coefficient "A" moyen des feuilles intermédiaires (en pourcentage), dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes minimales.

	La Marsa (-2m)	La Marsa (-8m)	Tamentfoust (-2m)	Tamentfoust (-8m)
Avril 1988	58.1	33.4	70.9	23.5
Juin 1988	26.1	27.4	51.6	28.2
Octobre 1988	(23.6)	(19.5)	(15.7)	(9.2)
Janvier 1989	49.8	20.8	28.8	(9.2)
Avril 1989	78.8	73.1	81.1	74.4
Juillet 1989	50.2	24.4	27.5	13.9

Le coefficient "A" global, qui correspond au pourcentage de feuilles adultes et intermédiaires ayant perdu leur apex (Tableau 31) montre, si l'on considère les moyennes annuelles, que les herbiers de La Marsa et de Tamentfoust, à profondeur égale, se caractérisent par un état similaire.

Tableau 31. Coefficient "A" moyen global (feuilles adultes et intermédiaires) (en pourcentage), dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima, (x) = moyenne d'octobre 1988 à juillet 1989.

	La Marsa (-2m)	La Marsa (-8m)	Tamentfoust (-2m)	Tamentfoust (-8m)
Avril 1988	78.9	64.8	85.7	53.7
Juin 1988	(64.8)	66.7	80.7	74.2
Octobre 1988	70.9	61.5	62.9	53.6
Janvier 1989	72.5	(52.3)	(60.1)	(38.7)
Avril 1989	87.6	85.4	81.2	81.6
Juillet 1989	75.0	66.2	71.2	65.2
(x)	76.5	66.4	68.9	59.8

Les valeurs que nous trouvons dans les stations étudiées sont dans l'ensemble très élevées par rapport aux données de la littérature, sauf à Elbu (Corse) et à Banyuls (France) où les valeurs se rapprochent (Tableau 32). Ceci s'expliquerait par la présence d'un important groupe de consommateurs (cf. chapitre Echinodermes) d'une part et, par l'hydrodynamisme fréquent affectant les herbiers superficiels d'autre part.

Tableau 32. Quelques données sur le coefficient "A" (feuilles adultes+feuilles intermédiaires) de *Posidonia oceanica* trouvées dans la littérature.

Pays	Localités	Références	Coef. "A" (%)	Profondeurs (m)
Egypte	El-Dabaa	Thelin <i>et al.</i> , 1985	2 - 34	8 - 24
France	Port-Cros	Giorgi et Thelin, 1983	63 (janvier) M 23 (octobre) m	0.7
	Port-cros	Pergent et Pergent, 1988	51 19	2 11
	Banyuls		92 (mai) M 63 (novembre) m	2 12
				68 (septembre) M 20 (janvier) m
(Corse)	Elbu	Giraud, 1977b	80-90 (juin) M 42-52 (décembre) m	
Italie	Ischia	Giraud <i>et al.</i> , 1979	86 (juillet)	2
			67 (juillet)	10
Italie (Sardaigne) (Sicile)	Porto-Conte	Rico et Pergent, 1990	75 (juillet) 60(juillet)	4-7 8-11
	Capo Passero	Buia <i>et al.</i> , 1991	30-42 (juin) 58-14 13-24 (novembre). 22-19	6-25
Algérie	La Marsa	nos données	88 (avril) M	2
			65 (juin) m	
			85 (avril) M	8
	Tamentfoust		52 (janvier) m	
			86 (avril) M	2
			60 (janvier) m 82 (avril) M 39 (janvier) m	8

### 3.1.2.7. Indice foliaire (Leaf area index)

L'indice foliaire global (feuilles adultes et intermédiaires) varie de façon importante (Tableau 33 et Fig. 34 et 35). Le maximum se situe en général en été et le minimum entre octobre et janvier. L'indice foliaire passe du simple au double dans les stations de La Marsa correspondant respectivement aux profondeurs de -2 m à -8 m. Il est sensiblement le même pour les stations de Tamentfoust. On peut remarquer que le minimum de l'indice foliaire à La Marsa (-2m) est beaucoup plus faible que celui des autres stations. Cela est dû probablement aux caractères de la station qui est ouverte aux houles du large et qui par conséquent est soumise à hydrodynamisme permanent et parfois violent.

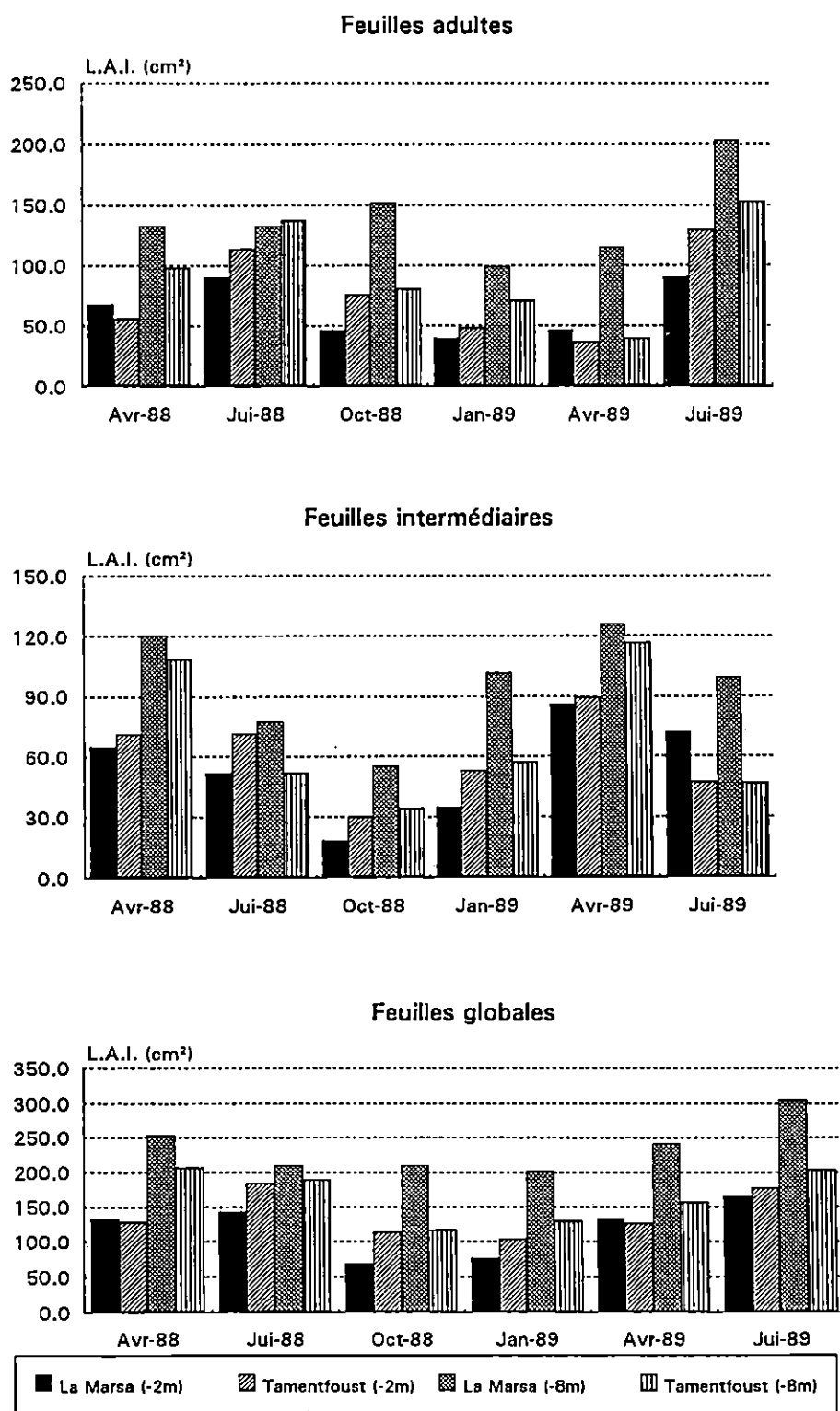


Fig. 34. Variation saisonnière de l'indice foliaire [Leaf Area Index (L.A.I)]. moyen par faisceau (cm<sup>2</sup>) des feuilles adultes, intermédiaires et globales (adultes + intermédiaires) de *P. oceanica* des herbiers des stations de La Marsa (-2 m et -8 m) et de Tamentfoust (-2 m et -8 m).

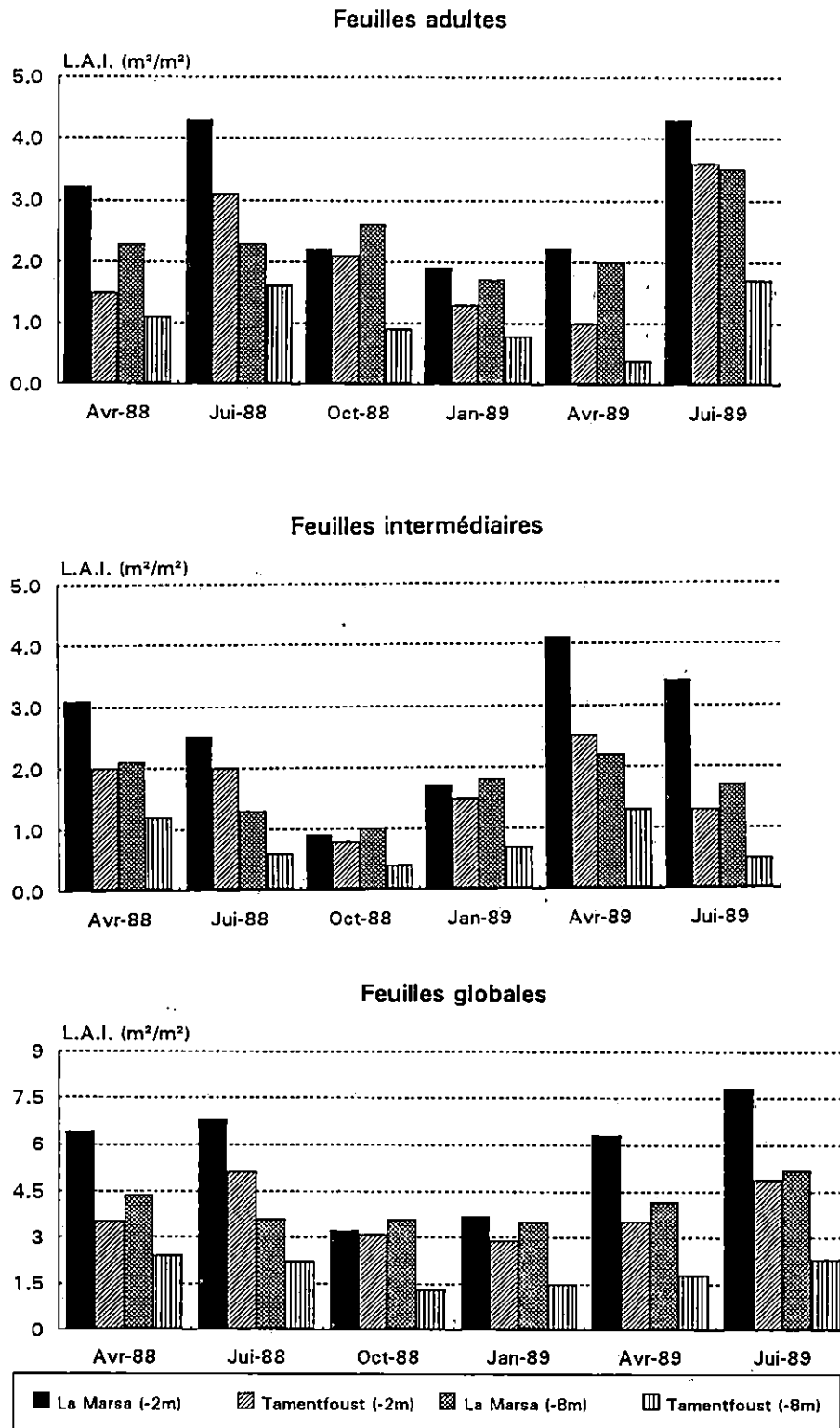


Fig. 35. Variation saisonnière de l'indice foliaire [Leaf Area Index (L.A.I)], moyen par  $m^2$  ( $m^2$ ) des feuilles adultes intermédiaires et globales (adultes + intermédiaires) de *P. oceanica* des herbiers des stations de La Marsa (-2 m et -8 m) et de Tamentfoust (-2 m et -8 m).

Tableau 33. Indice foliaire moyen global (feuilles adultes + feuilles intermédiaires) par faisceau (en cm<sup>2</sup>) et par m<sup>2</sup> d'herbier (en m<sup>2</sup>) dans les différentes stations en fonction du mois de récolte des rhizomes. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes maximales.

	La Marsa (-2m)		La Marsa (-8m)		Tamentfoust (-2m)		Tamentfoust (-8m)	
	faisc.	m <sup>2</sup>	faisc.	m <sup>2</sup>	faisc.	m <sup>2</sup>	faisc.	m <sup>2</sup>
Avril 1988	133.8	6.4	253.6	4.4	128.1	3.5	<b>207.5</b>	<b>2.4</b>
Juin 1988	143.4	6.8	210.7	3.6	<b>186.0</b>	<b>5.1</b>	190.3	2.2
Octobre 1988	(69.4)	(3.2)	210.0	3.6	114.1	3.1	(117.4)	(1.3)
Janvier 1989	77.2	3.7	(202.5)	(3.5)	(104.2)	(2.9)	130.0	1.5
Avril 1989	133.4	6.3	241.9	4.2	126.6	3.5	156.9	1.8
Juillet 1989	<b>165.0</b>	<b>7.8</b>	<b>305.0</b>	<b>5.2</b>	179.2	4.9	203.9	2.3

Nos données s'inscrivent parmi les valeurs les plus faibles. Le L.A.I diminue avec la profondeur comme pour les autres auteurs; il n'y pas de signification géographique mais uniquement locale. Dans toutes les régions de Méditerranée, on trouve des valeurs relativement faibles en maintenant que des valeurs élevées sont supérieures à 10 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> (Tableau 34).

Tableau 34. Valeurs de l'indice foliaire global (LAI) de *Posidonia oceanica* relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs comparables. M = maximum, m = minimum.

Pays	Localités	Références	Profondeur (m)	L.A.I. (cm <sup>2</sup> /faisceau)	L.A.I. (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
Egypte	El-Dabaa	Thelin <i>et al.</i> , 1985	8 - 24	275 (décembre) M 130 (mars) m	
Egypte	Alexandrie	Mostafa, 1991	4.5	240 (juin) M 186 (janvier) m	10.6 (juin) M 7.4 (janvier) m
France	Port-Cros	Thelin et Giorgi, 1984	0.7 2.2	59 (novembre) m 139 avril) M 99 (février) m 233 (février) M	3.9 12.6 6.3 14.9
France	Port-Cros	Libes, 1984	2.5	280 (juillet) 150 (novembre)	
	Port-Cros	Pergent et Pergent, 1988	2 11	287 (juillet) M 153 (novembre) m 297 (juillet) 133 (janvier)	18.5 9.9 9.4 4.2
	Banyuls		2 12	73 (juillet) M 37 (décembre) m 251 (juillet) M 72 (décembre) m	8.5 4.3 13.4 3.9
	Corse	Giraud <i>et al.</i> , 1976	10	469.2	51.6
	Cassis		10	410.8	18.6
France (Corse)	Calvi	Bay, 1978	10 15	117 (octobre) m 347 (juin) M	12.8 (juillet) 7.7 (mars)
Grèce	Saronikos	Panayotidis et Samboura, 1989			15-25
Italie	Ventimiglia	Caltagirone, 1986	2 10	298.6 510	14.5 20.7

Tableau 34 (suite). Valeurs de l'indice foliaire global (LAI) de *Posidonia oceanica* relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs comparables. M = maximum, m = minimum.

Pays	Localités	Références	Profondeur (m)	L.A.I. (cm <sup>2</sup> /faisceau)	L.A.I. (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
(Sardaigne)	Porto-Conte	Rico et Pergent; 1990	4-6		6.2 (juillet)
			8-12		6.1 (juillet)
Italie (Sicile)	Iles Salina	Pessani <i>et al.</i> , 1984	5		6.0
			15		9.5
Italie	Côte ligure	Pessani <i>et al.</i> , 1987	5		7.7
			10		14.5 (juillet)
Italie (Ischia)	Capo-Passero	Buia <i>et al.</i> , 1991	6-25		18.3 (juillet)
			5		14 (novembre)
Malte	Lacco Ameno	Mazzella et Ott, 1984	5		17 (juin)
			15		15 (juin)
Turquie	Urla-Iskele	Cinelli <i>et al.</i> , 1984	5		22-23
			15		20
Algérie	La Marsa	Drew, 1971	6-27		6.1-10.0
			2	262 (juin) M	13.4
Algérie	Tamentfoust	Pergent et nos données	2	130 (octobre) m	6.7
			2	165 (juillet)M	7.8
Algérie	Tamentfoust	nos données	8	69.4 (octobre) m	3.2
			8	305 (juillet) M	5.2
Algérie	Tamentfoust	nos données	2	202.5 (janvier) m	3.5
			2	186 (juin) M	5.1
Algérie	Tamentfoust	nos données	8	104.2 (janvier) m	2.9
			8	207.5 (avril) M	2.4
Algérie	Tamentfoust	nos données	8	117.4 (octobre) m	1.3

### 3.2. Lépidochronologie

- L'ensemble des résultats de l'étude sur la lépidochronologie et de ses applications sont consignés dans le Tableau 35.

L'existence de variations cycliques de l'épaisseur des écailles le long des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* a été mise en évidence par CROUZET (1983). Chaque cycle correspond à une période d'une année (CROUZET *et al.*, 1983). En fait, il ne s'agit pas exactement d'année calendaire : ces années vont d'un minimum à un autre minimum (Tableau 36). On remarque que tous les cycles ne sont pas identiques : dans une station donnée, les cycles de plusieurs rhizomes différents peuvent présenter des similitudes dans les variations d'épaisseur des écailles. De même, le nombre de feuilles par cycle peut varier en fonction du rhizome et de l'année (BOUDOURESQUE *et al.*, 1983).

#### 3.2.1. Etude des cycles d'épaisseur des écailles

L'ensemble des rhizomes étudiés (34 rhizomes) présentent des variations d'épaisseur de leurs écailles, quelles que soit la localité et la profondeur. Ces variations font apparaître des cycles d'épaisseur, en fonction du rang d'insertion des écailles le long des rhizomes orthotropes.

Chaque cycle comprend entre 6 et 12 écailles. L'épaisseur des écailles correspondant aux minima est comprise entre 130 et 715  $\mu\text{m}$  et celle correspondant au maxima entre 546 et 1300  $\mu\text{m}$ .

### 3.2.1.1. Au sein d'une même station

En fonction de l'année, la moyenne d'épaisseur des cycles peut varier de façon importante, le long d'un même rhizome. Paradoxalement, l'analyse de variance n'est pas significative sauf à la Marsa (-8 m). Ceci est peut-être dû à la grande variabilité interne (valeurs cycliques) qui masque les variations pouvant exister entre les différents cycles. Cette grande variabilité se rencontre dans l'ensemble des stations étudiées.

En fonction du rhizome, l'épaisseur moyenne des cycles d'un rhizome (à l'exception des deux derniers cycles en cours de formation) est soumise au sein d'une station à des variations importantes. L'analyse de variance faite sur les moyennes montre que l'hypothèse nulle d'égalité du facteur rhizome est rejetée (sauf à la station Tamentfoust -8 m).

### 3.2.1.2. Variabilité entre les stations

En fonction de la localité et pour des stations situées à des profondeurs équivalentes, l'épaisseur moyenne des cycles ne varie pas de façon significative. L'épaisseur moyenne est maximale à Tamentfoust (-10 m) et minimale à la Marsa (-2 m).

En fonction de la profondeur, l'épaisseur moyenne des cycles des rhizomes semble augmenter. Cette variation n'est pas significative.

Tableau 35. Valeurs moyennes des paramètres mesurés sur les rhizomes orthotropes de *P. oceanica*.

Station	La Marsa		Tamentfoust	
	(-2 m)	(-8 m)	(-2 m)	(-8 m)
Profondeur				
Densité de l'herbier (faisceaux / m <sup>2</sup> )	476	172	275	114
Epaisseur des cycles ( $\mu\text{m}$ )	574	666	574	707
Nombre d'écailles par cycle	9.0	9.8	8.7	8.8
Vitesse de croissance des rhizomes orthotropes (mm/an)	7.0	12.8	7.0	6.9
Production de rhizome (mgPS / rh./an)	60.2	124.2	91.1	79.2
Production de rhizome (gPS / m <sup>2</sup> /an)	28.8	21.4	25.0	9.0

Tableau 36. Exemple de tableau regroupant les valeurs moyennes d'épaisseur des cycles des écailles des dix rhizomes (Rh) orthotropes de la station de Tamentfoust (-2 m).

ÉPAISSEUR MOYENNE DES CYCLES ( $\mu\text{m}$ )

	Rh. 1	Rh. 2	Rh. 3	Rh. 4	Rh. 5	Rh. 6	Rh. 7	Rh. 8	Rh. 9	Rh. 10	Moyenne	Ecart type
1988	754	681.4	625.6	654.9	668.2	677.9	583.1	754	669.5	713.6	678.2	53.00
1987	626.9	695.5	591.5	576.7	648.7	598	578.5	700.8	669.5	632.7	631.9	46.18
1986	593.7	705.7	461.5	484.7	566.2	603.6	637	651.3	602.3	653.7	596.0	75.70
1985	625.3	785.6	803.8	386.3	549.3	471.7	711.1	790.4	488.8	614.5	622.7	148.08
1984	655.8	613.6	642.9	414.4	554.1	573.6	637	647.1	449.2	585	577.3	84.18
1983	693.7	691.9	632.3	456.6	604.5	556.1		644.8	512.8	499.8	588.1	85.98
1982	476.7	616.8	534.4	520	533	492.4			488.2		523.1	47.13
1981	587.6	599.2	632.3	501.2	523.7	503.8			577.8		560.8	51.27
1980	689		737.1	482.6	516.3	569.1					598.8	110.06
1979	602.3		615.3	509.2	460.6	563.9					550.3	64.90
1978	637		572	531.4	531.1						567.9	
1977	664.6		721.5	472.3	551.8						602.6	
1976	638.4			642.2	592.8						624.5	
1975				764.8								
1974				632.1								
1973				693.3								
<b>Moyennes</b>	<b>634.2</b>	<b>673.7</b>	<b>630.9</b>	<b>545.2</b>	<b>561.6</b>	<b>560.7</b>	<b>629.3</b>	<b>698.1</b>	<b>557.3</b>	<b>616.6</b>	<b>601.3</b>	
<b>Ecart type</b>	<b>65.88</b>	<b>61.89</b>	<b>91.86</b>	<b>105.61</b>	<b>55.92</b>	<b>60.61</b>	<b>53.68</b>	<b>62.10</b>	<b>85.15</b>	<b>71.68</b>	<b>88.25</b>	

### 3.2.1.3. Discussion et conclusion

Les résultats obtenus au cours de notre étude font ressortir les constatations suivantes :

Les cycles d'épaisseur présentent des variations au sein d'un même rhizome. Ces modulations peuvent avoir une origine aléatoire ou traduire une réaction de la plante en réponse à différents facteurs : endogènes (état physiologique, situation morphogénétique différente) ou / et exogènes (variation de la température de l'eau ou de la luminosité, hydrodynamisme).

Dans les stations étudiées où le facteur année (facteur exogène) n'est pas significatif, les modulations observées entre les différents cycles d'épaisseur ne peuvent être qu'aléatoires, sauf à La Marsa (-8 m) où les différences observées dans le cycle sont significatives. Au sein d'une même station, l'épaisseur moyenne des cycles d'un rhizome, varie de manière significative d'un rhizome à l'autre. Cette variation peut s'expliquer par le fait qu'ils ne sont pas dans le même état physiologique (PERGENT *et al.*, 1987). Cette variation serait aléatoire à Tamentfoust (-8 m) où le facteur rhizome n'est pas significatif; cela est dû probablement au nombre réduit de rhizomes étudiés (quatre). Si à Banyuls-sur-mer (France) l'épaisseur moyenne augmente avec la profondeur (PERGENT, 1987), à La Marsa, comme à Tamentfoust, les variations observées ne sont pas significatives. Selon PERGENT (1987) l'augmentation de l'épaisseur des écailles serait due à la réduction de l'intensité lumineuse. Les résultats obtenus à Tamentfoust et à La Marsa sur l'épaisseur moyenne des écailles, comparés à ceux de la littérature dans le bassin méditerranéen (PERGENT, 1987), paraissent plus élevés (Tableau 37). Ceci est confirmé par l'examen anatomique des coupes transversales des écailles, qui présentent une structure parenchymateuse beaucoup plus épaisse que dans la région de Port-Cros (France) (SEMROUD *et al.*, sous presse).

Il en est de même pour ce qui est des valeurs de l'épaisseur minimum à Tamentfoust et à la Marsa (valeurs extrêmes 130  $\mu\text{m}$  et 715  $\mu\text{m}$ ) valeurs bien supérieures à celles de PERGENT (1987). On peut formuler la même remarque pour les maxima. Il est probable que ces différences soient dues au nombre de rhizomes étudiés (34), ou à la position géographique des stations qui interviendrait sur la croissance de *P.oceanica* ou bien à la présence d'un clone différent.

Tableau 37. Données de la littérature sur l'épaisseur moyenne des écailles.

Référence	Station	Profondeur (m)	Epaisseur moyenne ( $\mu\text{m}$ )
Pergent, 1987. (France)	Port-Cros	2	530
		11	508
	Banuyls	2	492
		12	600
" (Turquie)	Izmir	2	616
" (Tunisie)	Kerkennah	2	613
Nos données	La Marsa	2	574
		8	666
	Tamentfoust	2	594
		8	707

### 3.2.2. Etude du nombre d'écailles par cycle : Périodicité

Le nombre d'écailles par cycle, qui traduit la période du cycle d'épaisseur des écailles, correspond au nombre des feuilles (limbe) tombées en une année (cycles annuels). En effet, un cycle correspond à une année, avec un minimum et un maximum d'épaisseur d'écaille. PERGENT (1987) situe le minimum (écaille "fine") d'un cycle entre février et mars et situe le maximum (écaille "épaisse") entre septembre et octobre. L'étude des dates d'inversion des cycles nous a permis de situer le minimum (écaille fine) des cycles de nos rhizomes. Ce minimum est en janvier pour les stations profondes, en février pour les stations superficielles.

#### 3.2.2.1. Variation au sein d'une station

Le nombre d'écailles par cycle varie le long d'un rhizome. Ce nombre peut prendre des valeurs allant du simple au double (6 à 12 écailles). L'influence du **facteur rhizome** sur la répartition du nombre d'écailles par cycle est significative ( $\alpha = 0.05$ ) à la Marsa et ne l'est pas à Tamentfoust.

L'action du **facteur année** sur la périodicité n'est pas significative quelle que soit la station. La période des cycles est donc principalement influencée par des facteurs d'origine endogène.

### 3.2.2.2. Variation entre les stations

En fonction de la localité, le nombre moyen d'écailles par cycle varie selon la localité considérée pour des profondeurs similaires. C'est à la Marsa que le nombre d'écailles par cycle est le plus élevé. La signification (à 0.05) de ces variations est vérifiée par un test pour les deux localités à des profondeurs équivalentes. Les variations sont significatives.

En fonction de la profondeur, le nombre moyen d'écailles par cycle semble augmenter avec la profondeur mais cette augmentation n'est significative qu'à la Marsa.

### 3.2.2.3. Discussion

Le nombre d'écailles par cycle (période), au sein d'une même station, peut varier du simple au double (6 à 12 écailles). Les facteurs endogènes (rhizome), à la Marsa seulement, sont vraisemblablement à l'origine de ces variations. Quant aux facteurs exogènes (année), ils ne sont significatifs pour aucune station. La période des cycles varie significativement avec la profondeur. C'est sans doute l'influence de la clarté des eaux qui en est à l'origine. En effet, la turbidité importante des eaux à Tamentfoust, située dans la baie d'Alger et subissant surtout les effets de la pollution domestique, serait la raison principale de la réduction du nombre moyen d'écailles par cycle des rhizomes en profondeur. Par contre, le nombre moyen d'écailles augmente de façon significative en fonction de la profondeur à la Marsa où la transparence de l'eau est importante (SEMROUD *et al.*, 1990). Le bon développement de *P. oceanica* y est favorisé d'une part, par la qualité de l'eau (luminosité par l'absence de turbidité) et d'autre part, par une meilleure nutrition.

A Tamentfoust, le nombre réduit de rhizomes étudiés à la station -8 m ne nous a pas permis de mettre en évidence l'influence de la profondeur sur la période.

Il est à remarquer que le nombre d'écailles par cycle varie de 6 à 12 dans les stations de l'algérois et cette variation n'est que de 5 à 11 dans la partie Nord de la Méditerranée (PERGENT, 1987).

Le nombre d'écailles trouvés dans les rhizomes orthotropes étudiés est élevé par rapport à ceux de la littérature. Les valeurs de Cannes et d'Ischia (10 écailles) ont été obtenues par la technique de marquage et ne peuvent donc pas être prises en compte (Tableau 38).

### 3.2.3. Evolution de la date d'inversion des cycles d'épaisseur

L'évolution, au cours du temps, de l'épaisseur de la dernière écaille apparue à l'apex du rhizome est un phénomène cyclique, présentant une alternance de phases (PERGENT, 1987). Une phase ascendante quand l'épaisseur de la dernière écaille formée est plus importante que la précédente et une phase descendante quand l'épaisseur est plus faible que l'écaille précédente.

Le passage d'une phase à l'autre détermine l'inversion du cycle. Par convention, nous considérons que l'inversion du cycle est effective lorsque plus de 50 % des faisceaux étudiés ont subi cette modification : c'est la date d'inversion du cycle telle que définie par PERGENT (1987).

Quelles que soient la profondeur et la localité (Tamentfoust et Marsa), en avril, l'inversion a déjà eu lieu. Elle est totale pour les deux stations dont la profondeur est de 8 m et est partielle aux stations de -2 m (Tableau 39).

Tableau 38. Nombre moyen d'écaïlles formées par cycle dans les rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* d'après la littérature. (\*) La valeur a été obtenue par une méthode de marquage des feuilles.

Pays	Localités	Références	Profondeur (m)	Nombre de feuilles/cycle
Egypte	El-Dabaa	Thelin <i>et al.</i> , 1985	8 - 24	7 - 8
Espagne	Alicante	Lizaso, 1989	4	7.9
	Iles Medes	Romero-Martinengo, 1985	5 8.7	7.6 7.8
France		Thelin et Boudouresque, 1983	2.2	5.9*
France	Port-Cros	Pergent, 1987	2	7.9
			11	7.1
(Corse)	Banuyls		2	7.6
	Côte des Albères	Pergent <i>et al.</i> , 1985	10	7.4
	Marseille	Pergent <i>et al.</i> , 1988	8	8.1
	Cannes	Caye, 1989	3 - 4	10.7*
	Elbu	Boudouresque <i>et al.</i> , 1984	3 11	7.2 7.3
Italie	Ischia	Ott, 1980	4	10*
	Ischia	Wittmann <i>et al.</i> , 1981	4	6.7*
	Ischia (Lacco Ameno)	Pergent et Pergent-Martini, 1991	5 10	7.4 - 7.9 6.4 - 8.7
Italie (Sardaigne)	Porto-Conte	Rico et Pergent, 1990	4 - 16	6.5
Tunisie	Kerkennah	Pergent, 1987	2	7.8
Turquie	Urla-Iskele	Pergent, 1987	2	7.0
Algérie	La Marsa	nos données	2	9.0
			8	9.8
			2	8.7
	Tamentfoust		8	8.8

### Discussion

Les résultats obtenus sur l'inversion des cycles dans les stations étudiées montrent que la profondeur joue un rôle dans le déclenchement de cette inversion. Alors que PERGENT (1987) signale que la date d'inversion des cycles subit un retard lorsque la profondeur augmente elle paraît au contraire, dans nos stations être en avance. L'inversion est totale à - 8 m alors qu'elle n'est que de 70-80 % aux stations de -2 m. Toutefois, ce résultat n'est peut être pas significatif, compte tenu de notre échantillonnage très ponctuel.

Si l'on compare nos données à celles de PERGENT (1987), nous observons que l'inversion est plus tardive dans toutes les stations étudiées par cet auteur (France et Turquie).

Tableau 39. Pourcentage de rhizomes dont l'inversion du cycle est réalisée dans le prélèvement d'Avril 1989 dans les stations d'Alger et de Port-Cros, Banyuls (France) et à Urla (Turquie) en avril 1986 (*in* Pergent, 1987).

Station	nombre	(minimum non dépassé)		(minimum non atteint)	
		Minimum	Pourcentage	Maximum	Pourcentage
Tamentfoust (-2 m)	10	7	70 %	3	30 %
Tamentfoust (-8 m)	4	4	100 %	0	0 %
Marsa (-2 m)	10	8	80 %	2	20 %
Marsa (-8 m)	10	10	100 %	0	0 %
Banyuls (-2 m)		9	43 %	12	57 %
Banyuls (-12 m)		2	10 %	9	90 %
Port-Cros (-2 m)		12	57 %	9	43 %
Port-Cros (-11 m)		8	38 %	13	62 %
Urla (-2 m)		8	40 %	3	60 %

### 3.2.4. Applications de la lépidochronologie

#### 3.2.4.1. Vitesse de croissance du rhizome

La longueur des tronçons de rhizomes correspondant à la zone d'insertion des écailles de chaque cycle a été mesurée. Du fait de la périodicité annuelle des cycles, il est possible d'en déduire la vitesse de croissance du rhizome.

#### Variation de la vitesse de croissance en fonction du rhizome et de l'année

La vitesse de croissance est très variable d'un rhizome à l'autre, mais également d'une année à l'autre le long d'un même rhizome.

En effet, la longueur des tronçons varie de 2 à 45 mm pour l'ensemble des rhizomes étudiés. L'effet rhizome sur la vitesse de croissance est significatif dans toutes les stations sauf à la Marsa (-8 m), alors que l'action de l'année n'est pas significative quelle que soit la station et quelle que soit la profondeur.

Les valeurs moyennes obtenues sont comparables avec celles citées dans la littérature (PERGENT, 1987). Il se confirme par ailleurs que seules les variations endogènes (rhizome) sont significatives (Tableau 40). BOUDOURESQUE *et al.* (1984), en Corse, à -4 m, trouvent, cependant, des valeurs extrêmes entre 3 et 77 mm/an.

Selon BOUDOURESQUE *et al.* (1984) la vitesse de croissance des rhizomes semble être liée de façon étroite à la vitesse de sédimentation. En fait, cette dernière, quand elle devient trop importante provoque l'enfouissement du point végétatif de la plante, et sa mort si le phénomène persiste.

La vitesse de croissance moyenne pour chaque station varie selon la profondeur et la localité. La variation en fonction de la profondeur n'est significative qu'à la Marsa.

Tableau 40. Vitesse moyenne de croissance des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* d'après les données de la littérature.

Pays	Localités	Références	Profondeur (m)	Vitesse de croissance (mm/an)
Egypte	El-Dabaa	Thélin <i>et al.</i> , 1985	18 - 24	13 - 15
Espagne	Iles Medas	Romero-Martinengo, 1985	5 8.7	11.3 11.7
France (Corse)	Cannes Elbu	Caye, 1980 Boudouresque <i>et al.</i> , 1984	3 - 4 3 11	6 - 11 5.9 7.6
Italie (Sardaigne)	Porto-Conte	Rico et Pergent, 1990	4 - 16	4
Malte		Drew, 1976		6
Turquie	Urla	Pergent, 1987	2	7.5
Algérie	La Marsa	nos données	2 8	7.0 12.8
	Tamentfoust		2 8	7.0 6.9

### 3.2.4.2. Production de rhizome

La possibilité de connaître l'âge d'un tronçon de rhizome orthotrope, ou d'y découper des segments correspondants à une ou plusieurs années particulières, apporte une solution élégante au problème de la production de rhizomes chez *Posidonia oceanica* (PERGENT, 1987).

#### Variation de la production en fonction du rhizome et de l'année

Pour l'ensemble des stations, la production moyenne varie entre 66.3 et 123.2 mg (poids sec/rhizome /an). Les variations de la production sont significatives pour l'ensemble des stations sauf à Tamentfoust (-8 m). La production du rhizome est significativement corrélée à la vitesse de croissance ( $r=0.90$ ). Un rhizome dont la croissance moyenne est rapide, aura une production moyenne importante. De la même façon, une année au cours de laquelle la vitesse de croissance s'est accélérée se traduira, au niveau des rhizomes par une production annuelle plus conséquente (PERGENT, 1987). Cette relation est vérifiée quelle que soit la station étudiée.

#### Production moyenne en fonction de la localité et de la profondeur

La production moyenne des rhizomes calculée dans chaque station montre des variations significatives quelles que soient la localité et la profondeur. La différence de production est beaucoup plus marquée entre l'herbier superficiel situé à -2 m et l'herbier situé à -8 m à La Marsa.

La production moyenne de rhizome par mètre carré est très faible dans l'ensemble. Elle est directement liée à la densité des faisceaux dans les herbiers. Les valeurs de nos stations sont plus faibles que celles données par les auteurs (Tableau 41).

Nos données exprimées en mg PS/rhizome/an se rapprochent des celles de ROMERO-MARTINENGO (1985) aux îles Medes.

Tableau 41. Production moyenne de rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* dans différentes stations étudiées du bassin méditerranéen.

(mg PS/Rh.an) = biomasse en poids sec du rhizome en milligrammes par rhizome et par an, (g PS/m<sup>2</sup>.an) = biomasse en poids sec du rhizome en milligrammes par mètre carré et par an, m = profondeur en mètre.

Pays	Localités	Références	Rhizome (mg PS/Rh./an)	Rhizome (g PS/m <sup>2</sup> /an)	Profondeur (m)
Egypte	Alexandrie	Mostafa, 1991		69.9	4.5
Espagne	Iles Medes	Romero- Martinengo, 1985	88.0	42.4	5
France	Port-Cros	Pergent	109.5	22.3	8.7
			59.4	38.3	2
	Banuyls		80.2	25.4	11
			51.3	59.7	2
(Corse)	Elbu	Boudouresque <i>et al.</i> , 1983b	57.8	30.9	12
	Calvi	Bay, 1978,1984		42	8
Italie (Sardaigne)	Porto Conte	Rico et Pergent, 1990	55.3	29.0	4 - 6
			72.8	72.8	7 - 11
Algérie	La Marsa	nos données	60.4	28.8	2
			124.2	21.4	8
	Tamentfoust		91.1	25.0	2
			79.2	9.0	8

### 3.2.4.3. Recherche de floraisons anciennes

Les résultats ont fait l'objet de la publication sous la référence : SEMROUD R., 1991. Données sur les floraisons anciennes de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile dans la région d'Alger (Algérie). *Posidonia Newsletter*, 4 (2) : 31-36.

La floraison de *Posidonia oceanica* était considérée comme rare dans le Nord de la Méditerranée. Depuis lors, de nombreuses observations ont été effectuées (GIRAUD, 1976a ; CAYE & MEINESZ, 1984 ; BOUDOURESQUE, 1982 ; BOUDOURESQUE *et al.*, 1986 ; BOUDOURESQUE & THELIN, 1985 ; MAZZELLA *et al.*, 1983, 1984 ; THELIN & BOUDOURESQUE *et al.*, 1985 ; PANAYOTIDIS, 1986 ; PERGENT & PERGENT, 1984 ; PERGENT, 1985 ; PERGENT *et al.*, 1989 ; ROMERO, 1989). Les synthèses sur ce sujet (THELIN & BOUDOURESQUE, 1985 ; PERGENT, 1989) montrent qu'en fait, la floraison est aujourd'hui fréquente au Nord de la Méditerranée.

La floraison était au contraire considérée comme un phénomène courant sur les côtes algériennes (MOLINIER & PICARD, 1953). En fait, elle n'y a été mentionnée que dans très peu de travaux (GIRAUD, 1976a) et on peut se demander si la floraison est réellement un phénomène courant en Algérie.

Dans le cadre de l'étude générale de l'écosystème, l'analyse lépidochronologique fine (34 rhizomes, cf. chapitre lépidochronologie) ou grossière [lors de l'étude phénologique de l'ensemble des rhizomes d'avril 1988 à juillet 1989 (1800 rhizomes)], nous a permis de mettre en évidence quelques floraisons qui se sont produites au cours des cinq années antérieures.

Parmi les 1834 faisceaux récoltés, 7 pédoncules floraux ont été retrouvés à la station La Marsa -8 m. On note leur absence totale aux stations de La Marsa (-2 m) et de Tamentfoust (-2 m et -8 m) (SEMROUD *et al.*, 1990). Les restes de pédoncules floraux sont bien conservés (hampe florale associée à une gaine isolée). Deux rhizomes seulement présentaient un pédoncule floral, cassé mais encore vert, au niveau du faisceau de feuilles vivantes.

Nous avons pu dater ces pédoncules floraux. En effet, il est possible, à partir d'exemplaires de rhizomes suffisamment longs, de reconstituer le calendrier des floraisons passées (Tableau 42) grâce à la lépidochronologie (PERGENT, 1987). Les rhizomes qui ont fait l'objet d'une étude lépidochronologique nous ont permis d'effectuer une exploration entre 1964 (maximum) et 1984 (minimum).

Aucune floraison n'a pu être observée, *in situ*, au cours de nos prélèvements.

Tableau 42 : Résultats de la recherche de floraisons anciennes à la station La Marsa (- 8 m) au cours des cinq dernières années.

(\*) Plants destinés au Prof. A. Meinesz pour le *Posidonium* du Parc National de Port-Cros (Var, France).

Dates prélèvements	N° Série prélèvement	N° du Faisceau	Dates Floraisons
18 octobre 1988	4	1	automne 1987
25 janvier 1989	3	3	automne 1985
25 janvier 1989	3	5	automne 1986
23 avril 1989	4	49	automne 1986
23 avril 1989	5	71	automne 1986
23 avril 1989	Mezegrane <i>et al.</i> , 1989	1 Rhizome	automne 1986
14 mai 1989	Posidonium*	1 Rhizome	automne 1988

Ces résultats nous permettent de constater que *P. oceanica* fleurit chaque année à La Marsa. Ces données confirment quelques peu les observations de MOLINIER & PICARD (1953) à ce sujet, sur les côtes algériennes.

Comme l'ont observé GIRAUD (1977) sur les côtes françaises et PERGENT (1987) dans le golfe d'Izmir (Turquie), les floraisons de La Marsa (-8 m) sont aussi localisées dans un herbier où les feuilles de *Posidonia oceanica* sont les plus longues (SEMROUD *et al.*, 1990) (cf. phénologie).

Le faible nombre de pédoncules floraux trouvé n'est pas surprenant. Ceci s'expliquerait par le taux très faible de floraison atteint par *P. oceanica* (PERGENT, 1988) et par le fait que celle-ci ne concerne que des taches très localisées (patchiness) (THELIN & BOUDOURESQUE, 1985; CAYE et MEINESZ, 1984 ; ROMERO, 1989).

Ces auteurs signalent que les densités importantes d'inflorescences, sont presque toujours localisées dans la partie superficielle de l'herbier (entre -1 m et -5 m). Dans notre étude les résultats montrent, au contraire, qu'il n'y a pas eu de restes de pédoncules floraux dans les rhizomes des stations superficielles [La Marsa (-2 m) et Tamentfoust (-2 m)].

La présence d'une floraison à La Marsa (-8 m), montre que ce phénomène peut avoir lieu à des profondeurs plus grandes; cela a été déjà signalé par MAZZELLA *et al.*, (1984) dans l'herbier de l'île d'Ischia. Selon GIRAUD (1976b), la floraison a lieu à des profondeurs de plus en plus grandes à mesure que l'on se dirige vers le sud de la Méditerranée.

Parmi les floraisons dénombrées, quatre des sept pédoncules floraux se rapportent à l'année 1986. Cette constatation laisse supposer qu'il s'agit d'une année très favorable. Cette floraison a affecté d'autres régions de la Méditerranée (observations recueillies dans le cadre d'une enquête sur la floraison et la fructification de *P. oceanica*, BOUDOURESQUE, comm. pers.).

Sur le littoral méditerranéen français, la floraison et la fructification aurait lieu lors d'hivers particulièrement cléments (MOLINIER & PICARD, 1953) ou bien si les conditions décrites par GIRAUD (1976b) (densité importante de l'herbier et zone abritée) sont réunies. La Marsa ne présente pas ces caractères, mais par contre les températures et les conditions météorologiques (temps chaud de la période estivale) des côtes d'Afrique du Nord doivent vraisemblablement avoir une influence.

Mais la température n'est pas le seul facteur qui influencerait sur le déterminisme de la floraison puisque les floraisons constatées tout autour de la Méditerranée se produisent en général de façon simultanée (PERGENT *et al.*, 1989).

Des recherches faites sur les phanérogames comme *Zostera marina*, *Cymodocea rotundata* et *Syringodium filiforme* montrent que la température est un facteur primordial et de loin le plus important; mais le photopériodisme et dans certains cas les nutriments sont aussi importants (DE COX, 1981 ; McMILLAN 1979, 1980 in MAZZELLA *et al.*, 1984). Il reste donc à vérifier un certain nombre de points à La Marsa : (i) vérifier si la floraison a lieu chaque année, (ii) voir si elle existe dans l'herbier plus profond et enfin (iii) définir les conditions écologiques qui influent sur ce phénomène.

### 3.3. Biomasse des feuilles

La biomasse des feuilles par faisceau varie beaucoup au cours de l'année et même d'une année à l'autre (Tableau 43 et Fig. 36). Elle est maximale en été quelles que soient la station et la profondeur. Les minima de biomasse foliaire par faisceau se situent en octobre pour les stations superficielles de La Marsa et de Tamentfoust et en janvier pour les stations plus profondes. Ceci peut s'expliquer par le fait que, corrélativement aux conditions favorables de température décalées en profondeur par rapport aux eaux superficielles et qui retardent la croissance des jeunes feuilles, l'agitation moins marquée à plus grande profondeur et le recouvrement épiphytique plus faible (voir chapitre épiphyte), font persister les feuilles sénescentes. Il existe donc un décalage saisonnier des valeurs minimales de biomasse foliaire en fonction de la profondeur. Les plus fortes valeurs moyennes s'observent dans les herbiers situés à 8 m de profondeur. Les variations de biomasse entre stations et profondeurs sont généralement significatives, mais ne sont pas orientées. La plus forte valeur observée a été de 1.33 g PS/faisceau à La Marsa (-8 m) en juillet, la plus faible de 0.38 g PS/faisceau en octobre et en janvier à La Marsa.

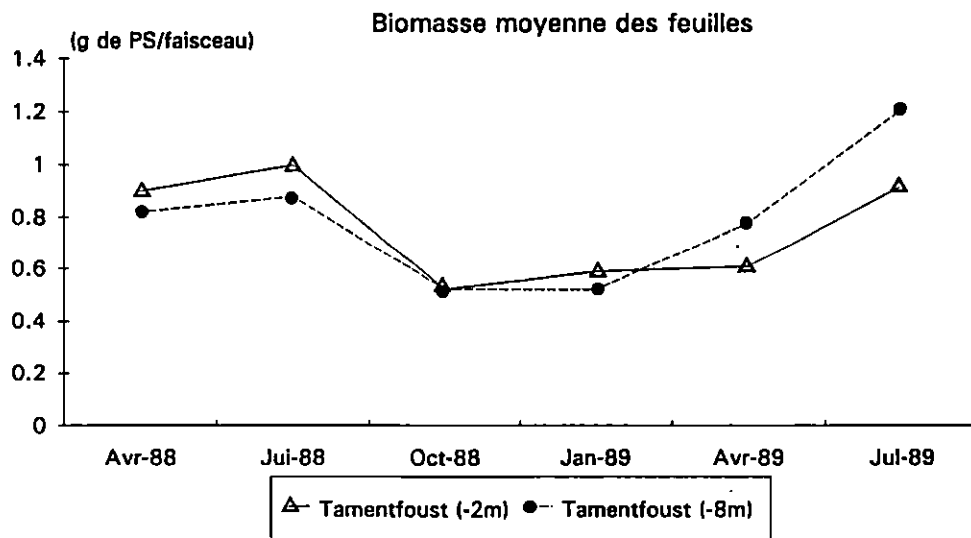
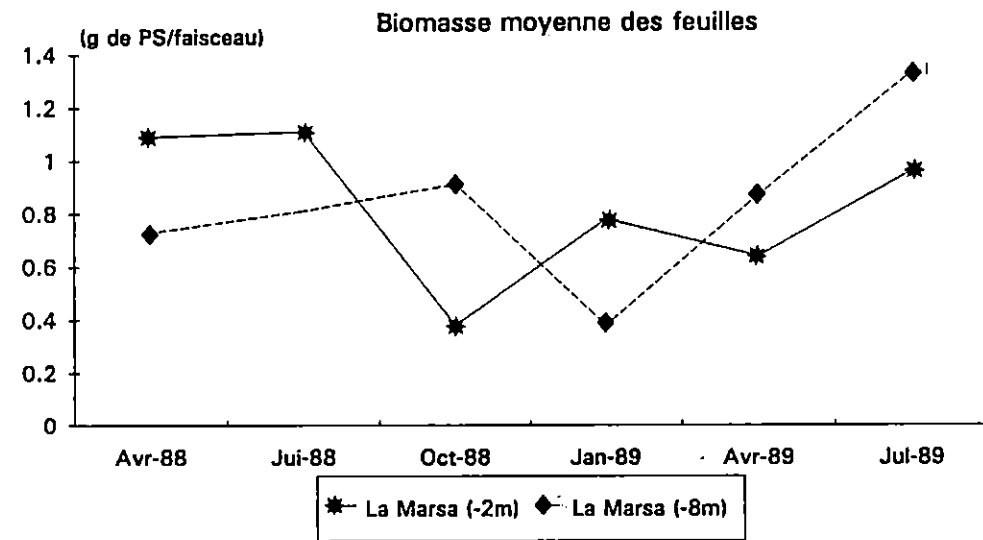


Fig. 36. Evolution saisonnière de la biomasse moyenne de toutes les feuilles de *P. oceanica* (en gramme de poids sec par faisceau) dans les herbiers de La Marsa et de Tamentfoust.

Les paramètres biologiques et écologiques (arrêt de la croissance, hydrodynamisme, broutage par les herbivores et épiphytisme) peuvent intervenir dans ces variations. Comme le montre BAY (1978) dans la baie de Calvi, les valeurs élevées de la biomasse foliaire s'observent toujours au début de l'été.

Tableau 43. Biomasse moyenne des feuilles par faisceau (en g de PS) et par m<sup>2</sup> d'herbier (en g/m<sup>2</sup>) dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes. La valeur en caractère gras représente le maximum et en ( ) le minimum.

	La Marsa (-2m)		La Marsa (-8m)		Tamentfoust (-2m)		Tamentfoust (-8m)	
	faisc.	m <sup>2</sup>	faisc.	m <sup>2</sup>	faisc.	m <sup>2</sup>	faisc.	m <sup>2</sup>
<b>Avril 1988</b>	1.09	518.84	0.73	125.56	0.90	247.50	0.82	93.48
<b>Juin 1988</b>	1.11	528.36	0.81	139.32	1.00	275.00	0.88	100.32
<b>Octobre 1988</b>	(0.38)	(180.88)	0.91	156.52	(0.52)	(143.00)	(0.52)	(59.28)
<b>Janvier 1989</b>	0.78	371.28	(0.38)	(65.36)	0.59	162.25	(0.52)	(59.28)
<b>Avril 1989</b>	0.64	304.64	0.87	149.64	0.61	167.75	0.78	88.92
<b>Juillet 1989</b>	<b>0.96</b>	<b>456.96</b>	<b>1.33</b>	<b>228.76</b>	<b>0.92</b>	<b>253.00</b>	<b>1.21</b>	<b>137.94</b>

L'expression de la biomasse foliaire en g PS/m<sup>2</sup> donne une autre vision de son importance au sein des stations étudiées. En effet, cette biomasse est calculée en fonction de la densité des faisceaux (cf. structure de l'herbier). Comme pour l'indice foliaire, les stations superficielles présentent des biomasses foliaires (g PS/m<sup>2</sup>) qui sont toujours supérieures à celles des stations profondes (Tableau 43). Le maximum est en général en été, le minimum en automne ou en hiver.

Les données, en général, sont supérieures aux données de la littérature à profondeur équivalente (Tableau 44).

Tableau 44. Quelques données sur la biomasse moyenne de toutes les feuilles de *P. oceanica* relevées dans la littérature. \* = Feuilles décalcifiées

Pays	Localités	Références	Profondeur (m)	Biomasse (mgPS/faisc.)	Biomasse (gPS/m <sup>2</sup> )
Egypte	Alexandrie	Mostafa, 1991	4.5	288 M *	120 (septembre)
				189 m *	78 (novembre)
Espagne	Iles Medes	Romero-Martinengo, 1985	5	670 M	322.9 (été)
				290 m	139.8 (hiver)
			8.7	720 M	146.9 (été)
				290 m	59.2 (hiver)
France	Port-Cros	Thelin et Giorgi, 1984	0.7	807 M	732 (août)
				271 m	246 (novembre)
			2.2	1187 M	760 (juin)
				438 m	280 (novembre)
France	Côte-bleue	Cristiani, 1980	3	589 M *	445 (été)
				181 m *	147 (hiver)
			Port-Cros	Libes, 1984	1-5
	300 (hiver)				
France (Corse)	Marseille Calvi	Jupp, 1977	8-15		298-600
		Bay, 1978	10	859 M (mai)	
				322 m (septembre)	

Tableau 44 (suite). Quelques données sur la biomasse moyenne de toutes les feuilles de *P. oceanica* relevées dans la littérature. \* = Feuilles décalcifiées

Pays	Localités	Références	Profondeur (m)	Biomasse (mgPS/faisc.)	Biomasse (gPS/m <sup>2</sup> )
Italie	Naples	Ott et Maurer, 1977	4		600-1700
	Ischia	Mazzella et Ott, 1984	5	963 M (juin)	
15			250 m (octobre)		
Lybie	Benghazi	Farghaly et Denizot, 1984	3.5	896 (juillet)	1200-1500 (été) 1100-1200 (hiver)
Algérie	La Marsa	nos données	2	960 M	457 (juillet)
				380 m	180 (octobre)
			8	1330 M	229 (juillet)
			380 m	65 (octobre)	
	Tamentfoust		2	920 M	253 (juillet)
				520 m	143 (octobre)
8		1210 M	138 (juillet)		
		520 m	59 (oct-janv)		

### 3.4. Biomasse des épiphytes

*Posidonia oceanica* offre aux épiphytes deux types de support : un support lisse, représenté par les feuilles qui peuvent être assimilées à un support vierge devant se repeupler chaque année; un support plus hétérogène, pérennant, représenté par les extrémités épigées des rhizomes (EUGENE, 1978). La croissance des feuilles conditionne la vie et la croissance des épiphytes; ceux-ci se fixent indifféremment ou préférentiellement sur telle ou telle feuille selon l'état physiologique de cette feuille. Cependant, la croissance des épiphytes est limitée dans le temps car les feuilles sont caduques, tombent x à y semaines après leur formation (OTT, 1980; THELIN et BOUDOURESQUE, 1983). Le peuplement révèle des aspects différents : en hiver et au printemps, il est très discret sur les jeunes feuilles, tandis qu'il colonise les feuilles âgées de l'été. Bien que la composition spécifique du peuplement épiphytique des feuilles soit relativement bien connue, les données concernant sa biomasse sont encore fragmentaires (GIORGI et THELIN, 1983; PIRC, 1983; DREW, 1971; ROMERO MARTINEGO, 1981). Dans ce chapitre seul le travail sur l'aspect quantitatif est abordé.

On note des variations importantes de la biomasse des épiphytes au cours de l'année et d'une année à l'autre (Tableau 45 et Fig.37). Ces variations saisonnières sont plus ou moins importantes selon les stations et selon la profondeur. La biomasse moyenne maximale est toujours située au printemps, du moins pour les prélèvements de 1988, en été pour l'année suivante. Elle varie entre 210 et 460 mg de poids sec/faisceau. Les valeurs minimales sont en général en hiver sauf à La Marsa (-2m), où elles se situent en automne. Les valeurs minima se situent entre 50 et 150 mg PS/faisceau. La biomasse moyenne varie significativement avec la profondeur pour une même station et ne présente pas le même type d'évolution pour les deux localités.

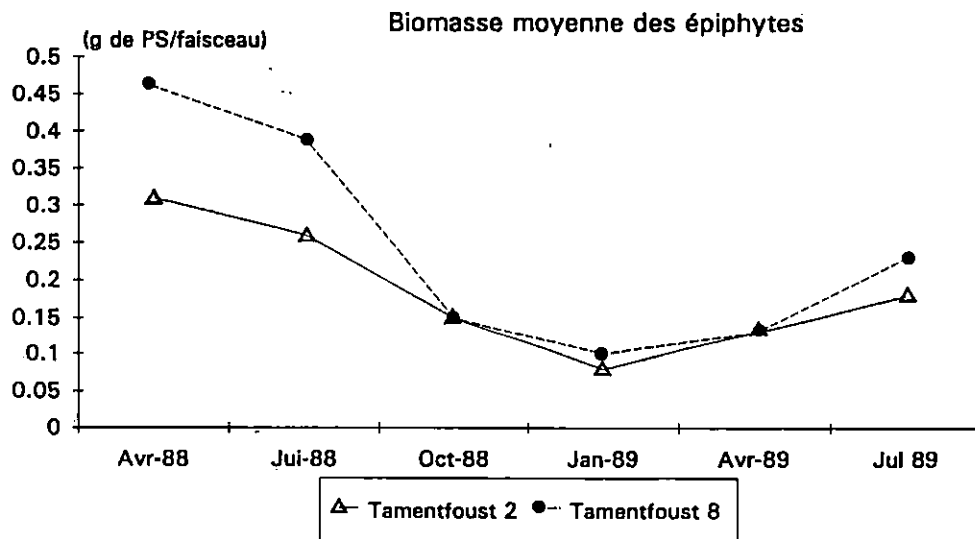
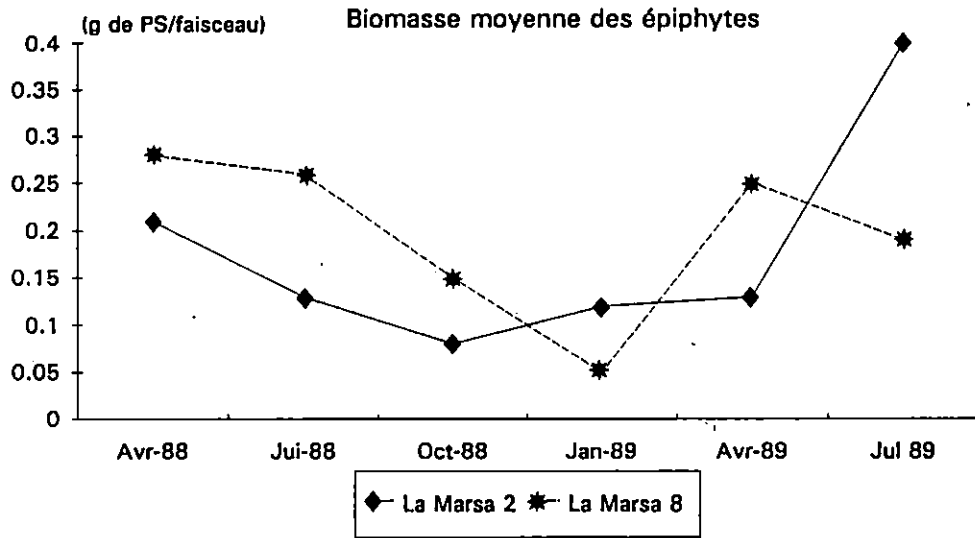


Fig. 37. Evolution saisonnière de la biomasse moyenne des épiphytes de toutes feuilles de *P. oceanica* (en gramme de poids sec par faisceau) dans les herbiers de La Marsa et de Tamentfoust.

Tableau 45. Biomasse moyenne des épiphytes par faisceau (en g de PS) et par m<sup>2</sup> d'herbier (en g PS/m<sup>2</sup>) dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes. La valeur en caractère gras représente le maximum et en ( ) le minimum.

	La Marsa (-2m)		La Marsa (-8m)		Tamentfoust (-2m)		Tamentfoust (-8m)	
	faisc.	m <sup>2</sup>	faisc.	m <sup>2</sup>	faisc.	m <sup>2</sup>	faisc.	m <sup>2</sup>
Avril 1988	0.21	99.96	<b>0.28</b>	<b>48.16</b>	<b>0.31</b>	<b>85.25</b>	<b>0.46</b>	<b>52.44</b>
Juin 1988	0.13	61.88	0.26	44.72	0.26	71.50	0.39	44.46
Octobre 1988	(0.08)	(38.08)	0.15	25.80	0.15	41.25	0.15	17.10
Janvier 1989	0.12	57.12	(0.05)	(8.60)	(0.08)	(22.00)	(0.10)	(11.40)
Avril 1989	0.13	61.88	0.25	43.00	0.13	35.75	0.13	14.82
Juillet 1989	<b>0.40</b>	<b>190.40</b>	0.19	32.68	0.18	49.50	0.23	26.22

L'expression de la biomasse moyenne des épiphytes ramassée à une surface de 1 m<sup>2</sup> (g PS/m<sup>2</sup>) change le schéma évolutif que nous venons d'esquisser précédemment. En effet, cette biomasse est calculée en fonction de la densité des feuilles (cf. structure de l'herbier). Comme pour la biomasse foliaire, les stations superficielles présentent des biomasses moyennes des épiphytes (g PS/m<sup>2</sup>) qui sont toujours supérieures significativement à celles des stations profondes (Tableau 45). Le maximum est en général au printemps et en été, le minimum en hiver ou en automne.

Le pic printanier est dû vraisemblablement à une poussée importante de certaines espèces dominantes. La poussée des feuilles à cette saison permet aux nouvelles espèces de disposer de place sur le support. Cependant, la valeur maximale de la biomasse des épiphytes ne se superpose pas toujours à la période où la valeur moyenne de l'indice foliaire moyen est la plus forte (LIBES, 1984).

En hiver, la chute des feuilles avec leurs épiphytes, qui commence le plus souvent en automne est responsable de la forte diminution de la biomasse des épiphytes. En effet, les tempêtes éliminent les feuilles séniles sur lesquelles les épiphytes sont au maximum de leur développement. Seules les feuilles apparues au cours de l'été, subsistent.

Le pourcentage de la biomasse des épiphytes par rapport à la biomasse totale (feuilles et épiphytes) varie aussi beaucoup au cours de l'année (Tableau 46)

Tableau 46. Biomasse totale moyenne (bT) (feuilles et épiphytes) par faisceau (en g de PS) et pourcentage de la biomasse moyenne des épiphytes (%bE) par rapport à la biomasse totale moyenne dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des faisceaux. La valeur en caractère gras représente le maximum et en ( ) = valeurs moyennes minimales.

	La Marsa (-2m)		La Marsa (-8m)		Tamentfoust (-2m)		Tamentfoust (-8m)	
	bT	%bE	bT	%bE	bT	%bE	bT	%bE
Avril 1988	1.30	16.2	1.01	<b>27.7</b>	1.21	<b>25.6</b>	1.28	<b>35.9</b>
Juin 1988	1.24	10.5	10.7	24.3	<b>1.26</b>	20.6	1.27	30.7
Octobre 1988	(0.46)	<b>17.4</b>	10.6	14.2	(0.67)	22.4	0.67	22.4
Janvier 1989	0.90	13.3	(0.43)	(11.6)	(0.67)	(11.9)	(0.60)	16.7
Avril 1989	0.77	16.9	1.12	22.3	0.74	17.6	0.91	(14.3)
Juillet 1989	<b>1.36</b>	(8.7)	<b>1.52</b>	12.5	1.10	16.4	<b>1.44</b>	16.0

Les épiphytes représentent donc 8.7 à 35.9 % de la biomasse totale (feuilles et épiphytes) des herbiers de posidonies de La Marsa et de Tamentfoust. Le pourcentage de la biomasse moyenne des épiphytes pour l'ensemble des prélèvements est toujours plus important dans les stations profondes. C'est à Tamentfoust (-8 m) que le pourcentage moyen est le plus fort (28.7) et à La Marsa (-2 m) qu'il est le plus faible (13.8). L'herbier de la région de Tamentfoust est toujours plus épiphyté que celui de La Marsa et ce quelle que soit la profondeur. L'action conjuguée d'un environnement sédimentaire riche en sédiment fin et d'un hydrodynamisme faible est néfaste au développement des bryozoaires (EUGENE, 1978). Les colonies d'Hydraires par contre connaissent un développement optimal. Dans le cas où l'hydrodynamisme est important, les Bryozoaires, particulièrement rhéophiles, dépendant des courants pour leur alimentation, trouvent des conditions optimum. L'influence de la luminosité et l'influence de l'environnement sédimentaire diffèrent selon les stations et influent sur les espèces. La richesse spécifique de l'épifaune dépend beaucoup de l'environnement biotique de l'herbier.

Les valeurs des biomasses des épiphytes ne sont pas importantes. Lorsqu'elles sont exprimées en pourcentage, elles sont sensiblement les mêmes et s'inscrivent en général, dans l'intervalle des valeurs trouvées dans la littérature (Tableaux 47 et 48).

La biomasse moyenne des épiphytes est variable d'une région à l'autre. BALESTEROS (1987) à 2.5 m trouve entre 11 et 470 g PS/m<sup>2</sup>; DELGADO TOREZ (1985) trouve entre 36 et 152 g PS/m<sup>2</sup> dans la région espagnole.

Tableau 47. Données de la littérature sur la biomasse moyenne des épiphytes.

Pays	Localités	Références	Biomasse (mg.PS/faisc.)	Biomasse (g.PS/m <sup>2</sup> )	Profondeur (m)
Egypte	Alexandrie	Mostafa, 1991	105 M (sept.) 59 m (mai)	43 25	4.5
Espagne	Iles Medes	Romero- Martinengo, 1985	500 M (jul.-août) 10 m (nov.-dec.) 450 M (sept.) 40 m (dec.)	241 4.82 91.8 8.2	5 8.7
France	Port-Cros	Giorgi et Thelin, 1983	143 M (avril) 10 m (novembre) 495 M (août) 29 m (décembre)	129 9 317 19	0.5 2.2
		Libes, 1984	100 m (hiver) 750 M (été)	63 472	1-5
Italie	Ischia	Mazzella et Ott, 1984	210 M (juin) 9.9 m (décembre) 91 M (jul.-août) 13 m (décembre)		5 15
Maltes		Drew, 1971		35	27
Algérie	La Marsa	nos données	400 M (juillet) 80 m (octobre) 280 M (avril) 50 m (janvier)	190 38 48 8.6	2 8
	Tamentfoust		310 M (avril) 80 m (janvier) 460 M (avril) 100 m (janvier)	85 22 52 11	2 8

Tableau 48. Pourcentage de la biomasse des épiphytes par rapport à la biomasse totale (feuilles et épiphytes) relevé dans la littérature.

Pays	Localités	Références	Biomasse épiphytes (%)	Profondeur (m)	
France	Port-Cros	Thelin et	6 (février)	2.2	
		Bedhomme, 1983	31 (avril)		
France	Port-Cros	Giorgi et	2 (novembre)	0.7	
		Thelin, 1983	39 (avril)		
Italie	Ischia	Libes, 1984	10 - 27	2.5	
		Mazzella et	31 - 3.4		
Italie	Ischia	Ott, 1984	9.6 - 4.8	15	
		Ott, 1980	5		
Algérie	La Marsa	nos données	8.7 (juillet)	2	
			17.4 (octobre)		
			11.6 (janvier)		
	Tamentfoust			22.3 (avril)	8
				11.9 (janvier)	
				17.6 (avril)	
				14.3 (avril)	
			22.4 (octobre)	8	

### 3.5. La matre de l'herbier à *Posidonia oceanica*

#### 3.5.1. Structure de la matre de l'herbier

Lors de nos prélèvements, il est apparu que la structure des carottes obtenues ne présentait qu'un aspect variable à plusieurs points de vue : texture, réseau de rhizomes et de racines, type de rhizomes, épaisseur des racines et type de sédiment.

A La Marsa, pour les deux profondeurs et comme à Tamentfoust à -8 m, les carottes de matre présentent le même aspect. La structure des blocs est simple : ils sont constitués par des rhizomes orthotropes avec des ramifications de rhizomes fils en nombre réduit. On note l'absence de rhizomes plagiotropes. Les racines, peu nombreuses et longues, sont épaisses avec peu de ramifications, emprisonnant un sédiment parfois grossier. L'enchevêtrement est faible et la compacité de la matre réduite.

Les blocs de matre de la station de Tamentfoust (-2 m) diffèrent totalement de ceux de La Marsa. On note la complexité des enchevêtrements constitués par un réseau composé à la fois par des racines très fines et nombreuses et des rhizomes en nombre réduit (plagiotropes et orthotropes) placés en alternance. La matre très compacte enferme des poches de sédiment vaseux noirâtre d'où se dégage une odeur d'H<sub>2</sub>S. Comme le précise P. FRANCOUR (1990), ces poches résulteraient d'une floculation de sédiment en suspension dans des conditions hydrodynamiques très calmes et souligne que leur présence serait liée à leur position, à proximité d'un récif barrière ou d'une zone de décantation relativement calme.

### 3.5.2. Biomasse et nécromasse végétales endogées

Les valeurs des biomasses et nécromasses calculées pour chaque compartiment de la matre (Tableau 50) à partir des données brutes (Tableau 49) ne tiennent pas compte des coefficients K1 et K2 définis par FRANCOUR (1990), excepté à Tamentfoust (-2m) où la carotte a atteint 30 cm de long; dans les autres stations la longueur n'a pas dépassé 13 cm (Tableau 49).

Les valeurs de la biomasse et de la nécromasse des rhizomes et des racines diffèrent entre les stations (Tableau 50). La biomasse diminue avec la profondeur; comme le font remarquer FRANCOUR (1990), GIRAUD, (1977) et ROMERO-MARTINENGO, (1985); cette diminution est liée directement à la diminution du nombre de faisceaux par m<sup>2</sup> et probablement, à la diminution de l'intensité lumineuse.

Les données ramenées à l'unité biologique (le faisceau de feuille de *Posidonia oceanica*), sont homogènes, sauf à Tamentfoust (-2 m) où la biomasse est la plus élevée. Il en est de même, lorsque l'on compare les valeurs obtenues par estimation en (%) de rhizomes et de racines vivants, par rapport à la totalité du matériel présent, mort et vivant.

La biomasse des rhizomes endogés vivants est toujours supérieure à la biomasse des racines pour les stations profondes, quelle que soit la zone de prélèvement. Elle est, par contre, plus faible pour les stations superficielles. C'est dans la station de Tamentfoust (-2 m) que cette différence est la plus marquée. La biomasse racinaire au niveau de cette station est deux fois plus importante que la biomasse des rhizomes.

Tableau 49. Biomasses et nécromasses (en g de poids sec/carotte) des différents compartiments de la matre de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans les stations étudiées (données brutes).

Rh = rhizomes, R = racines, Nb = nombre, F = faisceaux. La biomasse des rhizomes = (biomasses rhizomes épigés + endogés).

Stations	La Marsa			La Marsa	Tamentfoust			Tamentfoust
	(-2 m)			(-8 m)	(-2 m)			(-8 m)
Echantillon	n°1	n°2	moyenne		n°1	n°2	moyenne	
Rh. épigés	44.1	70.4	57.25	43.15	31.52	30.72	31.12	18.7
Rh. endogés vivants	80.65	118.53	99.59	73.7	38.86	26.73	32.80	53.72
Rh. endogés morts	51.36	19.33	35.35	19.58	73.28	128.08	100.68	0.00
R. vivantes	14.82	23.49	19.16	8.13	72.11	90.02	81.07	7.01
R. mortes	5.56	7.68	6.62	5.06	58.03	60.19	59.11	0.97
Biomasse des rhizomes	124.75	188.93	156.84	116.85	70.38	57.45	63.92	72.4
Biomasse Totale	139.57	212.42	175.99	124.98	142.49	147.47	144.99	79.41
Nécromasse Totale	56.92	27.01	41.96	24.64	131.31	188.27	159.79	0.97
Masse végétale globale	196.5	239.4	217.95	149.62	273.8	335.74	304.77	80.38
Hauteur (cm)	13	9	11	13	23.5	29	26.3	6
Longueur (cm)	15	15	15	15	17.5	16	16.8	14

Tableau 49 (suite). Biomasses et nécromasses (en g de poids sec/carotte) des différents compartiments de la matre de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans les stations étudiées (données brutes).

Rh = rhizomes, R = racines, Nb = nombre, F = faisceaux. La biomasse des rhizomes = (biomasses rhizomes épigés+endogés).

Stations	La Marsa			La Marsa	Tamentfoust			Tamentfoust
Profondeur	(-2 m)			(-8 m)	(-2 m)			(-8 m)
largeur (cm)	13	15	14	15	14	13	13.5	14
Volume de la matre cm <sup>3</sup>	2535.0	2025.0	2310.0	2925.0	5757.5	6032.0	5964.8	1176
Nb. Faisceau	20	26	23.0	15	13	12	12.5	13
Densité F/m <sup>2</sup>	476			172	275			114

Tableau 50. Biomasses et nécromasses (en g de poids sec) des différents compartiments de la matre de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans les stations étudiées.

RHV = rhizomes vivants (épigés+endogés); RV = racines vivantes; M = ensemble du matériel mort (racines et rhizomes); T = totalité du matériel, rhizomes et racines, mort et vivant. F = faisceau de feuilles de *Posidonia oceanica*.

Paramètres	Tamentfoust (-2 m)	Tamentfoust (-8 m)	La Marsa (-2 m)	La Marsa (-8 m)
RHV g/m <sup>2</sup>	1406.24	634.9	3245.9	1339.9
RV g/m <sup>2</sup>	1783.54	61.47	396.52	93.22
Nécromasse Totale ou M kg/m <sup>3</sup>	28.29	0.82	18.16	8.42
Masse végétale globale ou T kg/m <sup>3</sup>	51.09	68.35	94.35	51.15
Masse végétale globale ou T kg/m <sup>2</sup> *	6.7	0.7	4.5	1.7
RHV g/F	5.1	5.6	6.8	7.8
RV g/F	6.48	0.54	0.83	0.54
T g/F	24.38	6.18	9.47	9.97
RHV/T (%)	20.9	90.6	71.8	78.23
RV (%)	26.57	8.73	8.76	5.41

\* ce paramètre, exprimé par unité de surface et non de volume, n'est indiqué qu'à titre de comparaison avec les données de la littérature.

Tableau 51. Biomasses et nécromasses (en g de poids sec) des différents compartiments de la matre de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans les stations étudiées.

RHV = rhizomes vivants (endogés uniquement); RV = racines vivantes; M = ensemble du matériel mort (racines et rhizomes); T = totalité du matériel, rhizomes et racines, mort et vivant. F = faisceau de feuilles de *Posidonia oceanica*.

Paramètres	Tamentfoust (-2 m)	Tamentfoust (-8 m)	La Marsa (-2 m)	La Marsa (-8 m)
RHV g/m <sup>2</sup>	721.6	470.9	2061.08	845.09
RV g/m <sup>2</sup>	1783.54	61.47	396.52	93.22
Nécromasse Totale ou M kg/m <sup>3</sup>	28.29	0.82	18.16	8.42
Masse végétale globale ou T kg/m <sup>3</sup>	45.87	52.44	69.56	36.4
Masse végétale globale ou T kg/m <sup>2</sup> *	6.02	0.54	3.32	1.22
RHV g/F	2.62	4.13	4.33	4.9
RV g/F	6.48	0.54	0.83	0.54
T g/F	21.89	4.74	6.98	7.09
RHV/T (%)	11.96	87.13	62.03	69.11
RV (%)	29.6	11.39	11.89	7.6

Pour l'établissement du tableau de comparaison nous n'avons tenu compte que des valeurs calculées à partir de la biomasse des rhizomes endogés de la matre. Les données de FRANCOUR (1990) ne tenant pas compte des rhizomes épigés. Dans l'ensemble, nos données sont similaires à celles trouvées par ROMERO (1985) dans l'herbier des Iles Medes en Espagne, à des profondeurs équivalentes (Tableau 52).

Tableau 52. Comparaison d'après FRANCOUR (1990) complétée par nos données.

Paramètres	Nos données				Boudouresque & Judy de Grissac	Francour	Romero	Pirc		
					(1986)	(1990)	(1985)	(1983)		
Localité	La Marsa		Tamentfoust		Corse	Port-Cros	Iles Medes		Ischia	
Profondeur	2 m	8 m	2 m	8 m	17 m	3 m	24 m	5 m	13 m	3-4 m
Densité F/m <sup>2</sup>	476	172	275	114	490	500	300	-	-	537
RHV g PS/m <sup>2</sup>	2061	845	721	471	3317	2713	902	2782	1207	1207
RV g PS/m <sup>2</sup>	396	93	1784	62	668	1095	442	308	204	-
T g PS/m <sup>2</sup>	3320	1220	6020	540	5020	9001	3001	-	-	5859
RHV/F g PS	4.3	4.9	2.6	4.1	6.8	6.5	6.1	4.4	3.6	5.4
RV/F g PS	0.8	0.5	6.5	0.5	1.4	2.8	3.0	0.5	0.6	-
T/F g PS	6.9	7.1	21.9	4.7	10.2	27.2	29.9	-	-	10.9
RHV/T %	62.0	69.1	12.0	87.1	30.6	28.5	25.6	-	-	49.2
RV/T %	11.9	7.6	29.6	11.4	12.9	9.6	10.3	-	-	-

### 3.5.3. Biomasse végétale épigée et endogée

Peu de travaux sont consacrés à la question. Les données que nous possédons à l'heure actuelle sont celles réunies par FRANCOUR (1990). Nous avons tenté de rechercher pour les herbiers de La Marsa et de Tamentfoust les valeurs de ces biomasses ainsi que le rapport de la biomasse épigée sur la biomasse endogée (Tableau 53).

Le rapport biomasse épigée / endogée est compris entre 0.14 et 0.36. Ces valeurs extrêmes se rencontrent à Tamentfoust. A La Marsa, par contre le rapport est le même, quelle que soit la profondeur du prélèvement. La biomasse épigée (biomasse des feuilles+biomasse des épiphytes) est calculée à partir des valeurs maximales obtenues au cours de notre étude. Elles correspondent aux mois de juin et juillet. Le rapport biomasse épigée / endogée obtenu à Tamentfoust (-2 m) est relativement faible par rapport aux autres stations. Ceci serait en relation avec la structure de la matre (importance du compartiment racinaire) et peut être au stress subi par l'herbier par la présence d'une pollution locale.

Les autres rapports sont par contre, semblables à ceux obtenus par d'autres auteurs. Il apparaît donc, comme le souligne FRANCOUR (1990), que le rapport biomasse épigée / biomasse endogée est relativement constant quelles que soient la localisation et la profondeur de l'herbier; cet auteur précise que ce rapport varie de 0.21 à 0.41, soit 0.30 de moyenne.

Les rapports des stations de La Marsa et celui de Tamentfoust (-8 m) sont du même ordre de grandeur et confirment l'hypothèse avancée par P. FRANCOUR (1990), selon laquelle ce rapport pourrait déterminer de façon synchrone les variations de biomasse de feuilles, de racines et de rhizomes. Seul, à Tamentfoust (-2 m) ce rapport est faible.

Tableau 53. Biomasse épigée et endogée ainsi que le rapport biomasse épigée/biomasse endogée dans l'herbier des stations étudiées. La biomasse des rhizomes ne concerne que les rhizomes endogés.

Epi/Endo = biomasse épigée/biomasse endogée

Station	La Marsa		Tamentfoust	
	(2 m)	(8 m)	(2 m)	(8 m)
Biomasse feuilles (g PS/m <sup>2</sup> )	456.96	228.76	253.00	137.94
Biomasse épiphytes (g PS/m <sup>2</sup> )	190.40	32.68	85.25	52.44
<b>Biomasse épigée (g PS/m<sup>2</sup>)</b>	<b>647.4</b>	<b>261.4</b>	<b>338.3</b>	<b>190.4</b>
Biomasse rhizomes (g PS/m <sup>2</sup> )	2061.08	845.09	721.6	470.9
Biomasse racines (g PS/m <sup>2</sup> )	396.42	93.17	1783.54	61.47
<b>Biomasse endogée (g PS/m<sup>2</sup>)</b>	<b>2457.5</b>	<b>938.3</b>	<b>2505.1</b>	<b>532.4</b>
<b>Rapport Epi/endo</b>	<b>0.26</b>	<b>0.28</b>	<b>0.14</b>	<b>0.36</b>

### 3.5.4. L'indice racinaire

Les résultats ont fait l'objet d'une publication dans la revue *Aquatic Botany* sous la référence : FRANCOUR, P. and SEMROUD, R. 1992. Calculation of the root area index in *Posidonia oceanica* in the western Mediterranean. *Aquat. Bot.*, Netherl., 42 : 281-286.

Peu de travaux ont été consacrés à ce compartiment qui constitue plus généralement le compartiment endogé de la plante (FRANCOUR, 1985; FRANCOUR, 1990; ROMERO-MARTINENGO, 1985; BOUDOURESQUE et JEUDY DE GRISSAC, 1986; CAYE, 1989). Le manque de connaissance actuelle sur la rhizophère ne permet pas d'apprécier la part de ce compartiment dans la physiologie générale de la plante. Bien que les sites d'absorption racinaires restent encore inconnus, plusieurs auteurs ont démontré l'existence d'une absorption racinaire dans le genre *Posidonia* (KUO et CAMBRIDGE, 1978; HOCHKING et al., 1980; KUO et al., 1981 pour *P. australis* et *P. sinuosa*; FRESI et SAGGIOMO, 1981 pour *P. oceanica*).

L'indice racinaire (RAI), équivalent à l'indice foliaire (LAI), représente la surface de racine par unité de surface d'herbier. Cet indice est calculé à l'aide d'une relation établie entre le poids d'un fragment de racine et sa surface (équations de régression). Les relations établies pour chaque station sont présentées dans le Tableau 54. Toutes les relations sont linéaires (Fig. 40) et moins de 1% des données est rejeté à chaque station.

Tableau 54. Equations de régression établies pour chaque station entre la surface racinaire (ordonnées en mm<sup>2</sup>) et le poids d'un fragment de racine (abscisse en mg PH).

a = ordonnée à l'origine, b = pente, erreur standard entre parenthèse, r = coefficient de corrélation, n = nombre de mesures.

Station	a	b	r
La Marsa (-2m) (n=46)	106.858 (12.867)	0.930 (0.033)	0.974
Tamentfoust (-8m) (n=175)	97.028 (4.858)	0.966 (0.018)	0.970
Algérie (n=221)	99.048 (4.573)	0.955 (0.015)	0.973

Les deux relations établies pour La Marsa et Tamentfoust (Fig. 38) ne sont pas significativement différentes l'une de l'autre ( $t = 108309$ , ddl = 218,  $p < 0.05$ ). Les données peuvent donc être réunies (Tableau 54, Algérie)

**Calcul de l'indice racinaire :** l'indice racinaire moyen (RAI) à chaque station est calculé à l'aide des biomasses moyennes de racines vivantes et de l'équation établie pour chaque station (Tableau 55).

L'indice racinaire calculé pour *P. oceanica* varie de 1.48 à 15.00 m<sup>2</sup> / m<sup>2</sup>. Si l'on exprime la surface de racine par nombre de faisceaux de posidonies, le nouvel indice calculé est beaucoup plus stable : 0.01 à 0.05 m<sup>2</sup> / m<sup>2</sup>

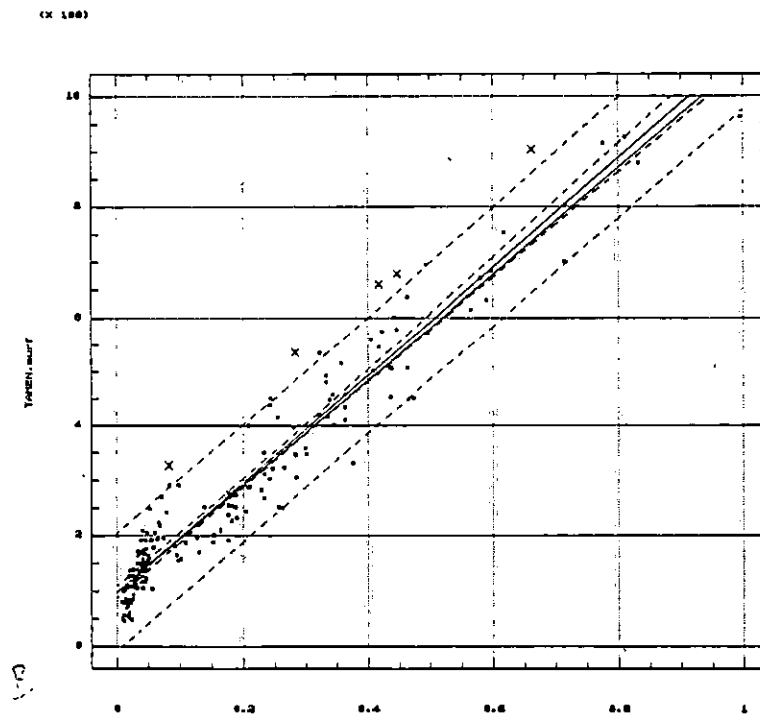
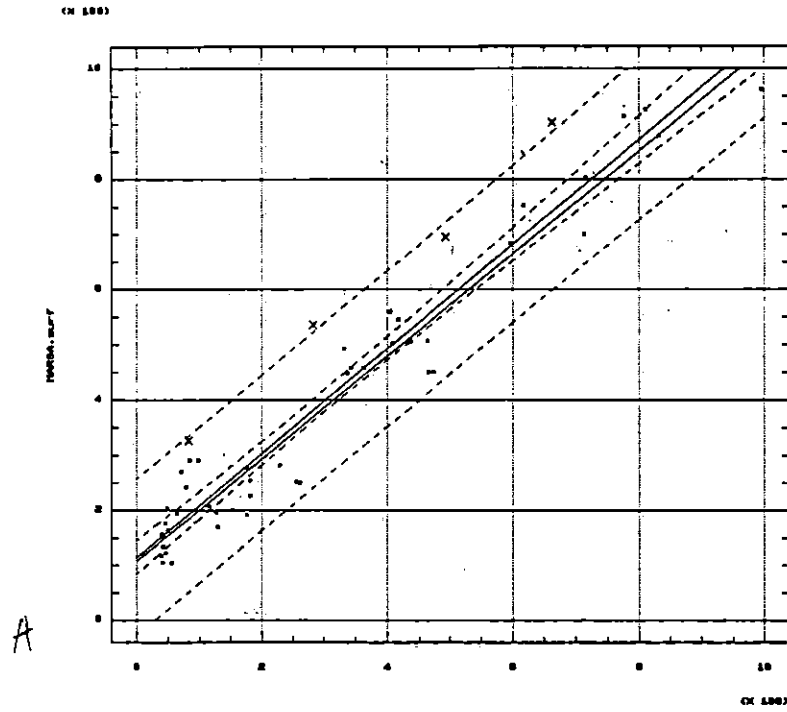


Fig. 38. Relations biométriques établies entre la surface racinaire (ordonnées en millimètres carrés) et le poids d'un fragment de racine (abscisse en milligrammes de poids humide) pour les racines *P oceanica* aux stations de La Marsa et de Tamentfoust.

Tableau 55. Indice racinaire (RAI) de *Posidonia oceanica*, exprimé en surface de racine (m<sup>2</sup>) par unité de surface d'herbier (m<sup>2</sup>) ou par (Faisceau), pour les différentes stations. L'indice foliaire (LAI) est également indiqué pour chaque station.

Station	RAI (m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> )	RAI (m <sup>2</sup> / Faisc)	LAI (m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> )
Tamentfoust (-2m)	15.00	0.05	3.6
Tamentfoust (-8m)	1.48	0.01	1.7
La Marsa (-2m)	3.73	0.01	3.5
La Marsa (-8m)	1.5	0.01	4.3

Les résultats obtenus pour l'indice racinaire (RAI) et pour l'indice foliaire (LAI) font ressortir les observations suivantes : l'inde racinaire est très important à Tamentfoust (-2 m), il est 4 fois plus grand que l'indice foliaire. Ce résultat traduit en quelque sorte le type d'herbier (herbier sur matre) et l'écologie du site caractérisée principalement par son mode calme et sous influence des effets de la pollution. A l'inverse, à La Marsa (-8 m) l'indice racinaire est plus faible que l'indice foliaire (3 fois plus faible). Le développement considérable des feuilles dans cette station souligne l'importance de la qualité du milieu.

**Discussion :** La variabilité des indices calculés reflète la variabilité des biomasses de racines vivantes calculées dans nos stations. Cette variabilité est aussi mise en évidence à Port -Cros par FRANCOUR (1990) (Tableau 56).

FRANCOUR (1990) fait remarquer que l'indice racinaire exprimé par faisceau est une valeur constante. La diversité des herbiers étudiés (herbier superficiel (Tamentfoust, -2m) et Port-Cros, -2m), herbier sur roche (La Marsa, -2m), herbier profond (Port-Cros, -24m), tombant de matre (Port-Cros, -4m)) permet de supposer que cette homogénéité des résultats représente une caractéristique physiologique de la plante. FRANCOUR (1990), en comparant les biomasses de racines ou de rhizomes vivants, des herbiers en France, en Corse et en Espagne, avait déjà émis l'hypothèse d'une telle caractéristique physiologique pour *Posidonia oceanica*.

Tableau 56. Indice racinaire (RAI) de *Posidonia oceanica*, exprimé en surface de racine (m<sup>2</sup>) par unité de surface d'herbier (m<sup>2</sup>) ou par (Faisceau), à différentes profondeurs à Port-Cros. L'indice foliaire (LAI) est également indiqué pour chaque station. - : donnée manquante (d'après FRANCOUR (1990)).

Station	RAI (m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> )	RAI (m <sup>2</sup> / Faisc)	LAI (m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> )
<b>France</b>			
Port-Cros (-2m)	6.74	0.02	13.3
Port-Cros (-4m)	11.8	0.03	-
Port-Cros (-24m)	2.72	0.02	3.8

Les seuls travaux que nous ayons à ce jour sur ce sujet sont ceux de SMITH *et al.*, (1979) et FRANCOUR (1990). SMITH *et al.*, (1979) ont calculé un tel indice racinaire pour une phanérogame marine. Ces auteurs ont travaillé sur *Zostera marina* et *Halodule wrightii*. Ils indiquent un indice racinaire de 1.28 à 1.39 cm<sup>2</sup> / cm<sup>3</sup> pour *Zostera marina* et 0.43 cm<sup>2</sup> / cm<sup>3</sup> pour *Halodule wrightii*. En reprenant les mêmes unités que ces auteurs, l'indice racinaire varie de 0.11 à 0.56 en Algérie à 0.08 à 0.09 à Port-Cros.

L'indice racinaire calculé pour *P. oceanica* est plus faible que celui indiqué pour *Zostera marina*, mais du même ordre de grandeur que pour *Halodule wrightii*. La présence de nombreux poils racinaires chez *Z. marina*, que SMITH *et al.*, ont pris en compte dans leurs calculs de surface, et leur absence chez *P. oceanica* (SAUVAGEAU, 1889), expliquent probablement la différence obtenue dans les ordres de grandeur (*in* FRANCOUR, 1990).

Chez *Posidonia oceanica*, l'indice racinaire, comparé à l'indice foliaire, n'est pas négligeable. Les différences sont inférieures à un facteur 3 en Algérie et à un facteur 2 en France. La mise en évidence d'une surface importante localisée dans le compartiment racinaire (200 cm<sup>2</sup> / faisceau de feuilles) laisse supposer que ce compartiment contribue de façon significative à l'absorption de nutriments par la plante. Les données manquantes sur la physiologie de la plante (LIBES et BOUDOURESQUE, 1987) devraient nous laisser penser que ce compartiment joue un rôle non négligeable dans la physiologie de *P. oceanica*. Seule la mise en évidence de transfert de photosynthétats depuis les feuilles vers les rhizomes et les racines (LIBES et BOUDOURESQUE, 1987) confirme le rôle prépondérant joué par le compartiment foliaire, siège de la photosynthèse, à l'heure actuelle.

Toutefois, comme le souligne FRANCOUR (1990), les résultats que nous avons obtenus (indice racinaire élevé) en Algérie et en France ne sont pas à exclure du processus physiologique de la plante. Il en ressort qu'une attention particulière devrait être accordée, à ce compartiment en plus du compartiment foliaire, afin de compléter et d'apprécier les observations de FRESI et SAGGIOMO (1981) sur la physiologie de *P. oceanica* dans son ensemble.

## LES ECHINODERMES

## 4. LES ECHINODERMES

### 4.1. *Echinoidea*

Les populations d'herbivores, et tout particulièrement d'Echinoïdes, jouent un rôle fondamental dans la structure et le fonctionnement des écosystèmes benthiques. Ce sont souvent des espèces-clé "keystone species" ou des intermédiaires importants "strong interactors" qui tiennent une place centrale dans le transfert d'énergie de l'échelon primaire vers les échelons supérieurs. En outre, la sélection de la nourriture, lorsqu'elle est fortement contrastée, détermine la composition et la structure du couvert végétal, qui apparaît alors comme le *négatif* de leurs préférences alimentaires. Enfin, lorsque la pression de broutage devient très forte, ces herbivores peuvent induire l'apparition de faciès de *surpâturage* "barren rocks", "isoyake", où les végétaux fortement évités, dont la stratégie de résistance au broutage est efficace, deviennent exubérants.

En Méditerranée, les oursins *Paracentrotus lividus* et *Sphaerechinus granularis* jouent un tel rôle dans deux écosystèmes infralittoraux : l'herbier à *Posidonia oceanica* et les peuplements photophiles de substrat dur. Bien qu'ils soient potentiellement omnivores, leur régime est essentiellement végétarien (KEMPF, 1962; TRAER, 1980; KIRKMANN et YOUNG, 1981; NEDELEC, 1982; VERLAQUE et NEDELEC, 1983a, 1983b; VERLAQUE, 1984, 1987a, b).

#### 4.1.1. *Paracentrotus lividus*

##### 4.1.1.1. Dénombrement et densité

#### La répartition de *Paracentrotus lividus*

Les principaux facteurs déterminant la répartition spatiale de *Paracentrotus lividus* sont la bathymétrie (densité maximale dans la zone superficielle)

le type de fond (ALLAIN, 1975)

l'exposition à l'hydrodynamisme (KEMPF, 1962; REGIS, 1978; AZZOLINA, *et al.*, 1985)

la pression de la prédation (KEMPF, 1962; VERLAQUE, 1987b)

les ressources alimentaires disponibles (production locale ou importée par l'hydrodynamisme : NEDELEC, 1982; VERLAQUE, 1987a, b)

Les facteurs que nous venons d'énoncer vont être, sûrement à l'origine des variations et des différences que nous mettons en évidence dans la présente étude.

L'oursin *P. lividus* est rencontré dans toutes les stations quelle que soit la profondeur et quelle que soit la saison, en général. Il est souvent accompagné de *Sphaerechinus granularis*, très rarement d'*Arbacia lixula* et des *Holothuridea*. C'est l'espèce la plus fréquente. La variation saisonnière de la dominance est plus marquée dans les stations

profondes. Elle l'est aussi pour les stations superficielles où l'on note une différence entre La Marsa (dominance moyenne 94.4) et Tamentfoust (dominance moyenne 63.4) (Tableau 57). Cette baisse de la dominance est due à la présence d'importants effectifs de *S. granularis* et de *H. tubulosa*.

### Les densités

Les différences de densités constatées, en fonction de la bathymétrie, sont très nettes. L'influence de la profondeur est déterminante pour l'habitat des *P. lividus*. Les valeurs obtenues sont très basses à la profondeur de 8 m. C'est à Tamentfoust (-8 m) que l'on rencontre les densités les plus faibles (Tableau 57 et Fig. 39).

Les densités maximales se rencontrent dans les stations superficielles avec un grand effectif à La Marsa. Ces observations concordent avec les données de la littérature qui précisent que les effectifs les plus forts se situent entre 1 et 5 m (VERLAQUE, 1984)

Les herbiers à *Posidonia oceanica* superficiels de La Marsa et de Tamentfoust constituent pour *P. lividus* un biotope favorable du point de vue trophique et un abri efficace contre la plupart de ses prédateurs. Ce rôle de protection est particulièrement net dans la zone côtière rocheuse de La Marsa (herbier sur roche) où l'on observe un pic d'abondance en permanence; un pic d'abondance s'observe également à la limite supérieure de l'herbier et un autre au début de l'herbier à *P. oceanica* homogène. Il existe de véritables "fronts d'oursins" à ces endroits selon l'expression d'AZZOLINA (1988).

### Fluctuations saisonnières des effectifs

Compte tenu des faibles effectifs de l'oursin *Paracentrotus lividus* dans les stations situées à 8 m de profondeur, nos résultats et discussion n'en tiendront pas compte et ne concerneront que les populations situées dans les stations de 2 m de profondeur.

Que ce soit à La Marsa ou à Tamentfoust les effectifs globaux (toutes classes confondues), varient d'une saison à l'autre (Tableau 57) et de façon très nette à La Marsa où l'effectif global est le plus fort avec deux pics, l'un en janvier et l'autre en juillet.

L'analyse de variance des échantillons montre, en effet que les densités moyennes, d'une saison à l'autre diffèrent significativement (à 5%) à La Marsa mais pas à Tamentfoust et ce malgré un accroissement printanier notable.

La variation saisonnière du diamètre moyen des oursins montre, dans l'ensemble, des fluctuations quelle que soit la station. Ces variations sont nettement plus marquées à La Marsa avec la valeur la plus forte en juillet et la valeur la plus faible en janvier (Fig. 40 et 41). A Tamentfoust, le diamètre moyen global de *P. lividus* est plus élevé (38.5 mm) que celui à La Marsa (34.8 mm). La variation du diamètre, exception faite pour le mois d'octobre, ne montre pas de variations notoires.

Toutes ces différences sont confirmées par une analyse de variance qui montre une variation significative du diamètre moyen à La Marsa pour un coefficient de risque de à 0.05, et une variation non significative à Tamentfoust entre les mois de janvier, avril et juillet mais par contre, significative entre le mois d'octobre et les autres mois.

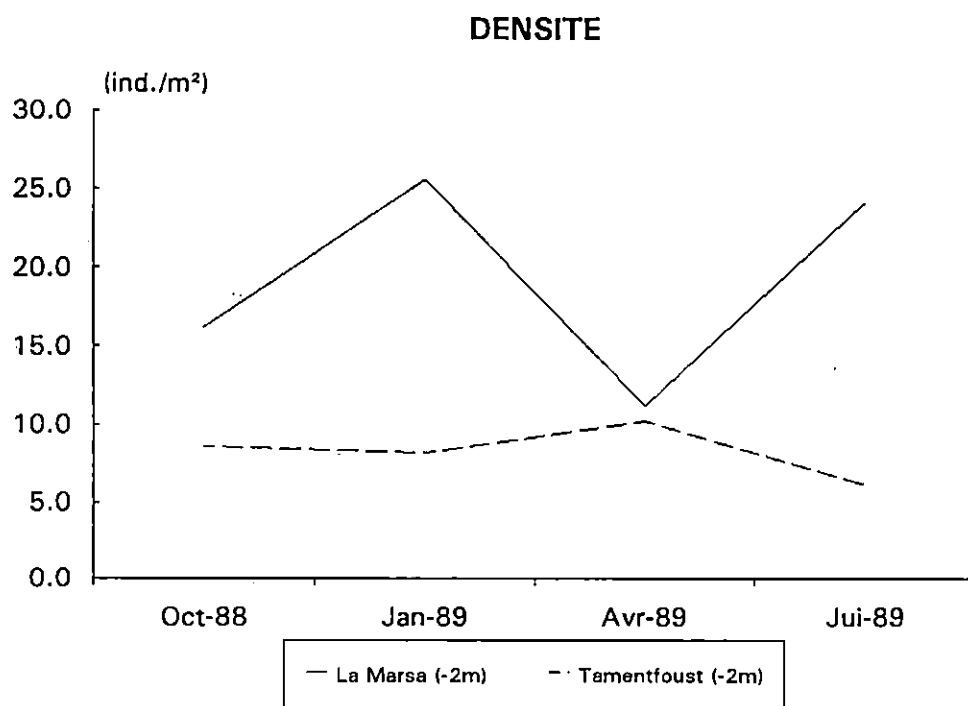
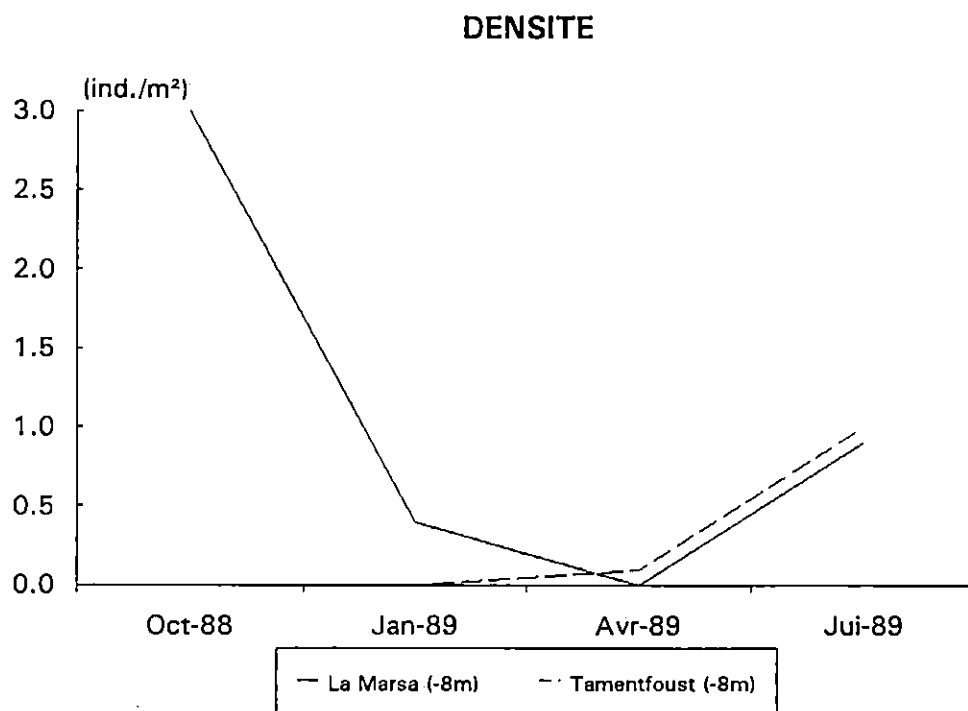
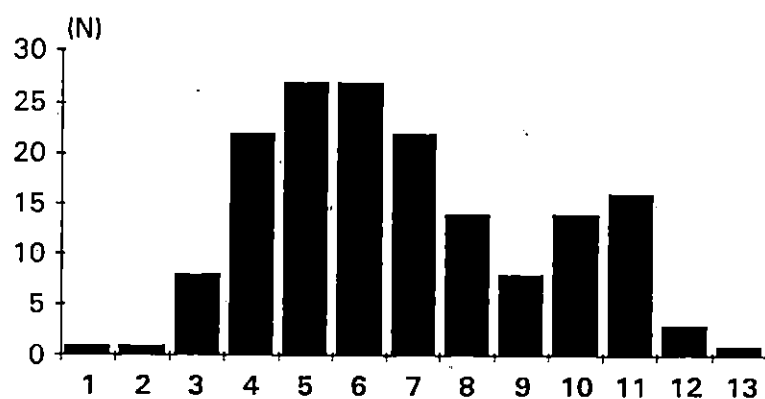


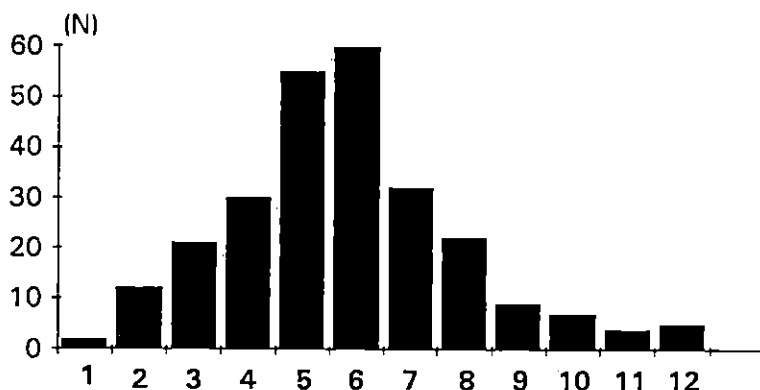
Fig. 39. Evolution saisonnière des densités moyennes de *Paracentrotus lividus* dans les stations de La Marsa et Tamentfoust (-2 m) et de La Marsa et Tamentfoust (-8 m) durant la période d'étude.

Tableau 57. Dénombrement, densités moyennes, fréquences et diamètres moyens de l'oursin *Paracentrotus lividus* dans les stations de La Marsa (-2 m et -8 m) et de Tamentfoust (-2 m et -8 m) durant la période d'étude.

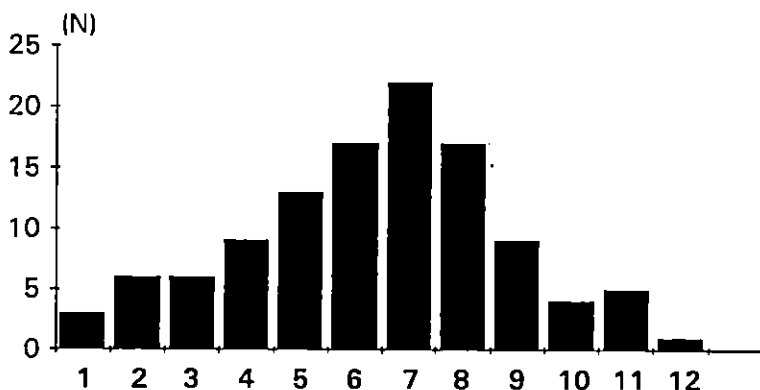
Paramètres	La Marsa (-2m)				La Marsa (-8m)				Tamentfoust (-2m)				Tamentfoust (-8m)			
	Oct.	Jan.	Avr.	Juil.	Oct.	Jan.	Avr.	Juil.	Oct.	Jan.	Avr.	Juil.	Oct.	Jan.	Avr.	Juil.
Nombre d'individus (x10)	162	256	112	242	30	4	0	9	86	82	102	61	*	0	1	10
Densité moyenne / m <sup>2</sup>	16.2	25.6	11.2	24.2	3.0	0.4	0	0.9	8.6	8.2	10.2	6.1	*	0	0.1	1.0
Ecart-type	9.6	12.6	6.4	11.7	6.1	1.0	0	1.0	4.6	4.5	3.9	5.6	*	0	0	2.1
Fréquence (%) / l'ensemble des Echinodermes	95.8	93.1	91.8	96.8	85.7	57.1	0	75.0	76.8	53.6	63.4	59.8	*	0	5	47.6
Diamètre moyen du test	35.9	31.0	33.8	38.4	31.3	38.0	0	28.6	43.1	35.8	37.5	37.5	*	0	17	11.3
Ecart-type	12.8	10.5	11.8	11.8	13.9	5.1	0	7.0	12.0	13.5	13.1	12.5	*	0	0	2.4



Janvier - 1989



Avril - 1989



Juillet - 1989

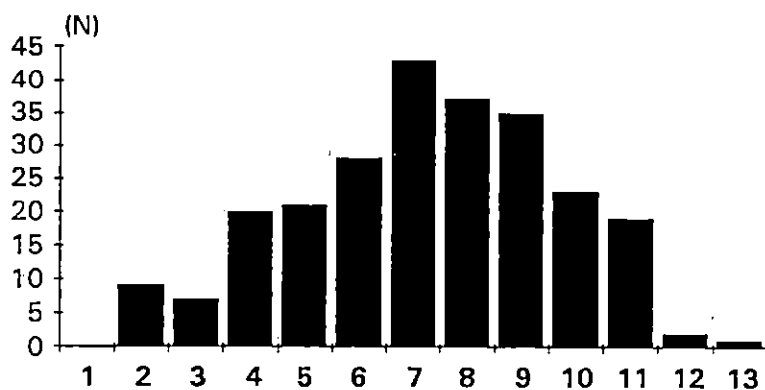
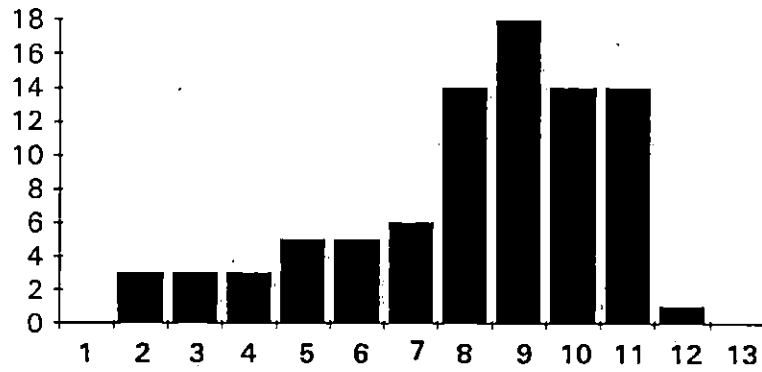
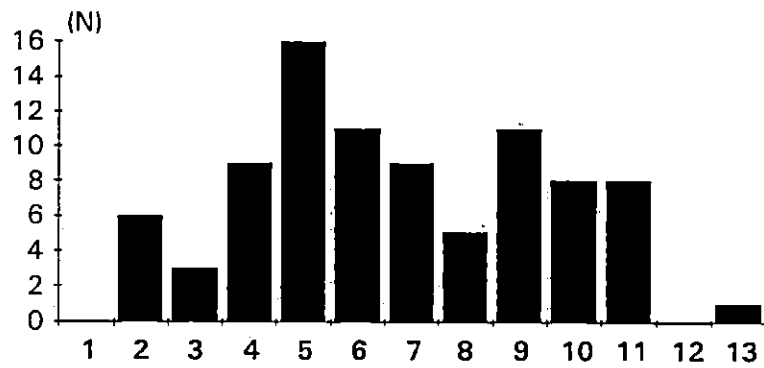


Fig. 40. Histogrammes de fréquence de taille (diamètre du test sans les piquants) de *Paracentrotus lividus* dans l'herbier à *Posidonia oceanica* de la station superficielle de La Marsa (-2 m).

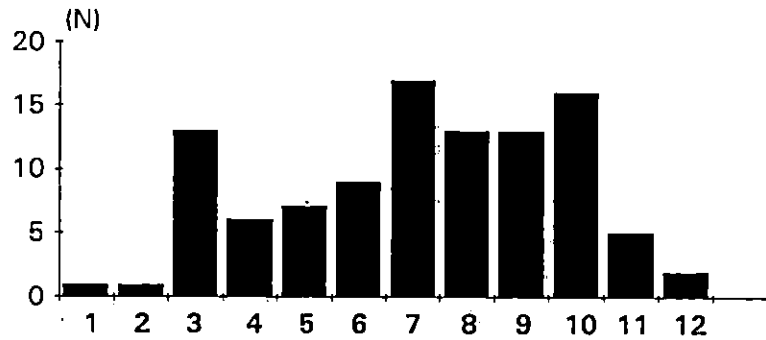
Octobre - 1988



Janvier - 1989



Avril - 1989



Juillet - 1989

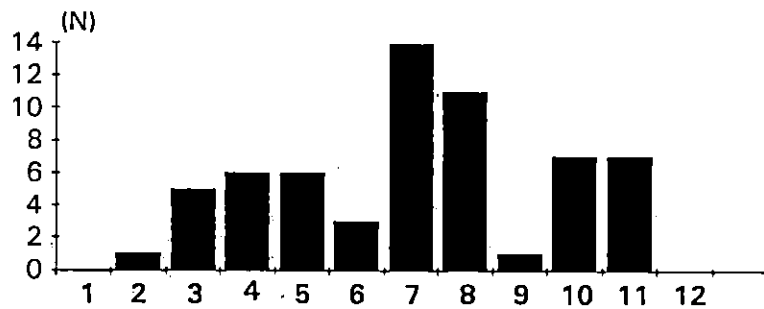


Fig. 41. Histogrammes de fréquence de taille (diamètre du test sans les piquants) de *Paracentrotus lividus* dans l'herbier à *Posidonia oceanica* de la station superficielle de Tamentfoust (-2 m).

Lorsque l'on suit l'évolution de la structure démographique de la population de La Marsa, on note que les effectifs de chaque classe de taille varient d'une saison à l'autre, de manière différente (Fig. 40).

Les densités de *Paracentrotus lividus* dénombrées dans les stations de La Marsa et de Tamentfoust sont déterminées par les conditions du milieu, à savoir le type de fond, l'exposition à l'hydrodynamisme, les ressources alimentaires, la prédation et la bathymétrie. Les stations superficielles présentent le maximum d'effectifs.

A La Marsa (-2 m) où l'herbier sur roche caractérise le biotope et où l'hydrodynamisme est fréquent, la population de *P. lividus* trouve toutes les conditions d'un développement harmonieux et naturel avec l'environnement. Le recrutement printanier se fait aisément, les juvéniles trouvent sur et sous le substrat des abris leur permettant de se protéger des prédateurs. La taille paraît être liée à la densité. Même dans les sites exposés, les individus les plus gros se rencontrent en surface mais ils sont très peu nombreux. *Paracentrotus lividus* est l'espèce dominante. Il représente l'essentiel du groupe des échinodermes à plus de 90 % de l'effectif total.

A Tamentfoust, bien que le substrat soit caractérisé par un herbier de type IV, les effets conjugués de la pollution de la baie d'Alger, du petit port de pêche avoisinant, de la turbidité et de la température élevée de l'eau en période estivale conditionnent la structure de la population de *P. lividus*. L'espèce constitue, de manière globale, 63 % de l'effectif total des échinodermes. Cette espèce cohabite avec *Sphaerechinus granularis* et *Holothuria tubulosa*.

Les données recueillies dans la littérature (Tableau 58) sont relativement plus faibles que celles décrites dans nos stations pour le même type de biotope. L'exploitation commerciale de cette ressource, inexistante en Algérie, et les conditions du milieu pourraient expliquer, entre autre, cette différence.

#### 4.1.1.2. Evolution de la biomasse et de la production

Nous n'avons pas établi de relation de biométrie pour les populations *P. lividus* de La Marsa et de Tamentfoust. Nous utiliserons celle établie à Aïn-Chorb, station très proche de La Marsa. Elle est, aussi, utilisée à Tamentfoust malgré son caractère particulier (type d'herbier, situation géographique, turbidité et pollution). Une comparaison des données obtenues sera établie avec celles obtenues au port d'Alger.

A partir des données disponibles, de diamètre moyen et de densité, la biomasse de l'oursin pour chaque station est calculée (Tableau 59).

Les résultats montrent que le poids de l'oursin de La Marsa est sensiblement le même qu'à Aïn-Chorb. Il est beaucoup plus fort pour Tamentfoust; la taille moyenne du test des oursins étant plus importante.

L'expression du poids humide de *P. lividus* est établie à partir d'un rapport calculé à partir des données de SELLEM (1990). Ce rapport est égal à 31.2%. Celui-ci sous-estime

légèrement nos résultats. En effet, le poids sec de *P. lividus* utilisé par SELLEM se rapporte au poids du squelette sans les radioles.

Tableau 58. Données de la littérature sur les densités de *Paracentrotus lividus* aux profondeurs comprises entre 3 et 12 m, complétées par nos données. Densité valeurs moyennes extrêmes ou valeurs moyennes. Roche P = secteur pollué à très pollué.

Pays	Localités	Profondeur (m)	Densité (ind./m <sup>2</sup> )	Type de substrat	Références
France	Marseille - cortiou	3 - 10	6.6 - 42.5	Roche P	Delmas <i>et al.</i> , 1984
	"	"	0.6 - 70.1	"	Delmas, 1988
France	"	"	26.1 - 77.6	"	Harmelin <i>et al.</i> , 1981
	Port-Cros	5	3.4 - 4.9	"	Harmelin <i>et al.</i> , 1980
	Marseille - cortiou		3.7 - 27.2	"	Harmelin, 1980
	Port-Cros		3.7		
	Port-Cros	0.8 - 1.80	2.6	Roche	Maggiore <i>et al.</i> , 1987
		2 - 3	0.06	Herbier	
	Banyuls	1 - 9	3.6 - 45.2	Herbier	Shepherd, 1987
	Frioul	6 - 10	20 - 25	Roche	Gras, 1985
	Côte bleue	0 - 15	1.28	Roche	Le Direac'h et Bachet, 1988
			0.84	Eboulis	
		0.6	Herbier		
France	Sausset les pins	4 - 5	40 - 110		Verlaque et Nedelec, 1983b
(Corse)	Galeria		0.5 - 2		
Italie (Ischia)	Lacco Ameno	6	2.68 (1990) 6.20 (1991)	Herbier	Bulteel <i>et al.</i> , 1992
Algérie	La Marsa	2	11.2 - 25.6	Herbier sur roche	nos données
		8	0.4 - 3.0	Herbier	
	Tamentfoust	2	6.1 - 10.2	Herbier	
		8	0.1 - 1.0	Herbier + sable	

Tableau 59. Synthèse des valeurs de diamètre moyen, de densité et de biomasse pour *Paracentrotus lividus* pour les stations superficielles des différentes localités. (mm) = diamètre du test sans les piquants en millimètres; (g PH) = poids humide total en grammes; (g PS) = poids sec total en grammes; (ind./m<sup>2</sup>) = nombre d'individus par mètre carré.

Stations	Diamètre	Poids/oursin		Densité	Biomasse	
	(mm)	(g PH)	(g PS)	(ind./m <sup>2</sup> )	(g PH/m <sup>2</sup> )	(g PS/m <sup>2</sup> )
La Marsa	34.9	20.2	6.3	19.3	389.7	121.6
Tamentfoust	38.5	26.6	8.4	8.3	226.1	69.5
Ain-Chorb	34.4	19.6	6.1	-	-	-
Port d'Alger	33.1	21.5	6.7	-	-	-

La seule donnée que nous ayons sur la biomasse de *P. lividus* vient de la région de Carry-le-Rouet (côte bleue). Elle nous a été communiquée par SAN MARTIN (donnée inédite). Cet auteur trouve une biomasse en poids humide de 290.3 g/m<sup>2</sup> pour un diamètre du test sans les radioles de 35.8 mm. La profondeur du prélèvement est à -2 m avec une densité moyenne du peuplement de 10 individus/m<sup>2</sup>. Le poids humide moyen de l'oursin étant de 29.3 g. La biomasse est légèrement supérieure à celles que nous avons trouvées.

#### 4.1.1.3. Relation biométrique (poids sec / diamètre du test)

Nous avons établi pour les oursins d'Aïn-Chorb dont le biotope est caractérisé par un substrat à algues photophiles et à *Posidonia oceanica* et pour ceux du port d'Alger dont le substrat dur est pauvre en algues dressées, les équations générales liant le poids total sec (PS) au diamètre du test sans les piquants (D). Les résultats obtenus sont représentés dans le Tableau 60 et la figure 42. Pour comparer les populations de *P. lividus* nous avons fait une comparaison de leur pente (b). La relation qui s'écrit :

$$PS = a D^b$$

Tableau 60. Equations de biométrie pour *Paracentrotus lividus* établies par les méthodes de moindres carrés; Prof. = profondeur (m); n = effectifs; r = coefficient de corrélation; D = diamètre du test sans les piquants (en mm), PS = poids sec (en g.); a = Log a (Logarithme népérien); l'erreur standard pour chaque coefficient est donnée entre parenthèses.

Stations et biotopes	X	Y	a	b	r	n	Prof.
Aïn-Chorb (Algues photophiles + <i>P. oceanica</i> )	D	PS	-7.5672 (0.1202)	2.6478 (0.0346)	0.99	84	0.2 - 2
Port d'Alger (substrat dur pauvre en algues dressées)	D	PS	-6.8355 (0.1577)	2.4976 (0.0473)	0.98	73	1 - 5

La valeur du coefficient de corrélation pour les deux populations est élevée, et sensiblement de même valeur. Il existe donc une corrélation très importante entre les deux variables.

La comparaison des pentes des deux équations par le test t de Student révèle que les pentes ne sont pas identiques ( $t_{\text{calculé}} = 3.483 > t_{\text{théorique}} = 1.97$ , ddl = 155 significatif (à 0.05) et par conséquent on ne peut pas établir de comparaison possible des ordonnées à l'origine. Le taux de croissance est donc différent dans les deux stations.

Les équations de biométrie de *P. lividus* recensées dans la littérature sont peu nombreuses et sont différentes les unes des autres (Tableau 61).

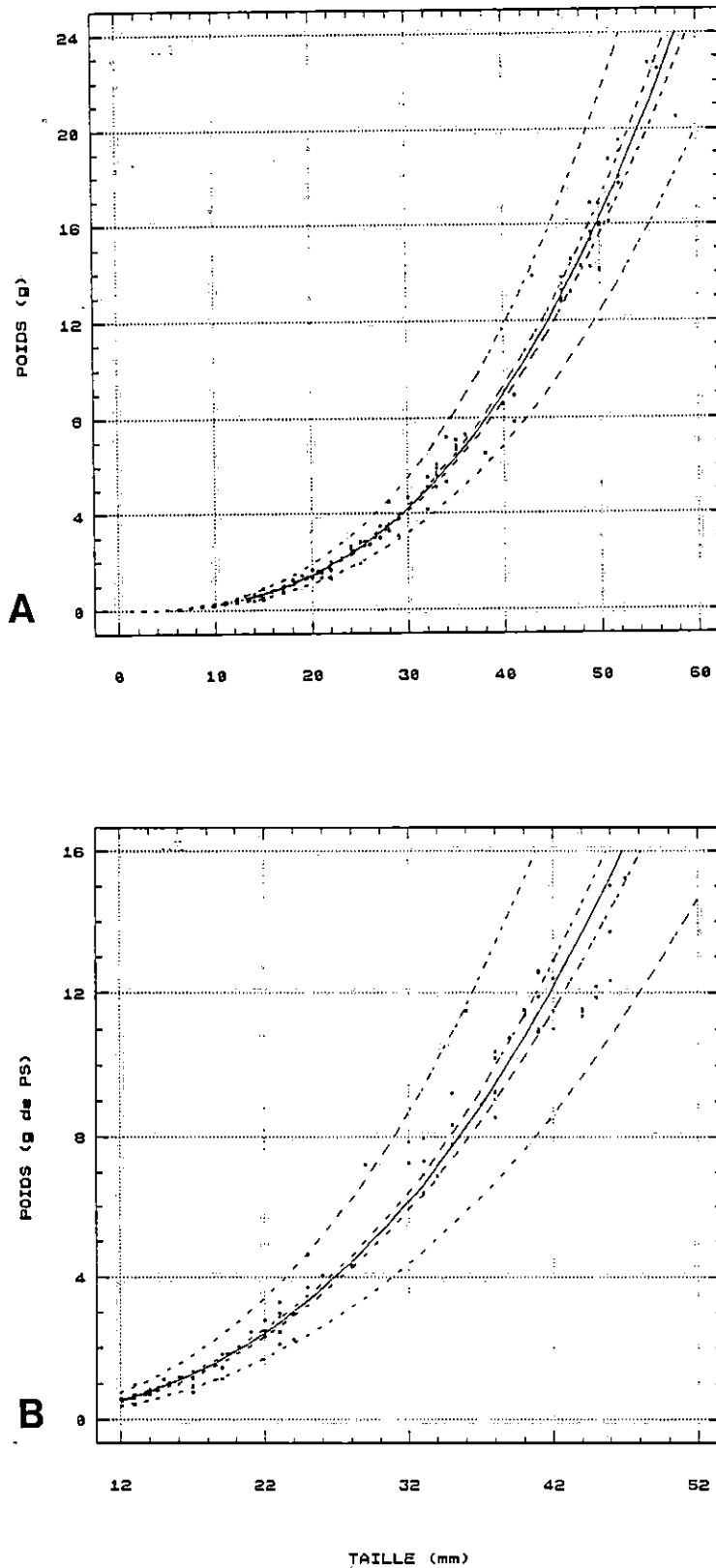


Fig. 42. Relations biométriques chez *Paracentrotus lividus* d'Aïn-Chorb (A) et du port d'Alger (B) entre le poids sec total (en grammes) et le diamètre du test sans les radioles (en millimètres). Les limites de confiance et de précision (à 95%) sont également représentées.

Tableau 61. Les relations biométriques de *P. lividus* relevées dans la littérature. PH = poids humide (en g), PS = poids sec (en g), D = diamètre du test sans les radioles (en mm) r = coefficient de corrélation, n = nombre d'individus, Prof. = profondeur (en m), R = Roche, H = herbier, AP = Algues photophiles, \* = poids sec du test sans les radioles; \*\* = poids sec total.

Référence	Equation	Localisation Biotope	Prof.	r	n
ALLAIN (1975) (France)	$PH = 5.859 \cdot 10^{-4} \cdot D^{2.94}$	Erquy (R)		0.99	203
	$PH = 2.8 \cdot 10^{-2} \cdot D^{2.02}$	Tomé		0.84	137
	$PH = 1.22 \cdot 10^{-2} \cdot D^{2.24}$	Callot		0.90	51
REGIS (1978) (France)	$PS = 0.7110 \cdot D^{2.666}$	Plateau des chèvres (H) sain	12 à 17	0.99	
	$PS = 0.8033 \cdot D^{2.627}$	Pomègues (matte morte)	4 à 5	0.99	
SAN MARTIN (inédit) (France)	$PH = 5.603 \cdot 10^{-4} \cdot D^{2.9609}$	Carry-le-Rouet (R-AP)	1 à 2	0.99	350
SELLEM (1990) * (Tunisie)	$PH = 2.00 \cdot 10^{-3} \cdot D^{2.284}$	Port Prince (R-AP)	0.5 à 3	0.95	1027
	$PS = 1.00 \cdot 10^{-3} \cdot D^{2.717}$			0.90	
	$PH = 8.00 \cdot 10^{-4} \cdot D^{2.717}$	Sidi Raïs (H)	0.5 à 3	0.92	934
	$PS = 2.00 \cdot 10^{-3} \cdot D^{2.580}$			0.86	
Nos données **	$PS = 5.171 \cdot 10^{-4} \cdot D^{2.6478}$	Aïn-Chorb (R-AP + H)	0.3 à 2	0.99	84
	$PS = 1.075 \cdot 10^{-3} \cdot D^{2.4976}$	Port d'Alger (R)	0.5 à 5	0.98	73

#### 4.1.1.4. Les indices physiologiques (Indice de réplétion (IR) et indice gonadique (IG))

La détermination des fluctuations du poids du contenu digestif et du poids des gonades au sein d'une population de *Paracentrotus lividus* permet d'une part une approche de l'étude trophique de cette espèce qui joue un rôle déterminant dans la structure et l'évolution des phytocénoses benthiques ( NEDELEC, 1982 ; NEDELEC et al., 1981 ; NEDELEC et VERLAQUE, 1983a, 1983b), et d'autre part de préciser l'activité gonadique.

L'indice de réplétion (REGIS, 1978 ; 1979 et NEDELEC, 1982) met en relation le contenu du tube digestif (dont il permet de mesurer ces fluctuations) et le diamètre au cube du test. Les données sur cet indice, dans la littérature, concernent surtout des individus de grandes tailles (taille supérieure à 30 mm).

Ainsi, nous avons voulu montrer, dans ce qui suit, comment cet indice, ainsi que l'indice gonadique, se comportent chez des individus de taille plus petite (diamètre inférieur à 30 mm) et appartenant à des classes de taille préalablement définies.

**La Population de *P. lividus* de la station d'Aïn-Chorb d'Octobre 1985 à Août 1986.**

Les résultats montrent que les indices de réplétion et gonadique de *P. lividus*, pour l'ensemble des prélèvements (Fig.43), ont une évolution similaire. Ces indices mettent en évidence des variations importantes dont les minima sont de 6.2 (03/08/86) pour l'indice de réplétion moyen et de 1.2 (29/10/86) pour l'indice gonadique moyen et dont les maxima sont de 12.8 (02/02/86) pour l'indice de réplétion et de 3.4 (16/03/86) pour l'indice gonadique. Cependant, l'indice gonadique moyen présente un léger décalage dans le temps par rapport à l'indice de réplétion moyen. Les indices de réplétion moyens les plus élevés sont décelés en Février, Avril et Juin ; les indices gonadiques moyens les plus élevés sont observés en Mars, Mai et Juillet. Ce décalage varie entre 3 et 4 semaine. Analyse de variance (Kruskal-Wallis) variations significatives (à 0.05).

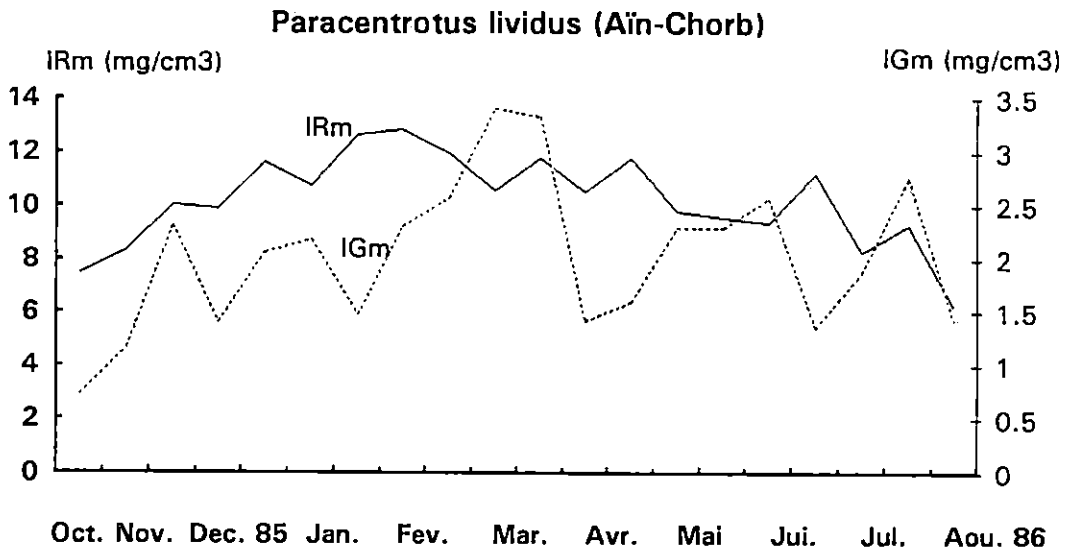


Fig. 43. Variations saisonnières de l'indice de réplétion moyen (IRm) et de l'indice gonadique moyen (IGm) exprimés en milligrammes de poids sec par centimètres cube de la population de *Paracentrotus lividus* d'Aïn-Chorb durant la période octobre 1985 à Août 1986.

Si on observe les résultats pour chaque classe de taille on constate que l'allure des courbes (Fig. 44) met en évidence une diminution de l'indice de réplétion et une augmentation de l'indice gonadique lorsque l'on passe des plus petites classes aux plus grandes classes de taille. Il existe une variabilité importante de ces indices entre les différentes classes de taille d'une part et d'un prélèvement à l'autre d'autre part. Toutes les classes de taille ne présentent pas la même évolution. Elles peuvent être regroupées en deux lots distincts. Un premier lot (Fig.44), est constitué par les deux plus petites classes, dont les indices de réplétion ont des valeurs importantes et dont les indices gonadiques ont des valeurs faibles à nulles. Un deuxième lot est constitué par les autres classes de taille, avec une variabilité des indices de réplétion plus prononcée dont les maxima se situent en Mars et en Avril et les minima en Août. L'indice gonadique se manifeste différemment (Fig.45). Il présente un maximum différent d'une classe de taille à l'autre : des maxima en période printanière et estivale pour la classe de taille de diamètre 31-40 mm, en période hivernale pour la classe 41-50 mm et des valeurs fortes pratiquement toute l'année pour la classe 51-60 mm. La valeur la plus élevée pour cette classe se situe en Février-Mars (Tableau 62)

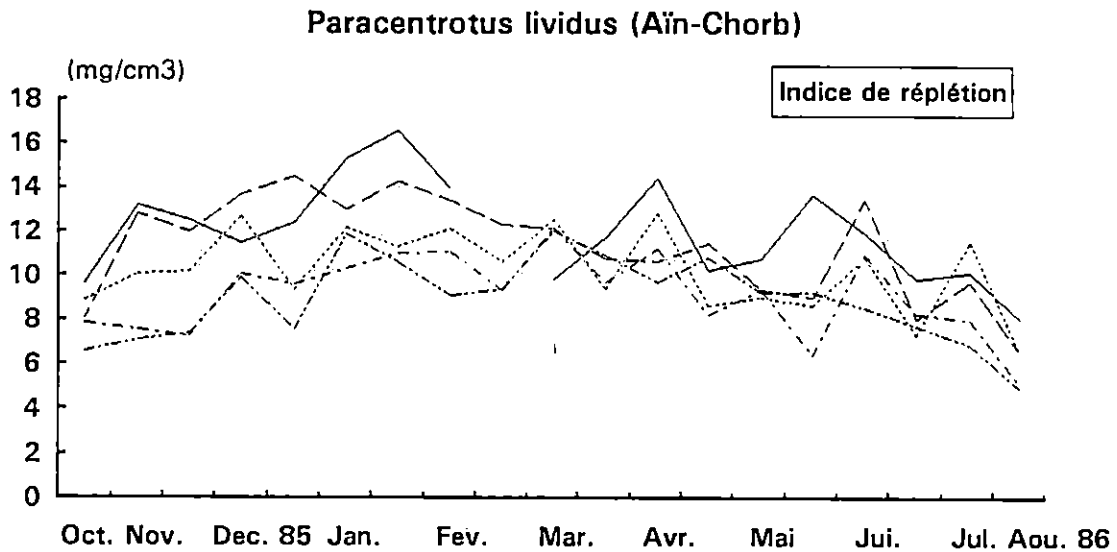


Fig.44. Variations saisonnières de l'indice de réplétion moyen (IRm) par classe de taille exprimé en milligrammes de poids sec par centimètres au cube de la population de *Paracentrotus lividus* d'Aïn-Chorb durant la période octobre 1985 à Août 1986. La classe 11-20 (—), la classe 21-30 (---), la classe 31-40 (.....), la classe 41-50 (-·-·-) et la classe 51-60 (- - - -).

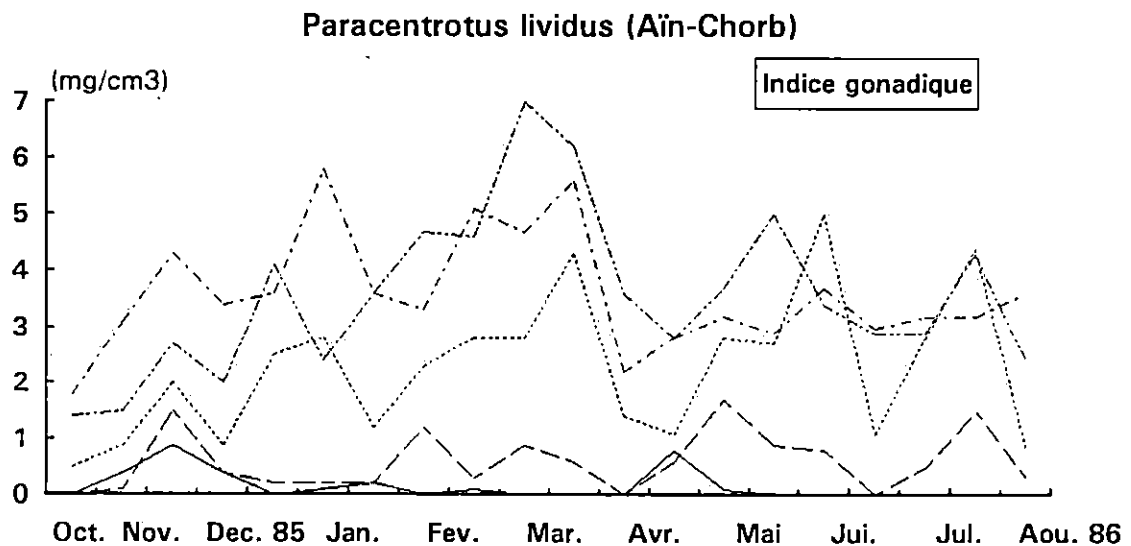


Fig.45. Variations saisonnières de l'indice gonadique moyen (IGm) par classe de taille exprimé en milligrammes de poids sec par centimètres au cube de la population de *Paracentrotus lividus* d'Aïn-Chorb durant la période octobre 1985 à Août 1986. La classe 11-20 (—), la classe 21-30 (---), la classe 31-40 (.....), la classe 41-50 (-·-·-) et la classe 51-60 (- - - -).

Tableau 62. Maxima et minima des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm) par classe de taille et pour l'ensemble des prélèvements de *P. lividus* au cours de la période d'Octobre 1985 à Août 1986.

Classe de taille (d)mm.		11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	11-60
IRm (mg/cm <sup>3</sup> )	Max.	16.8 (Fév. 86)	14.5 (Jan. 86)	12.5 (Mars 86)	11.2 (Avril 86)	12.1 (Mars 86)	12.8 (Fév. 86)
	Min.	7.2 (Oct.85)	6.5 (Août 86)	6.4 (Avril 86)	5.2 (Avril 86)	5.0 (Août 86)	6.2 (Août 86)
IGm (mg/cm <sup>3</sup> )	Max.	0.9 (Nov. 85)	1.7 (Avril 86)	5.0 (Mai 86)	5.8 (Janv. 86)	7.0 (Mars 86)	3.4 (Mars 86)
	Min.	0.0	0.0	0.8 (Oct. 85)	1.8 (Oct. 85)	1.4 (Oct. 85)	0.7 (Oct. 85)

### Discussion

Les indices moyens de réplétion et gonadique sont caractérisés par une évolution annuelle. Cette évolution est cependant plus marquée pour l'indice de réplétion et confirme la présence d'un cycle annuel détecté chez *P. lividus* par REGIS (1978), à partir d'un prélèvement mensuel.

Les indices moyens de réplétion et gonadique présentent des fluctuations sur des périodes relativement courtes (15 à 30 jours) ; les valeurs élevées correspondent à une activité trophique accrue et à la maturation des gonades, les valeurs faibles à une absence de consommation et à une ponte. La variabilité de ces indices est plus importante en hiver qu'en été. Ces fortes variabilités pourraient être liées à des périodes de mauvais temps (ou au contraire de beau temps) dont le résultat serait une perte de synchronisme dans l'alimentation et par conséquent dans la maturation des gonades, certains individus se trouvant en phase d'alimentation tandis que d'autres sont en phase de jeûne. L'évolution de l'indice de réplétion est semblable à celle qu'observe NEDELEC (1982), mais avec des variations plus prononcées dues probablement au protocole d'échantillonnage (taille des individus, nombre de prélèvements). Il existerait donc des phases de jeûne durant lesquelles l'indice décroît et des phases de nutrition durant lesquelles l'indice suit l'évolution inverse. L'indice de réplétion évolue en fonction de la classe de taille ; plus la taille est grande, plus l'indice de réplétion diminue. Les individus de petite taille consommeraient donc proportionnellement plus que les individus de grande taille.

L'indice gonadique par contre évolue inversement par rapport à l'indice de réplétion; ceci avait été mis en évidence par NICHOLS *et al.* (1985) chez *Echinus esculentus* de la côte atlantique nord. On remarque que plus la taille des individus augmente plus l'indice est élevé. Chez *P. lividus*, nous observons 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 (cas des pontes des mois de Mars, Mai et Juillet) ou échelonnées dans le temps (cas de la classe de taille 41-50 mm). Les *P. lividus* les plus grands ont des indices gonadiques très importants. L'indice gonadique le plus bas des grandes classes de taille est toujours plus important que l'indice le plus fort des petites classes. Les pontes importantes se produisent

surtout en Mars, Mai et juillet où toutes les classes de taille participent à la reproduction qui paraît être la plus intense à ces moments là.

### Conclusion

Les variations de l'indice de réplétion ont montré qu'il existe une phase de forte alimentation en hiver et une phase de diminution progressive de cette alimentation au printemps et en été où elle a atteint sa valeur la plus basse. Il faut cependant noter un indice élevé en Mai et Juin.

Les valeurs 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. Toutes les classes participent à l'émission de gamètes. Les pontes sont surtout regroupées au printemps et en été.

Chez *P. lividus*, un lien entre les variations de l'indice 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.

### Les prélèvements de 1987 à 1988 à Aïn-chorb

Les prélèvements de *P. lividus* de la période allant de Février 1987 à Mai 1988 montrent que pour l'ensemble des prélèvements des fluctuations apparaissent au cours de l'année pour les deux indices physiologiques. Ces fluctuations sont plus ou moins prononcées. Elles sont surtout importantes pour l'indice de réplétion. Ce résultat avait été déjà remarqué pour le prélèvement des individus d'Aïn-Chorb de 1985-1986.

L'ensemble des données met en évidence des variations pluriannuelles quand on compare ces deux périodes. Cependant, pour ce qui est de l'indice de réplétion moyen, les grandes phases de fortes consommation, correspondant aux valeurs les plus fortes, sont situées à la même époque que pour la période 1985-1986 ; c'est-à-dire en hiver. La similitude que l'on observe entre ces deux années est la phase de diminution de l'indice de réplétion moyen qui commence au printemps et qui se poursuit en été (Tableau 63 et Fig. 46).

L'indice gonadique moyen se comporte exactement de la même manière avec ces pics qui correspondent, le plus souvent, aux valeurs les plus faibles de l'indice de réplétion. Les périodes de ponte qui suivent la maturation des gonades se localisent au début du printemps et à la fin de l'été. Analyse de variance, variations significatives ( $\alpha 0.05$ ).

Tableau 63. Maxima et minima des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm) pour l'ensemble des prélèvements de *P. lividus* au cours de la période de Février 1987 à Mai 1988.

Classe de taille (d) mm	IRm		IGm	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
11-60	13.5 (Avril 1988)	4.7 (Mars 1988)	4.2 (Mars 1988)	1.0 (Nov. 1987)

L'étude par classes de taille, entreprise par SADOUD, (1988) montre, comme pour la période allant d'Août 1987 à Mai 1988, que l'allure des courbes présente une diminution de l'indice de réplétion lorsque l'on passe des plus petites classes aux plus grandes classes de taille (Tableau 64).

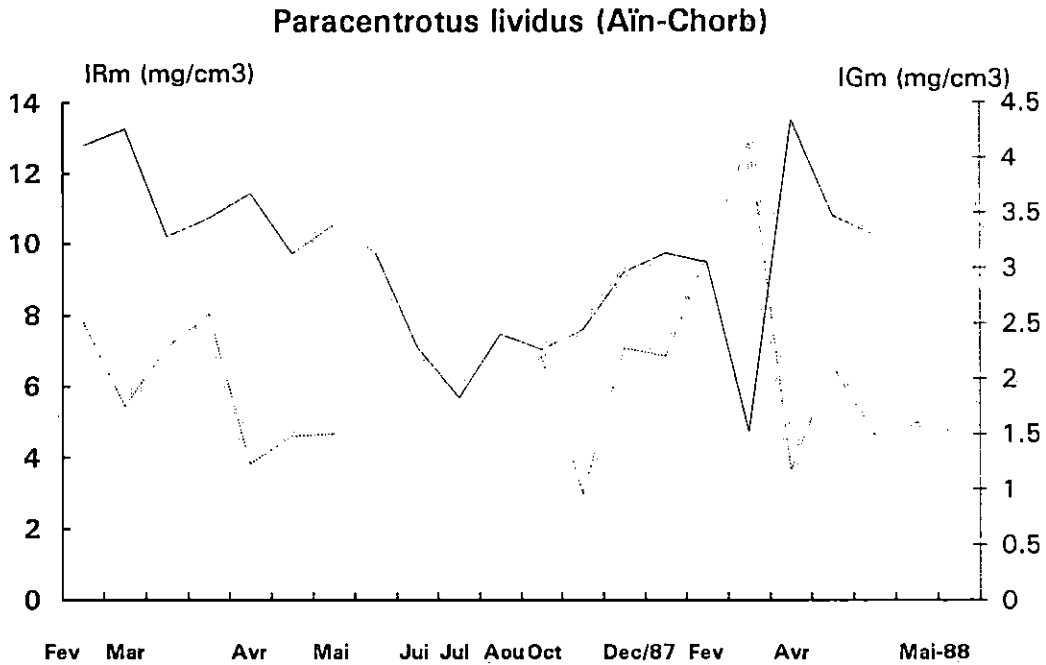


Fig. 46. Variations saisonnières de l'indice de réplétion moyen (IRm) et de l'indice gonadique moyen (IGm) exprimé en milligrammes de poids sec par centimètres cube de la population de *Paracentrotus lividus* d'Aïn-Chorb durant la période Février 1987 à Mai 1988.

Tableau 64. Maxima et minima des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm) par classe de taille de *P. lividus* au cours de la période de Août 1987 à Mai 1988 (d'après SADOUD, 1988).

Classe de taille (d)mm.		11-20	21-30	31-40	41-50	51-60
IRm (mg/cm <sup>3</sup> )	Max.	22.2 (03.04.88)	13.2 (30.04.88)	12.9 (03.04.88)	9.9 (03.04.88)	11.2 (03.04.88)
	Min.	8.9 (09.08.87)	3.2 (21.03.88)	3.9 (21.03.88)	3.7 (21.03.88)	2.1 (21.03.88)
IGm (mg/cm <sup>3</sup> )	Max.	1.0 (17.04.88)	3.2 (21.03.88)	8.9 (21.03.88)	6.4 (21.03.88)	3.9 (11.01.88)
	Min.	0.0	0.1 (09.11.87)	0.5 (09.11.87)	1.67 (09.11.87)	2.26 (21.03.88)

#### Prélèvements rapprochés au cours d'une période courte (Aïn-Chorb, 24 février au 5 avril 1987).

L'étude sur le comportement trophique de *P. lividus* dans la région d'Aïn-Chorb, en relation avec l'indice gonadique, sur l'ensemble de la population et sur les 5 classes de taille qui la constituent et plus particulièrement sur les plus petites d'entre-elles, nous a permis de dégager des résultats (cf. paragraphes précédents). En effet, les fluctuations des indices de réplétion et gonadique, constatées lors de nos prélèvements bi-mensuels durant les années 1985-1986 et 1987-1988, sont mis également en évidence dans les prélèvements effectués tous les 2-3 jours pendant les 6 semaines consacrées à cette étude. En effet, les valeurs de l'indice de réplétion moyen et de l'indice gonadique moyen varient (Fig.47). Ces variations

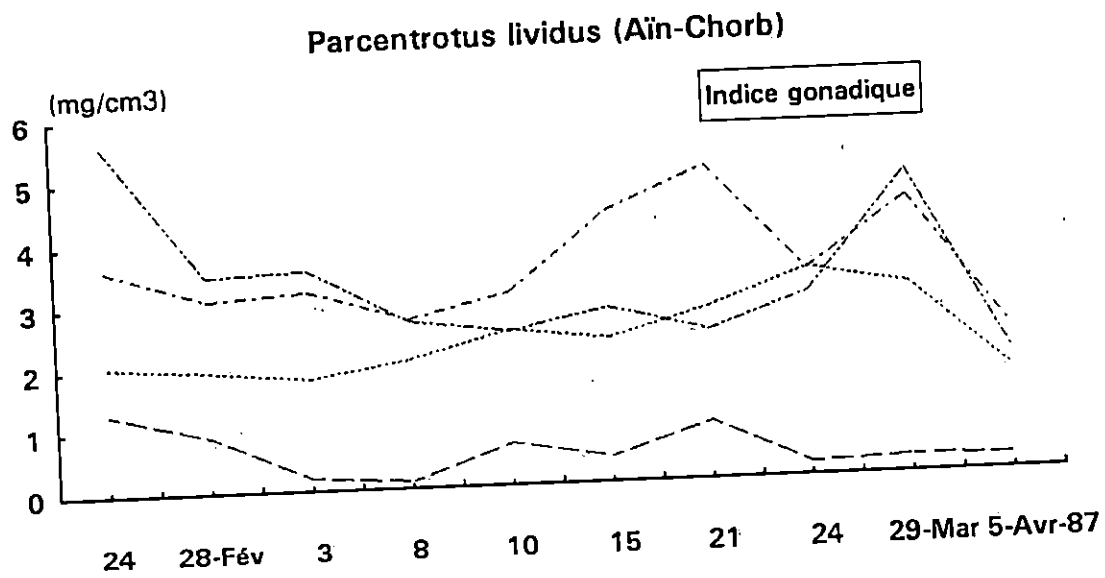
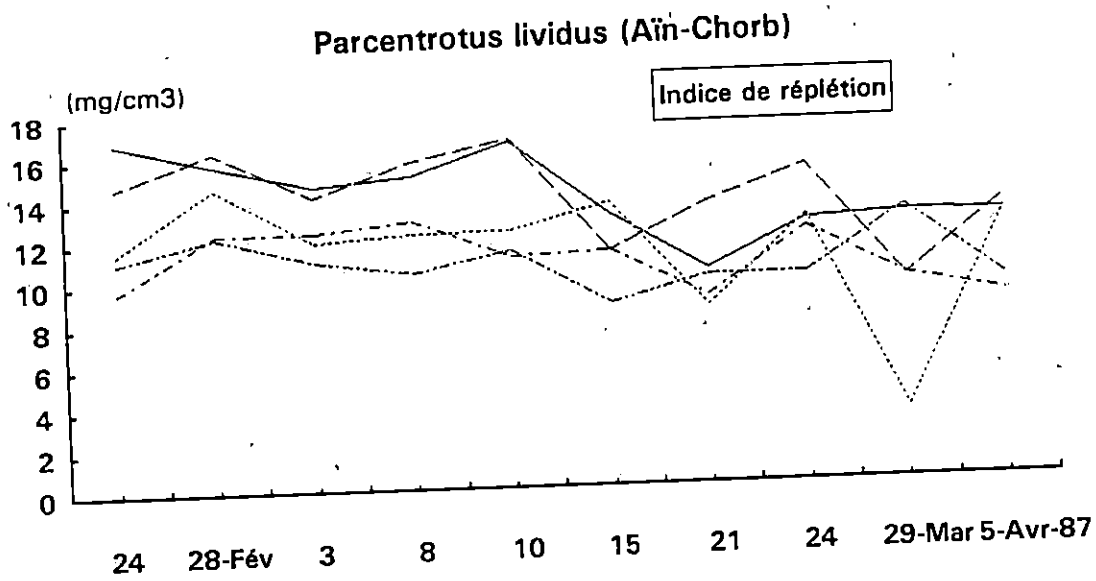


Fig. 48. Variations saisonnières de l'indice de réplétion moyen (IRm) et de l'indice gonadique moyen (IGm) par classe de taille exprimé en milligrammes de poids sec par centimètres cube de la population de *Paracentrotus lividus* d'Aïn-Chorb durant la période Février 1987 à Avril 1987. La classe 11-20 (—), la classe 21-30 (- - -), la classe 31-40 (· · · · ·), la classe 41-50 (- · - · -) et la classe 51-60 (— · — · —).

montrent des périodes de consommation importante s'échelonnant sur plusieurs jours et des périodes similaires de ralentissement de l'activité trophique. Ces périodes correspondent respectivement aux valeurs les plus faibles de l'indice gonadique, conséquence d'une émission des produits des gonades qui caractérise vraisemblablement le temps de la ponte, et aux valeurs les plus fortes induites par l'augmentation de la maturation des gonades.

L'indice de réplétion moyen pour l'ensemble des prélèvements diminue sensiblement de la fin du mois de Février jusqu'à la fin du mois de Mars avec, cependant, la présence de deux pics qui coïncident avec la baisse de l'indice gonadique moyen.

Cette variabilité des deux indices physiologiques se rencontre dans chaque classe de taille (Fig.48). Bien que l'on note des variations importantes de l'indice de réplétion tendant vers une diminution des valeurs de Février (16.9) à Mars (10.3) pour la classe (11-20 mm) et respectivement pour les mêmes mois, de 16.3 à 9.7 pour la classe (21-30 mm) Les valeurs de l'indice gonadique pour l'ensemble de ces deux classes sont pratiquement nulles ou très faibles.

Ces deux classes, les plus petites de l'ensemble de la population constituent un groupe qui se détache des trois autres avec pour caractéristique principale des valeurs élevées de leur indice de réplétion.

Pour les classes (31-40 mm) et (41-50 mm) la relation entre les deux indices est plus prononcée que chez les classes précédentes. L'indice de réplétion moyen diminue et l'indice gonadique moyen augmente. A la fin de Février, pour la classe (31-40), l'indice de réplétion atteint sa valeur maximale (14.6) qui coïncide avec une valeur faible de l'indice gonadique (1.9). A la troisième semaine de Mars, l'indice de réplétion baisse considérablement (8.4) quant à l'indice gonadique il s'élève pour atteindre sa valeur maximale (3.4). On constate qu'à partir de la mi-Mars, l'évolution des deux indices est nettement opposée. Cela est encore plus remarquable pour la classe de taille (41-50 mm).

Enfin, la classe de taille (51-60 mm), la plus grande de la population, présente, en plus des remarques déjà énoncées pour les autres classes de taille, des indices physiologiques qui évoluent dans le même sens. On note que la valeur maximale de l'indice gonadique se situe à la fin du mois de Février.

Les résultats consignés dans le Tableau 65, montrent, de façon générale, une diminution de l'indice de réplétion et une augmentation de l'indice gonadique lorsque l'on passe des plus petites classes de taille aux plus grandes et qu'il existe une variabilité importante de ces indices entre les différentes classes de taille, d'une part et d'un prélèvement à l'autre d'autre part.

Toutes les classes de taille ne présentent pas la même évolution, elles peuvent être regroupées en deux lots distincts (cf. paragraphe précédent).

Une analyse de variances faite sur les indices physiologiques moyens pour l'ensemble des prélèvements et pour chaque classe de taille, nous a permis de préciser la signification des variations. Il en ressort que, pour l'ensemble du prélèvement, les variations de l'indice de réplétion et de l'indice gonadique sont significatives (à 0.05); pour les classes de taille, seules les classes de taille les plus grandes (41-50 mm) et (51-60 mm) présentent des valeurs significatives. En outre, seules les variations de l'indice de réplétion des classes (11-20 mm, 21-30 mm et 31-40 mm) sont significatives; celles de l'indice gonadique ne l'étant pas pour ces mêmes classes de taille.

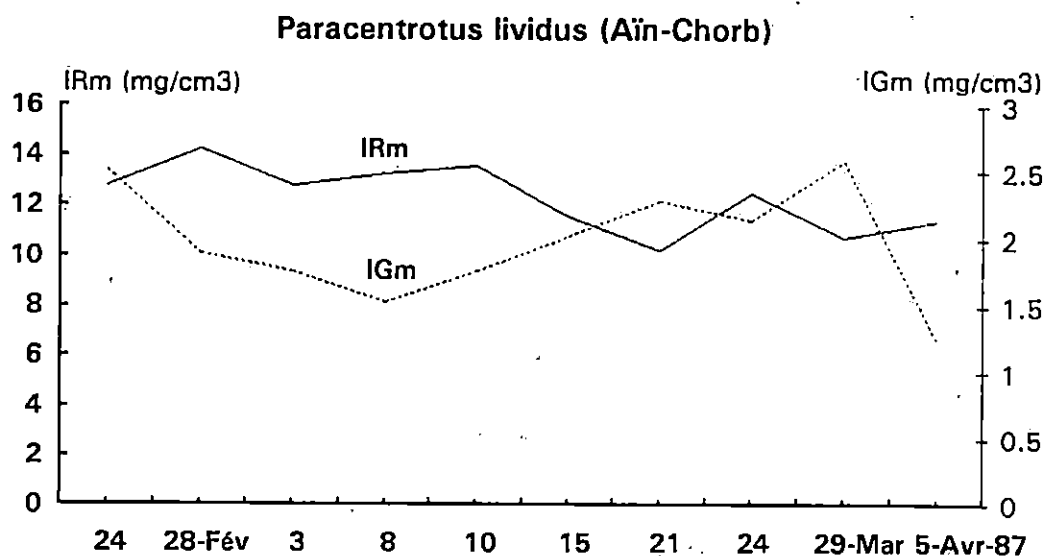


Fig. 47. Variations saisonnières de l'indice de réplétion moyen (IRm) et de l'indice gonadique moyen (IGm) exprimé en milligrammes de poids sec par centimètres cube de la population de *Paracentrotus lividus* d'Aïn-Chorb durant la période Février 1987 à Avril 1987.

Tableau 65. Maxima et minima des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm) par classe de taille et pour l'ensemble des prélèvements de *P. lividus* au cours de la période de Février, Mars et Avril 1987. Les chiffres entre parenthèses correspondent aux dates des prélèvements.

Classe de taille (d)mm.		11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	11-60
IRm	Max.	16.9 (24.02.87)	16.7 (10.03.87)	14.6 (25.02.87)	12.9 (08.03.87)	13.0 (28.03.87)	14.3 (25.02.87)
	Min.	10.3 (21.03.87)	9.7 (28.03.87)	8.4 (28.03.87)	8.8 (04.04.87)	8.7 (21.03.87)	10.2 (21.03.87)
IGm	Max.	0.0	1.3 (24.02.87)	3.4 (24.03.87)	5.0 (21.03.87)	5.6 24.02.87	2.6 (28.03.87)
	Min.	0.0	0.1 (08.03.87)	1.6 (04.04.87)	2.3 (04.04.87)	1.9 (04.04.87)	1.2 (04.04.87)

### Comparaison, sur une courte période des populations de *P. lividus* d'Aïn-Chorb et du port d'Alger.

Dans le cadre de ce travail, nous avons tenté d'établir une comparaison entre les populations de *P. lividus* de la station du port d'Alger, station soumise à la pollution (activités portuaires et rejets urbains) et celle de d'Aïn-Chorb, située dans un milieu où les conditions écologiques présentent les caractéristiques d'une station propre. Les données sur les indices physiologiques de ces populations sont consignées dans les tableaux 66 et 67.

La première remarque que nous pouvons formuler, au vu de ces résultats, c'est la mise en évidence de l'absence de la classe de taille (51-60 mm) dans le port d'Alger. En effet, au

cours de toute la période de nos prélèvements, seuls 5 individus de cette classe ont pu être récoltés le 30 Mai 1988.

Les légères variations de l'indice de réplétion décelées, aussi bien dans le port qu'à Aïn-Chorb, évoluent dans le même sens avec toutefois, une différence plus marquée à Aïn-Chorb (Fig. 49). L'analyse de variance met en évidence, pour l'ensemble des prélèvements, des variations significatives uniquement à Aïn-Chorb. Cela s'expliquerait par la différence de comportement des deux populations vis-à-vis de l'aliment disponible dans les deux biotopes. En effet, nous rappelons que le premier biotope est caractérisé par un substrat dur colonisé par des macrophytes dressées, abondantes et par l'aproximité de l'herbier à *Posidonia oceanica*, le second biotope caractérisé par un substrat dur recouvert d'un peuplement algal pauvre en espèces, dominé par des algues encroûtantes. Ceci a été vérifié par l'examen des contenus stomacaux des oursins.

Les variations de l'indice moyen gonadique pour les deux populations évoluent, comme pour l'indice de réplétion, dans le même sens (Fig. 49). Ces variations sont plus marquées au niveau de la station du port. L'analyse de variance confirme que ces variations sont significatives ( $\alpha 0.05$ ); au contraire, elles ne le sont pas à Aïn-Chorb; du moins pour les prélèvements faits au delà du 3 avril 1988. En effet, l'émission des produits sexuels à la fin du mois de mars (ponte du printemps) est suivie d'une période de repos gonadique (résultat que nous avons déjà mis en évidence). L'activité gonadique plus marquée des oursins de la station du port, met en évidence des pontes successives de moindre importance qui s'échelonnent jusqu'à juin. La nourriture joue sans nul doute un rôle déterminant sur la maturation des gonades (FENAUX, 1981).

Si l'on se rapporte aux résultats concernant l'interaction entre la période de reproduction et la collecte de la nourriture, nous pouvons dire que les deux populations d'oursins présentent un comportement différent.

Les valeurs maximales et minimales de l'indice gonadique (Tableau 68 et 69) pour les classes de taille définies ne sont pas du même ordre de grandeur dans les deux stations étudiées. Les valeurs sont plus fortes pour les individus des classes de taille (31-40 mm) et (41-50 mm) à Aïn-Chorb que pour ceux, de la même classe du port d'Alger. Au contraire, à la station du port, les classes les plus petites (11-20 mm et 21-30 mm) ont un indice gonadique plus élevé.

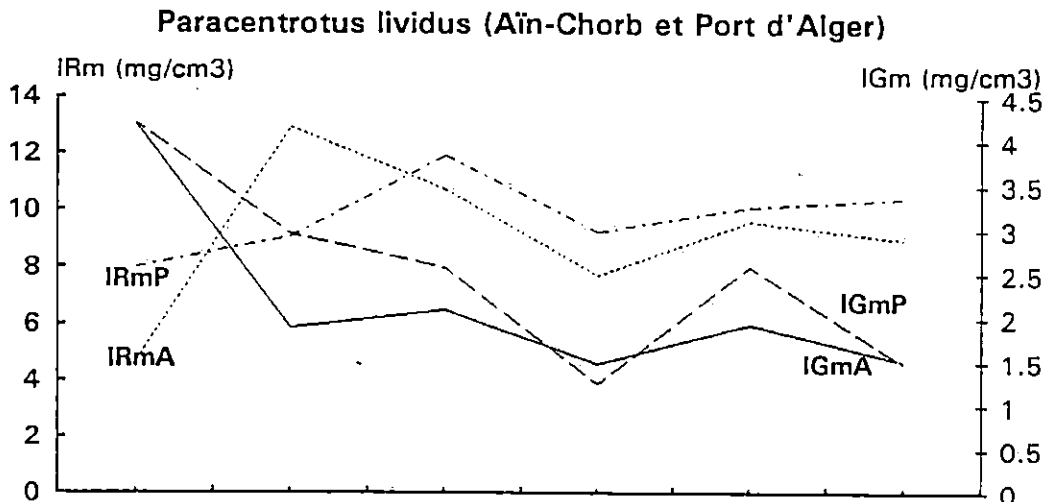


Fig. 49. Evolution des indices de réplétion (IRmA et IRmP) et gonadique (IGmA et IGmP) de l'ensemble des prélèvements, de fin mars à début juin 1988, à Aïn-Chorb et au port d'Alger.

Tableau 66. Indice de réplétion moyen (en gras) (en  $\text{mg}/\text{cm}^3$ ) et indice gonadique moyen ( ) (en  $\text{mg}/\text{cm}^3$ ) par classe de taille et pour l'ensemble des prélèvements de *P. lividus* au cours de la période d'Avril, Mai et Juin 1988 dans la station du Port d'Alger. - ou (-) données manquantes.

Dates des prélèvements	Classe de taille (d) mm.					
	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	Toutes les classes
08. Avril 1988	-	10.7	7.2	2.1	-	6.7
	(-)	(4.0)	(5.7)	(1.5)	(-)	(3.7)
15 Avril 1988	8.8	10.4	9.5	8.0	-	9.2
	(3.1)	(2.5)	(3.3)	(2.8)	(-)	(2.9)
27 Avril 1988	16.9	13.7	9.0	8.3	-	12.0
	(0.7)	(4.1)	(2.9)	(2.5)	(-)	(2.6)
15 Mai 1988	11.9	8.5	8.7	7.9	-	9.3
	(0.0)	(1.8)	(1.9)	(1.3)	(-)	(1.3)
30 Mai 1988	14.3	1.03	10.5	7.5	6.4	10.7
	(0.6)	(4.4)	(3.6)	(1.7)	(2.8)	(2.6)
15 Juin 1988	18.9	9.0	7.9	6.1	-	10.5
	(0.9)	(2.3)	(1.1)	(1.6)	(-)	(3.5)
moyenne	11.8	10.4	8.8	6.7		9.7
	(1.1)	(3.2)	(3.0)	(1.9)		(2.3)

Tableau 67. Indice de réplétion moyen (en gras) (en  $\text{mg}/\text{cm}^3$ ) et indice gonadique moyen ( ) (en  $\text{mg}/\text{cm}^3$ ) par classe de taille et pour l'ensemble des prélèvements de *P. lividus* au cours de la période Mars, Avril et Mai 1988 dans la station d'Aïn-Chorb. - ou (-) données manquantes.

Dates des prélèvements	Classe de taille (d) mm.					
	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	Toutes les classes
21 Mars 1988	10.8	3.2	3.9	3.7	2.1	4.7
	(0.)	(3.2)	(8.9)	(6.5)	(2.3)	(4.2)
03 Avril 1988	22.2	11.3	12.9	9.9	11.2	13.5
	(0.0)	(0.9)	(2.8)	(2.8)	(3.0)	(1.9)
17 Avril 1988	16.3	12.3	9.0	7.7	8.6	10.9
	(1.0)	(0.5)	(2.6)	(2.6)	(3.9)	(2.1)
30 Avril 1988	12.4	13.2	9.4	8.2	7.9	10.2
	(0.4)	(0.8)	(2.2)	(1.7)	(2.3)	(1.5)
14 Mai 1988	14.0	10.3	8.1	7.2	8.6	9.7
	(0.2)	(0.4)	(1.1)	(3.6)	(2.7)	(1.6)
moyenne	15.1	10.0	8.7	7.3	7.7	9.8
	(0.3)	(1.2)	(3.5)	(3.4)	(2.8)	(2.3)

Tableau 66. Indice de réplétion moyen (en gras) (en  $\text{mg}/\text{cm}^3$ ) et indice gonadique moyen ( ) (en  $\text{mg}/\text{cm}^3$ ) par classe de taille et pour l'ensemble des prélèvements de *P. lividus* au cours de la période d'Avril, Mai et Juin 1988 dans la station du Port d'Alger. - ou (-) données manquantes.

Dates des prélèvements	Classe de taille (d) mm.					
	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	Toutes les classes
08. Avril 1988	- (-)	<b>10.7</b> (4.0)	<b>7.2</b> (5.7)	<b>2.1</b> (1.5)	- (-)	<b>6.7</b> (3.7)
15 Avril 1988	<b>8.8</b> (3.1)	<b>10.4</b> (2.5)	<b>9.5</b> (3.3)	<b>8.0</b> (2.8)	- (-)	<b>9.2</b> (2.9)
27 Avril 1988	<b>16.9</b> (0.7)	<b>13.7</b> (4.1)	<b>9.0</b> (2.9)	<b>8.3</b> (2.5)	- (-)	<b>12.0</b> (2.6)
15 Mai 1988	<b>11.9</b> (0.0)	<b>8.5</b> (1.8)	<b>8.7</b> (1.9)	<b>7.9</b> (1.3)	- (-)	<b>9.3</b> (1.3)
30 Mai 1988	<b>14.3</b> (0.6)	<b>1.03</b> (4.4)	<b>10.5</b> (3.6)	<b>7.5</b> (1.7)	<b>6.4</b> (2.8)	<b>10.7</b> (2.6)
15 Juin 1988	<b>18.9</b> (0.9)	<b>9.0</b> (2.3)	<b>7.9</b> (1.1)	<b>6.1</b> (1.6)	- (-)	<b>10.5</b> (3.5)
<b>moyenne</b>	<b>11.8</b> (1.1)	<b>10.4</b> (3.2)	<b>8.8</b> (3.0)	<b>6.7</b> (1.9)		<b>9.7</b> (2.3)

Tableau 67. Indice de réplétion moyen (en gras) (en  $\text{mg}/\text{cm}^3$ ) et indice gonadique moyen ( ) (en  $\text{mg}/\text{cm}^3$ ) par classe de taille et pour l'ensemble des prélèvements de *P. lividus* au cours de la période Mars, Avril et Mai 1988 dans la station d'Aïn-Chorb. - ou (-) données manquantes.

Dates des prélèvements	Classe de taille (d) mm.					
	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	Toutes les classes
21 Mars 1988	<b>10.8</b> (0.)	<b>3.2</b> (3.2)	<b>3.9</b> (8.9)	<b>3.7</b> (6.5)	<b>2.1</b> (2.3)	<b>4.7</b> (4.2)
03 Avril 1988	<b>22.2</b> (0.0)	<b>11.3</b> (0.9)	<b>12.9</b> (2.8)	<b>9.9</b> (2.8)	<b>11.2</b> (3.0)	<b>13.5</b> (1.9)
17 Avril 1988	<b>16.3</b> (1.0)	<b>12.3</b> (0.5)	<b>9.0</b> (2.6)	<b>7.7</b> (2.6)	<b>8.6</b> (3.9)	<b>10.9</b> (2.1)
30 Avril 1988	<b>12.4</b> (0.4)	<b>13.2</b> (0.8)	<b>9.4</b> (2.2)	<b>8.2</b> (1.7)	<b>7.9</b> (2.3)	<b>10.2</b> (1.5)
14 Mai 1988	<b>14.0</b> (0.2)	<b>10.3</b> (0.4)	<b>8.1</b> (1.1)	<b>7.2</b> (3.6)	<b>8.6</b> (2.7)	<b>9.7</b> (1.6)
<b>moyenne</b>	<b>15.1</b> (0.3)	<b>10.0</b> (1.2)	<b>8.7</b> (3.5)	<b>7.3</b> (3.4)	<b>7.7</b> (2.8)	<b>9.8</b> (2.3)

Tableau 68. Maxima et minima des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm) par classe de taille et pour l'ensemble des prélèvements de *P. lividus* au cours de la période d' Avril, Mai et Juin 1988 dans le Port d'Alger. Les chiffres entre parenthèses correspondent aux dates des prélèvements.

Classe de taille (d)mm.		11-20	21-30	31-40	41-50	11-50
IRm (mg/cm <sup>3</sup> )	Max.	18.9 (15.06.88)	13.7 (27.04.88)	10.5 (30.05.88)	8.3 (27.04.88)	12.0 (27.04.88)
	Min.	8.7 (13.04.88)	8.5 (15.05.88)	7.7 (08.04.88)	2.1 (08.04.88)	8.0 (08.04.88)
IGm (mg/cm <sup>3</sup> )	Max.	3.1 (13.04.88)	4.4 (27.04.88)	5.7 (08.04.88)	2.8 (13.04.88)	4.2 (08.04.88)
	Min.	0.0 (29.03.88)	1.8 (15.05.88)	1.1 (15.06.88)	1.3 (15.05.88)	1.3 (15.05.88)

Tableau 69. Maxima et minima des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm) par classe de taille et pour l'ensemble des prélèvements de *P. lividus* au cours de la période de Mars, Avril et Mai 1987 à Aïn-Chorb. Les chiffres entre parenthèses correspondent aux dates des prélèvements.

Classe de taille (d)mm.		11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	11-60
IRm	Max.	16.3 (17.04.88)	13.2 (30.04.88)	12.8 (03.04.88)	9.9 (03.04.88)	11.2 (21.03.88)	13.5 (03.04.88)
	Min.	10.8 (21.03.88)	10.2 (29.05.88)	3.9 (21.03.88)	3.7 (21.03.88)	2.1 (03.04.88)	9.0 (29.05.88)
IGm	Max.	1.0 (17.04.88)	3.4 (21.03.88)	8.9 (21.03.88)	6.4 (21.03.88)	3.9 (03.04.88)	4.2 (21.03.88)
	Min.	0.0 (29.05.88)	0.0 (29.05.88)	1.1 (14.05.88)	1.7 (14.05.88)	2.2 (29.05.88)	1.5 (30.04.88)

#### 4.1.2. *Sphaerechinus granularis*

Les nombreux travaux réalisés sur les Echinodermes au cours de la dernière décennie, soulignent l'intérêt grandissant accordé aux oursins réguliers (*Echinoidea Regularia*) dont les plus communs en Méditerranée sont *Paracentrotus lividus*, *Arbacia lixula*, *Sphaerechinus granularis* et *Psammechinus microtuberculatus*. Cependant, parmi ces quatre espèces, *S. granularis*, présent sur substrat dur et dans l'herbier à *Posidonia oceanica* (PERES et PICARD, 1964) s'avère être une espèce relativement peu connue si l'on se réfère à la bibliographie. Les quelques données que nous possédons concernent sa reproduction (NEEFS, 1952; FENAUX, 1968, SELLEM, 1990), sa répartition et sa densité (HARMELIN *et al.*, 1980; HARMELIN *et al.*, 1981; CASTRIC-FEY et BEUZEN, 1987) sa biométrie (BALLESTEROS, 1981; DANCE, 1987; SELLEM, 1990) et son alimentation (CAMPOS-VILLACA, 1984; VERLAQUE, 1981). Les données générales concernant son alimentation sont plus abondantes. Les auteurs considèrent *Sphaerechinus granularis* comme un herbivore (TORTONESE, 1965; LAWRENCE, 1975) ou comme un détritivore sélectif (CORNET et JANGOUX, 1974). En mer, à 15 m de profondeur KRUMBACH (1914)

trouve des traces de broutage semblables à celles qu'il observe en aquarium sur les *Corallinaceae*. D'après cet auteur, l'oursin en consomme des quantités importantes *in vitro*, sans s'attaquer aux autres algues vivant sur le fond de l'aquarium. Le contenu digestif de *S. granularis* récoltés entre 30 et 60 m de profondeur, sur des fonds couverts de rhodolithes, est constitué par des *Corallinaceae* et des détritiques organiques. VERLAQUE (1981) en Corse, classe *S. granularis* parmi les racleurs herbivores : dans l'herbier de *Posidonia oceanica* son contenu digestif est constitué de 51% de rhizomes, de 19% de racines et de débris d'algues sciaphiles comme *Udotea petiolata* et *Peyssonnelia sp.*

#### 4.1.2.1. Dénombrement et densité

##### Répartition

*Sphaerechinus granularis* est rencontré dans toutes les stations et à toutes les profondeurs. Il est le plus souvent associé à *P. lividus* qui domine le groupe des échinodermes. C'est l'espèce qui par sa fréquence, (moins 43 %), se place en deuxième position. Les fréquences varient avec la profondeur et la saison. C'est à Tamentfoust que l'on rencontre le plus grand nombre d'individus (Tableau 70). La fréquence la plus élevée se retrouve dans l'herbier superficiel de Tamentfoust où les variations saisonnières sont le moins marquées.

##### Diamètre du test

Le diamètre moyen des individus semble augmenter avec la profondeur quelle que soit la station et varie légèrement avec les saisons (Tableau 70). C'est entre Avril et Juillet que l'on trouve les individus les plus petits. En Avril, on rencontre à Tamentfoust (-2 m) les plus petits individus (classe de taille 21-30 mm) et on note la densité la plus forte (5.2 individus/m<sup>2</sup>). Cette station, à herbier de posidonies, pourrait constituer un habitat-type des jeunes (nursérie) d'où partiraient les migrations observées dans les aires avoisinantes. Dans le port d'Alger, pour la même saison, la taille moyenne des individus est plus grande (57.6 mm) que celle observée à Tamentfoust (51.6 mm) et à La Marsa (40.8 mm)

La structure démographique des populations ainsi que la variation saisonnière du diamètre moyen ne concernent que la station de Tamentfoust (-2 m), les autres stations, ne présentant pas d'intérêt majeur, ne retiendront pas notre attention. Cependant, il est à signaler, d'une manière générale, au vu des résultats saisonniers obtenus, que le diamètre moyen de l'effectif global est très fluctuant compte tenu d'un nombre réduit d'individus rencontrés.

A Tamentfoust (-2 m) et à La Marsa (-2 m) la variation saisonnière du diamètre du test montre des fluctuations nettes surtout entre les effectifs de l'automne et le reste des saisons (Fig. 50). Le diamètre moyen est légèrement plus grand à La Marsa avec une valeur de 55.7 mm contre 44.5 mm à Tamentfoust. Ceci s'explique par la présence de jeunes individus dont le recrutement s'est fait au printemps à Tamentfoust.

L'analyse de variance effectuée sur les diamètres moyens des échantillons saisonniers aux deux stations ne donne aucune différence significative à La Marsa contrairement à Tamentfoust où les individus d'automne se distinguent de ceux des autres saisons.

Tableau 70. Dénombrement, densités moyennes, fréquences et diamètres moyens de *Sphaerechinus granularis* dans les stations de La Marsa (-2 m et -8 m) et de Tamentfoust (-2 m et -8 m) durant la période d'étude.

Paramètres	La Marsa (-2m)				La Marsa (-8m)				Tamentfoust (-2m)				Tamentfoust (-8m)			
	Oct.	Jan.	Avr.	Juil.	Oct.	Jan.	Avr.	Juil.	Oct.	Jan.	Avr.	Juil.	Oct.	Jan.	Avr.	Juil.
Nombre d'individus (x10)	3	2	7	6	2	3	0	2	21	48	52	38	*	1	18	9
Densité moyenne / m <sup>2</sup>	0.3	0.2	0.7	0.6	0.2	0.3	0	0.2	2.1	4.7	5.2	3.8	*	0.1	1.8	0.9
Ecart-type	0.7	0.4	1.1	1.0	0.4	0.5	0	0.4	1.5	3.3	3.2	3.1	*	0	2.4	0.7
Fréquence (%) / l'ensemble des Echinodermes	1.8	0.7	5.7	2.4	5.7	42.9	0	16.7	18.8	31.4	32.3	37.3	*	25.0	90.0	42.9
Diamètre moyen du test	61.0	61.5	51.6	48.7	43.0	70.7	0	55.5	52.7	41.6	40.8	42.7		72	50.3	56.9
Ecart-type	10.4	4.9	17.6	13.7	21.2	16.0	0	26.2	12.8	14.2	12.4	9.3	*	0	16.3	10.7

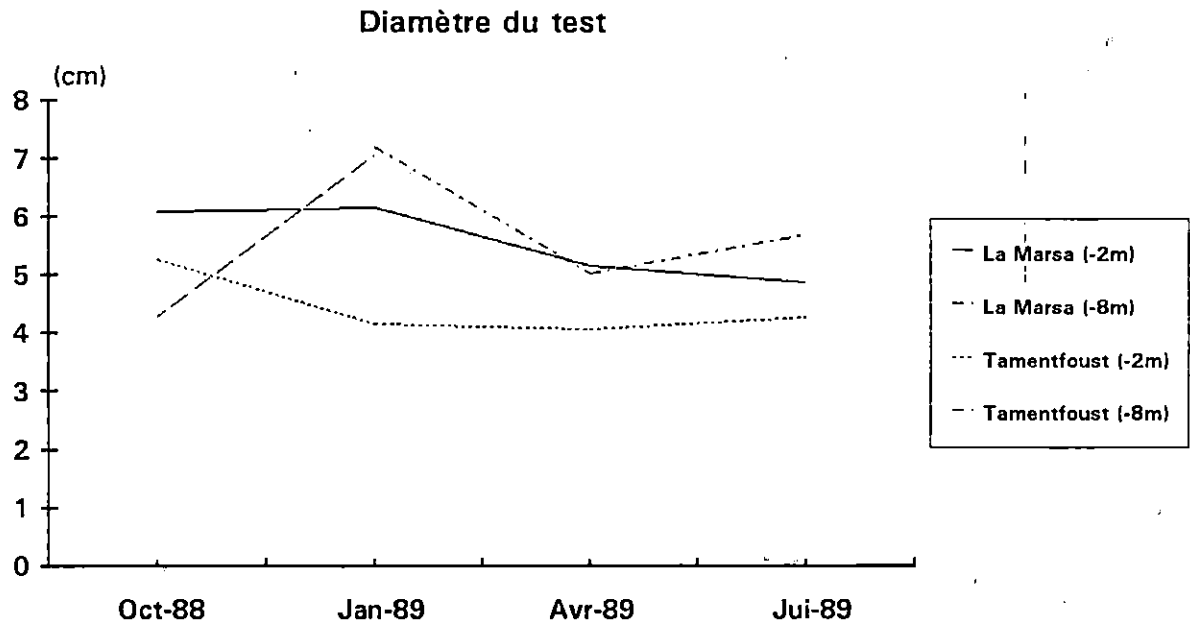


Figure 50. Variations saisonnières du diamètre moyen du test sans les piquants de *Sphaerechinus granularis* dans les stations de La Marsa (-2 m) et de Tamentfoust (-2 m et -8 m).

Un histogramme de fréquence de taille (diamètre du test) est établi sur la population de Tamentfoust qui a été subdivisée en 13 classes de taille de 5 mm (Fig. 51). Le recrutement se fait dès l'hiver mais il l'est beaucoup plus marqué et plus important au printemps. Les classes les plus grandes chutent en période estivale.

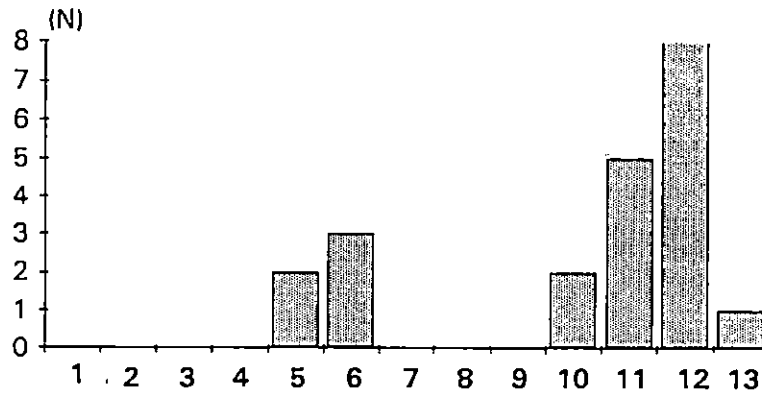
### Les densités

Les différences de densités sont très nettes entre les stations de Tamentfoust et de La Marsa surtout pour les stations superficielles (Fig. 52). On remarque que les densités moyennes sont toujours plus élevées au printemps quelle que soit la station.

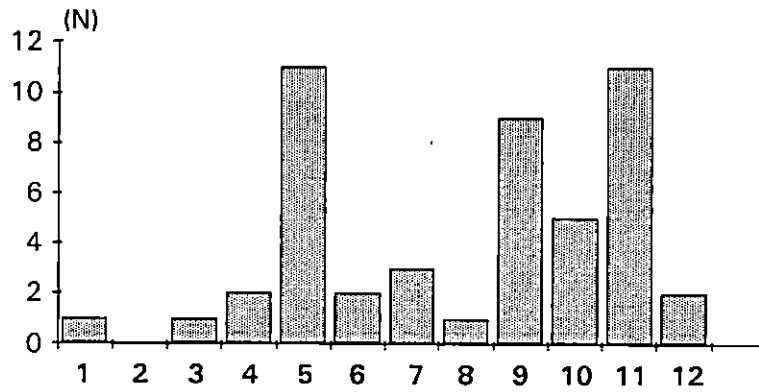
Tamentfoust (-2 m) est la station qui nous paraît présenter le plus d'intérêt. Elle présente le plus de variabilité dans les effectifs qui sont importants et qui varient d'une saison à l'autre, avec un maximum printanier dû probablement à un recrutement et un minimum à la fin de l'été.

Cependant, l'analyse de variance des échantillons montre que les densités moyennes, d'une saison à l'autre, ne diffèrent pas significativement (à 5%). C'est la trop grande variabilité des données de densité (écart-type important) de *S. granularis* qui en est à l'origine.

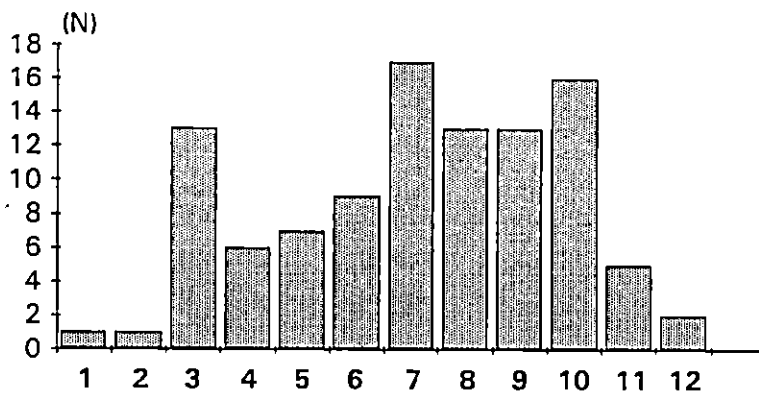
Nous avons constaté que les densités de *S. granularis* sont faibles dans les zones situées en dehors de la baie d'Alger. La présence de cet oursin dans une station serait due soit à la fixation des larves dans un biotope différent, suivie de migration, soit à un recrutement occasionnel, à la suite de circonstances particulièrement favorables. La station de Tamentfoust (-2 m) pourrait être l'habitat-type des jeunes *Sphaerechinus granularis* (cf. structure démographique).



Janvier - 1989



Avril - 1989



Juillet - 1989

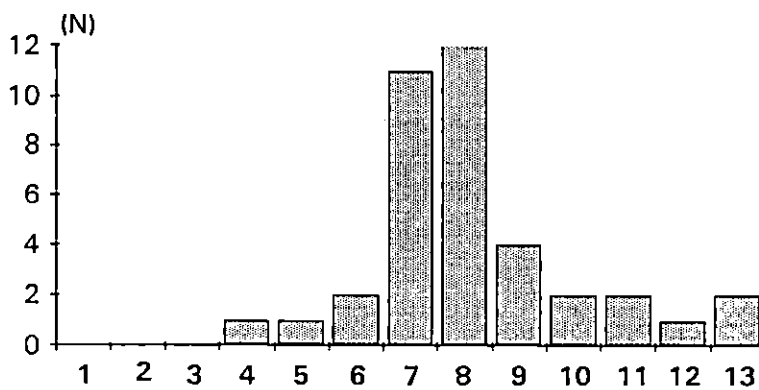
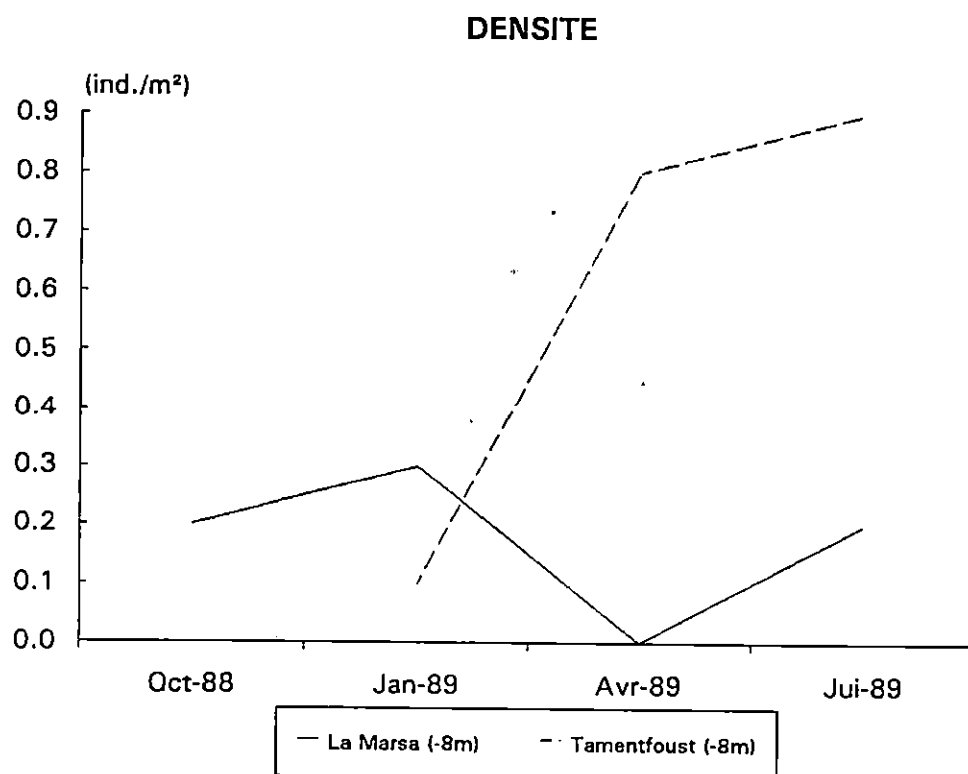
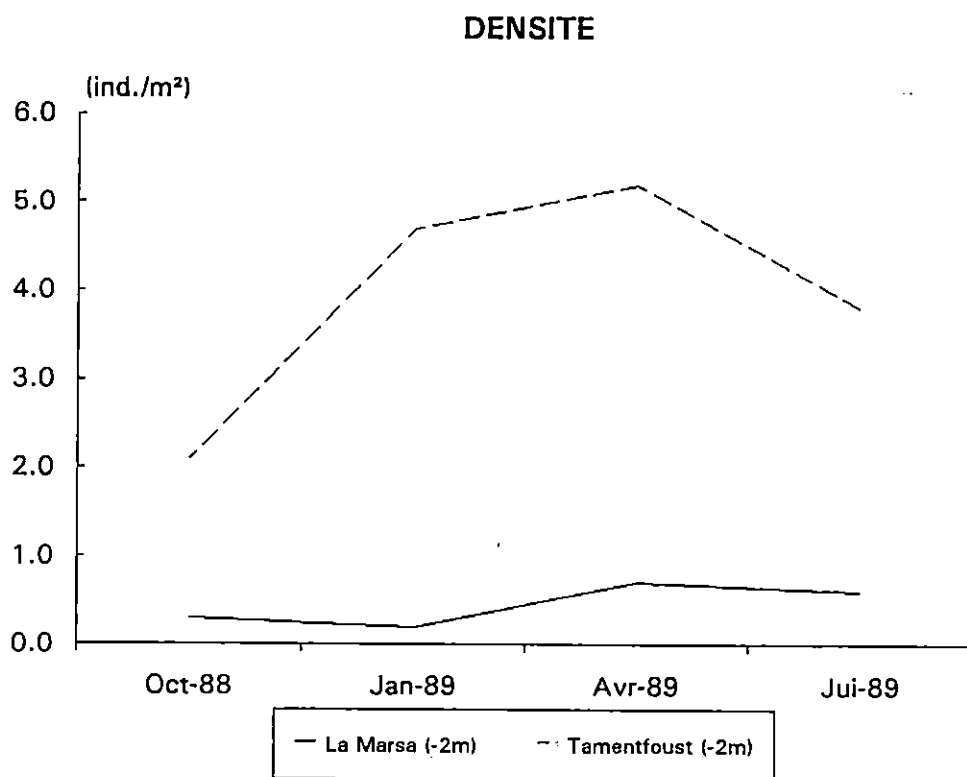


Fig. 51. Histogrammes de fréquence de taille (diamètre du test sans les piquants) de *Sphaerechinus granularis* de l'herbier superficiel de Tamentfoust (-2 m).



Figures 52. Variations saisonnières des densités de *Sphaerechinus granularis* dans les stations de La Marsa et de Tamentfoust (-2 m) et de La Marsa et de Tamentfoust (-8 m) durant la période de l'étude.

L'effet pollution se manifeste de façon spectaculaire sur la densité des populations des échinodermes en général (HARMELIN, 1980). Pour *S. granularis*, la densité maximale est atteinte dans l'herbier de Tamentfoust (-2 m). Ceci est dû probablement à un enrichissement organique engendré par la forte turbidité des eaux dans cette zone. L'enrichissement organique, quand il est exagéré, provoque la pullulation des espèces les plus bénéficiaires de cet état; c'est le cas de *S. granularis* à Tamentfoust. Constatation que nous avons faite sur la population du port d'Alger. La possibilité de s'alimenter, en partie, à partir de matériel micro-particulaire ou de substances dissoutes par absorption épithéliale péripérique (REGIS, 1979) est sans doute à l'origine de ce phénomène.

### Discussion sur la densité

Les résultats relevés dans la littérature se sont limités à la mer Méditerranée et à l'étage infralittoral, entre 2 m et 12 m de profondeur, afin de les comparer à nos données. Compte tenu du nombre restreint de références nous avons inclus celles de CASTRIC-FEY et BEUZEN (1987) de l'Atlantique nord (Tableau 71).

Tableau 71. Données de la littérature sur les densités de *Sphaerechinus granularis* pour les profondeurs comprises entre 3 et 12 m, complétées par nos données. Densité valeurs moyennes extrêmes ou valeurs moyennes. Roche P = zone très polluée à polluée.

Pays	Localités	Profondeur (m)	Densité (ind./m <sup>2</sup> )	Type de substrat	Références
France	Marseille - cortiou	3 - 10	0.12 à 1.80	Roche P	Delmas, 1988
	"	"	1.6 à 4.8	"	Harmelin <i>et al.</i> , 1981
	Port-Cros	5	0.8 - 1.5	"	Harmelin <i>et al.</i> , 1980
	Marseille - cortiou		0.13 - 1.92	"	Harmelin, 1980
France	Port-Cros		0.24		
	Concarneau	2 - 10	3 ou >	meubles(mäerl) et roche	Castric-Fey et Beuzen, 1987
Italie (Ischia)	Lacco Ameno	6	0.16	Herbier	Bulteel <i>et al.</i> , 1992
			(1990)		
Algérie	La Marsa	2	0.2 - 0.7	Herbier sur roche	nos données
			(1991)		
		8	0.2 - 0.3	Herbier	
	Tamentfoust	2	2.1 - 5.2	Herbier	
	port d'Alger	8	0.1 - 1.8	Herbier + sable	
	5 - 10	2 - 3 ou >	roche		

Dans l'ensemble, une population importante se localise sur la côte algéroise avec une dominance dans la baie d'Alger et ce quel que soit le type de substrat (roche au port d'Alger, herbier sur matto à Tamentfoust). HARMELIN (1980) souligne que la pollution domestique est la conséquence d'une augmentation de la richesse spécifique des échinodermes et d'un accroissement général des densités globales.

Les rejets à la mer, généralement sans traitement, de l'agglomération algéroise (plus de deux millions d'habitants) font supporter à cette zone une forte pollution mixte à dominance domestique. La majeure partie de cette pollution est drainée par des collecteurs qui débouchent dans la baie d'Alger au niveau du port (bassin de l'Agha) par l'oued El-Harrach et l'oued Hamiz pour les principaux.

En effet, dans cette zone, les conditions du milieu liées à la pollution d'origine domestique, en particulier, sont à l'origine des effectifs élevés rencontrés. La tendance de cet oursin à la pullulation, en eaux très chargées en éléments nutritifs, illustre bien son aptitude à compléter ou à remplacer son régime alimentaire normal par l'absorption de matériel organique dissous ou particulaire grâce à la porosité de son squelette, en particulier au niveau des piquants (REGIS, 1978, 1979).

A droite du cap Matifou, à La Marsa, l'influence de la pollution est faiblement ressentie, les densités réduites par rapport à la zone de la baie d'Alger prouvent, d'une certaine manière, que les conditions du milieu ne sont pas favorables au développement des effectifs. *Sphaerechinus granularis* représente en moyenne 2.7% de l'ensemble des échinodermes présents (*Paracentrotus lividus*, *Holothuria polii* et *Sphaerechinus granularis*) pour la période d'étude à 2 m de profondeur à La Marsa, alors que sa fréquence est de 29.9% à Tamentfoust. Dans l'herbier de La Marsa les densités trouvées ne sont pas différentes de celles rencontrées dans l'herbier de Lacco Ameno dans l'île d'Ischia (BULTEEL *et al.*, 1992).

#### 4.1.2.2. Evolution de la biomasse et de la production

La biomasse est calculée à partir de l'équation établie, des valeurs du diamètre moyen du test et de la densité moyenne (Tableau 72). Le rapport poids sec / poids humide est obtenu à partir des valeurs de SELLEM (1990). Ce rapport est égal à 28.55%. (cf. remarques dans le paragraphe sur *P. lividus*).

Pour exprimer la biomasse des individus de La Marsa nous utiliserons l'équation de biométrie établie pour les *S. granularis* de Tamentfoust. La biomasse de la population du port d'Alger est comparée à ces deux stations et à celle de Sidi Rais en Tunisie (SELLEM, 1990).

Tableau 72. Synthèse des valeurs de diamètre moyen, de densité et de biomasse pour *Sphaerechinus granularis* pour les stations superficielles des différentes localités. (mm) = diamètre du test sans les piquants en millimètres; (g PH) = poids humide total en grammes; (g PS) = poids sec total en grammes; (ind./m<sup>2</sup>) = nombre d'individus par mètre carré.

Stations	Diamètre	Poids/oursin		Densité	Biomasse	
	(mm)	(g PH)	(g PS)	(ind./m <sup>2</sup> )	(g PH/m <sup>2</sup> )	(g PS/m <sup>2</sup> )
La Marsa	53.3	72.1	20.6	0.45	32.4	9.3
	Tamentfoust	43.1	41.4	11.8	3.95	167.5
Port d'Alger	56.6	112.6	32.2	2.5	281.6	80.4
	Sidi Rais (Tunisie)	56.9	73.0	17.6	-	-

#### 4.1.2.3. Structure de la population au port d'Alger et à Tamentfoust

Dans la région d'Alger, *S. granularis* a fait l'objet d'une étude préliminaire de Mars à Juin 1988. Elle porte sur l'évolution de différentes caractéristiques biologiques : structure de la population, les indices gonadique et de réplétion, la distribution de la taille et la relation entre la taille et le poids. Par ailleurs, nous avons procédé à une comparaison des ces caractéristiques entre une population située en milieu perturbé (Port d'Alger) (BAKALEM et ROMANO, 1982) et une population vivant dans un herbier à *Posidonia oceanica* soumise à une pollution de moindre importance.

Sur le substrat rocheux du port d'Alger, au niveau de la jetée de Guelma, où le peuplement algal est dominé par des algues encroûtantes, nos résultats (Fig.53) mettent en évidence la distribution de la population d'oursins en fonction de la taille et de la profondeur. On note que les individus de grande taille se localisent dans la station la plus profonde. Les deux courbes présentent des pics d'abondance significativement différents : un pic à 5.5 cm de diamètre de test, correspondant aux individus localisés à 5 m de profondeur et un pic d'abondance pour les individus de 6 cm de diamètre de test à 10 m de profondeur. Un test de comparaison de moyennes (test Mann et Whitney) confirme cette différence.

Dans l'herbier de Posidonies (Fig.54), à -4 m, on note la présence d'individus de petite taille (2 à 3.5 cm de diamètre), absents au Port d'Alger. Leur nombre n'est pas important. Le pic d'abondance de la population se situe pour les individus dont le diamètre est de 5.5 cm.

#### 4.1.2.4. Relation biométrique (poids / diamètre du test)

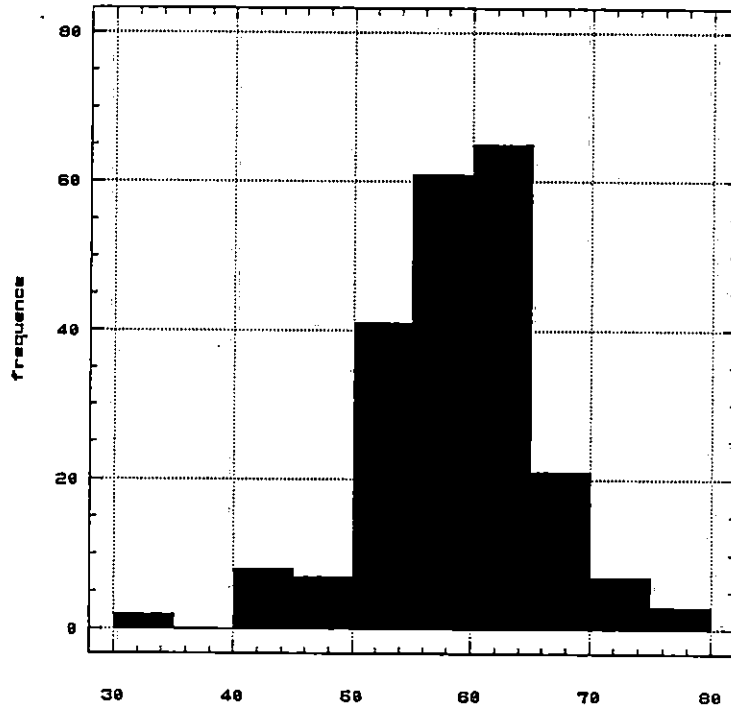
Nous avons établi une relation de biométrie pour *S. granularis* prélevés sur un substrat rocheux dans le port d'Alger et dans l'herbier à *Posidonia oceanica* à Tamentfoust (09/05/1988) (Tableau 73 et Fig. 55). Pour comparer les populations de *S. granularis* nous comparons leur pente (b). La relation s'écrit de la même manière que pour l'oursin *P. lividus*.

$$PS = a D^b$$

La valeur du coefficient de corrélation pour les deux populations est élevée, mais il est beaucoup plus fort à Tamentfoust ( $r = 0.99$ ). Il existe donc une corrélation très importante entre les deux variables.

La comparaison des pentes des deux équations par le test t de Student révèle que les pentes ne sont pas identiques ( $t_{\text{calculé}} = 13.3 > t_{\text{théorique}} = 1.97$  significatif au seuil de 0.05 pour un ddl = 181) et par conséquent, on ne peut pas établir de comparaison entre les ordonnées à l'origine. Le taux de croissance est donc différent dans les deux stations.

(1988):Diametre du test (mm) (-5m)



(1988):Diametre du test (mm) (-10m)

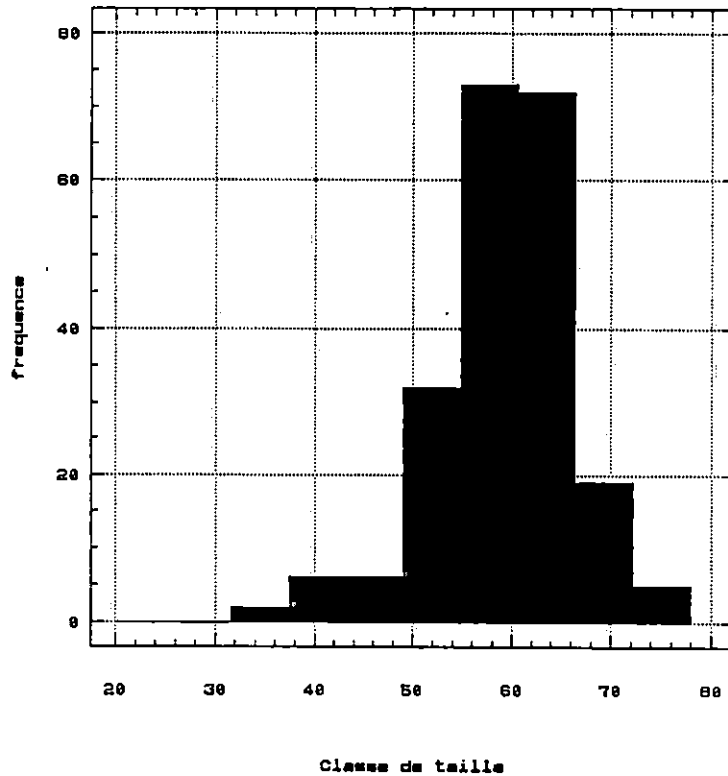


Fig. 53. Histogrammes des classes de taille établis sur l'ensemble de la population de *Sphaerechinus granularis* échantillonnée à -5 m et -10 m au port d'Alger.

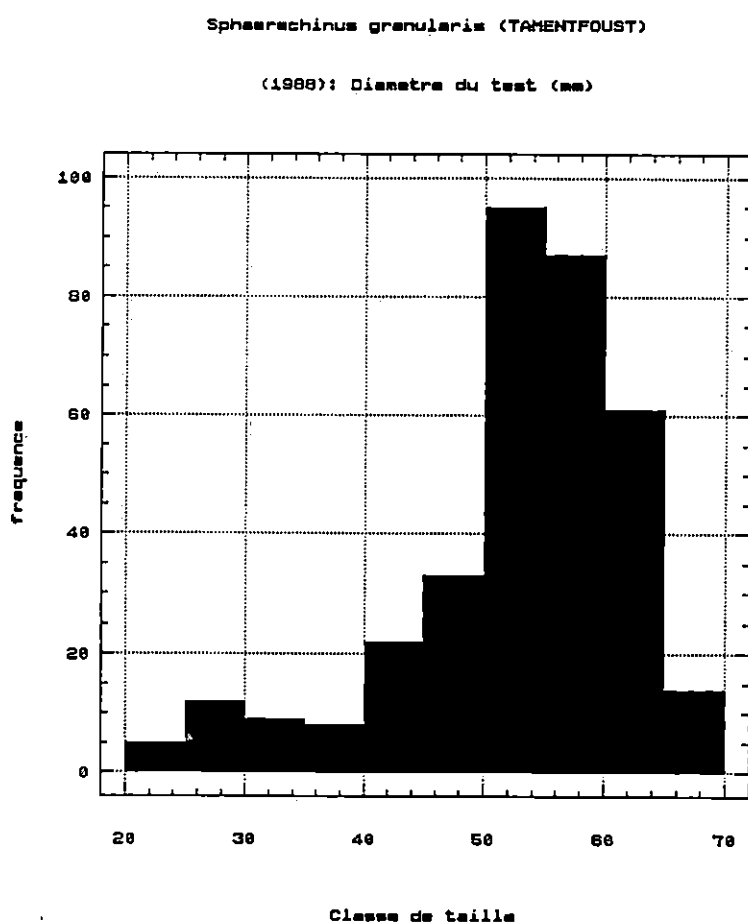


Fig. 54. Histogramme des classes de taille établis sur l'ensemble de la population de *Sphaerechinus granularis* échantillonnée entre -3 m et -4 m à Tamentfoust.

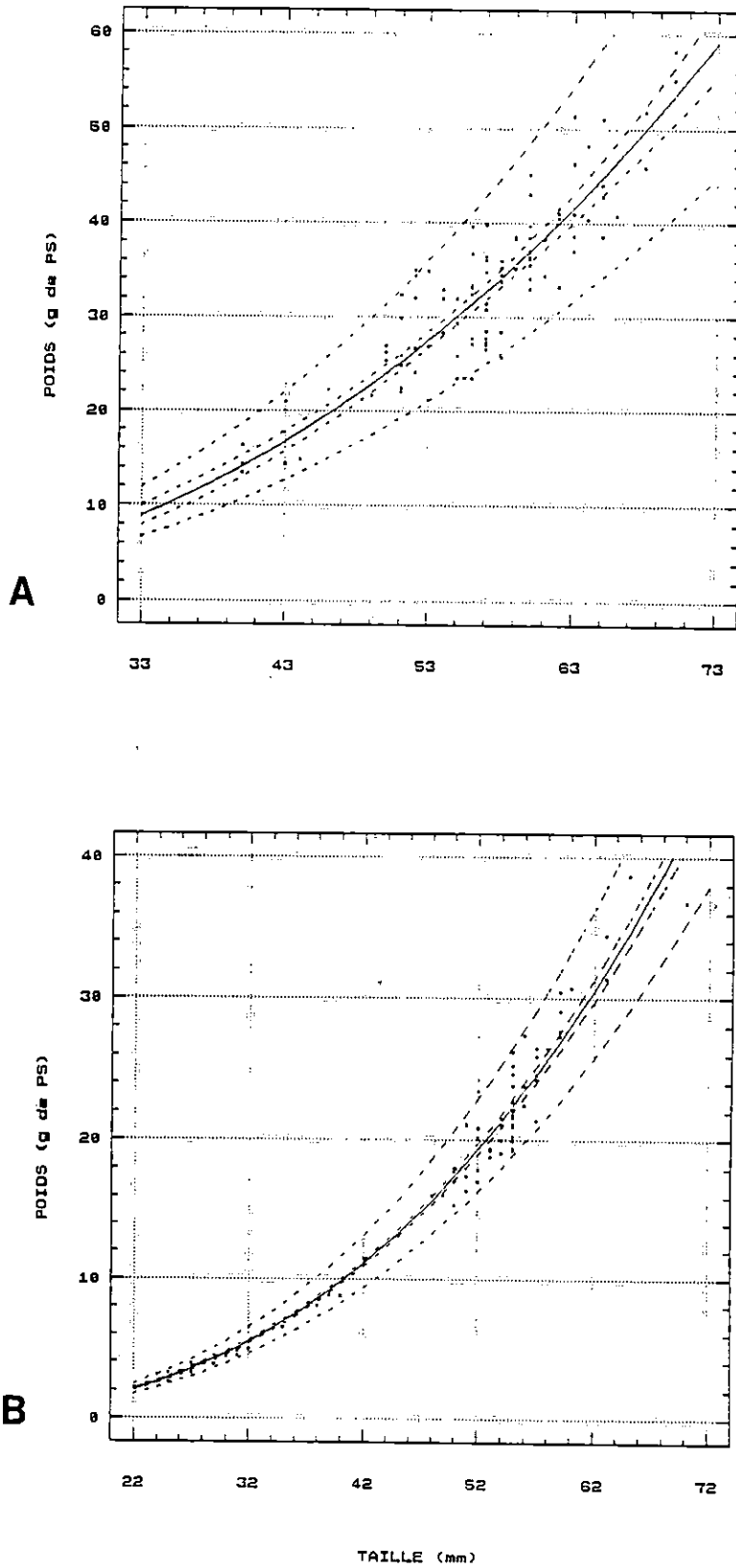


Fig. 55. Relations biométriques chez *Sphaerechinus granularis* du port d'Alger (A) et de Tamentfoust (B) entre la poids total (en grammes) et le diamètre du test sans les piquants (en millimètres). Les limites de confiance et de précision (à 95%) sont également représentées.

Tableau 73. Equations de biométrie pour *Sphaerechinus granularis*. Prof. = profondeur (m); n = effectifs; r = coefficient de corrélation; D = diamètre du test sans les piquants (en mm), PS = poids sec (en g.); a = Log a (Logarithme népérien); l'erreur standart pour chaque coefficient est donnée entre parenthèses.

Stations et biotopes	X	Y	a	b	r	n	Prof
Tamentfoust (Herbier à <i>P.oceanica</i> )	D	PS	-7.3353 (0.1137)	2.6060 (0.0297)	0.99	88	3 - 4
Port d'Alger (substrat dur pauvre en algues dréssées)	D	PS	-6.1369 (0.4371)	2.3810 (0.1084)	0.91	95	5

Les relations de biométrie existante pour *Sphaerechinus granularis* sont peu nombreuses (Tableau 74).

Tableau 74. Données de la littérature concernant les relations biométriques de *Sphaerechinus granularis*  
PH = poids humide (en g), PS = poids sec (en g), D = diamètre du test sans les radioles (en mm) r = coefficient de corrélation, n = nombre d'individus, Prof. = profondeur (en m), R = Roche, H = herbier. \* = poids sec du test sans les radioles; \*\* = poids sec total.

Référence	Equation	Localisation Biotope	Prof.	r	n
DANCE (1987)	$PH = 1.369 \cdot 10^{-3} \cdot D^{2.752}$	Port-Cros (éboulis)	2 à 6	0.90	105
	$PS = 2.128 \cdot 10^{-4} \cdot D^{2.903}$			0.93	105
SELLEM (1990)*	$PH = 6.00 \cdot 10^{-4} \cdot D^{2.898}$	Sidi Raïs (H)	0.5 à 3	0.97	19
	$PS = 3.00 \cdot 10^{-4} \cdot D^{2.717}$			0.95	19
Nos données **	$PS = 2.162 \cdot 10^{-3} \cdot D^{2.381}$	Port d'Alger (R)	0.5 à 5	0.91	95
	$PS = 6.521 \cdot 10^{-4} \cdot D^{2.606}$	Tamentfoust (H)			

#### 4.1.2.5. Indices physiologiques (indice de réplétion (IR) et indice gonadique (IG))

Afin de suivre l'évolution des indices moyens de réplétion et gonadique, respectivement chez les mâles et les femelles, nous avons considéré le sexe de tous les individus dans la station de Tamentfoust et dans la station du port d'Alger; de plus, nous avons tenu compte de la profondeur pour les individus de la station du Port d'Alger.

POUR L'ENSEMBLE DES PRELEVEMENTS, PAR SEXE ET EN FONCTION DE LA PROFONDEUR.

**Indice gonadique des individus vivant dans le Port d'Alger (substrat rocheux).**

Les courbes mensuelles de cet indice présentent des variations de faible amplitude.

A 5 m de profondeur, les individus (Fig.56) ont des valeurs de l'indice légèrement plus importantes chez les femelles que chez les mâles. Ces valeurs diminuent jusqu'à la mi-Mai puis augmentent régulièrement jusqu'en Juin. Cette chute de l'indice gonadique moyen traduirait la présence d'une ponte qui se serait produite durant les semaines précédentes. Cependant, ces variations observées ne sont pas significatives.

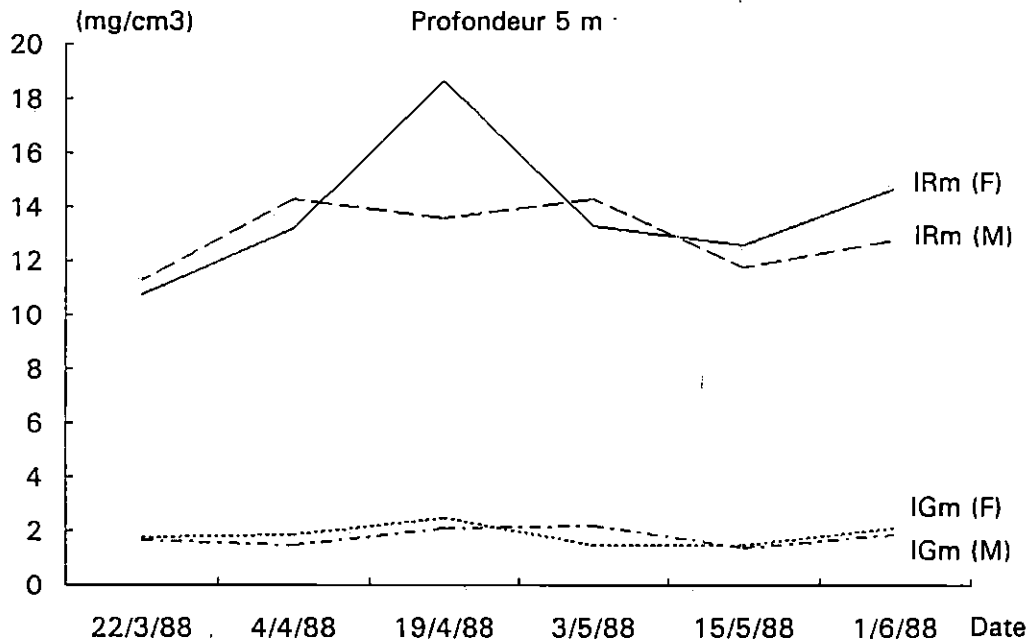


Fig. 56. Variations saisonnières des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm), des mâles (M) et des femelles (F) de *Sphaerechinus granularis* du port d'Alger à -5m.

A 10 m de profondeur, les individus (Fig.57) présentent en moyenne des valeurs de l'indice gonadique supérieures chez les femelles. On observe une évolution similaire des variations de cet indice pour les deux sexes.

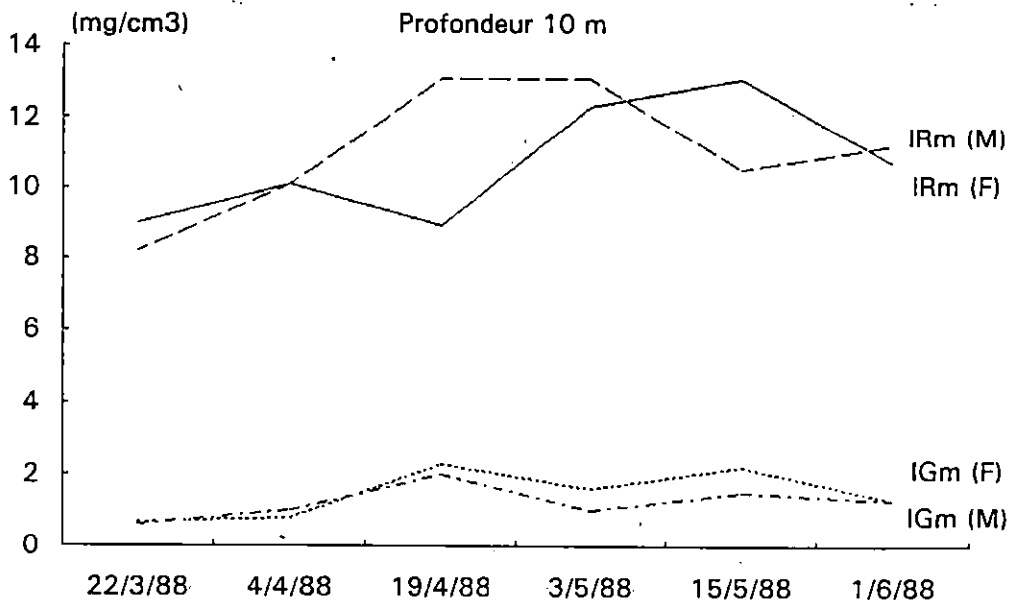


Fig. 57. Variations saisonnières des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm), des mâles (M) et des femelles (F) de *Sphaerechinus granularis* du port d'Alger à -10m.

L'étude des courbes indique la présence de pontes successives signalées par les diminutions des valeurs de l'indice au cours de la période considérée (variations significatives à 0.05). Ces chutes apparaissent à la mi-Avril et en Juin. Ces fluctuations traduisent, probablement, la présence d'une ponte étalée d'Avril à Juin. Ce résultat correspond à ceux obtenus par FENAUX (1968).

**Indice gonadique des individus vivant dans l'herbier à *Posidonia oceanica*.**

Les valeurs de l'indice obtenues pour ces individus (Fig.58) sont plus importantes que celles des individus vivant sur substrat rocheux.

Les variations de l'indice gonadique des individus mâles et femelles suivent la même évolution dans le temps. Les mâles ont des indices moyens légèrement plus forts que ceux des femelles.

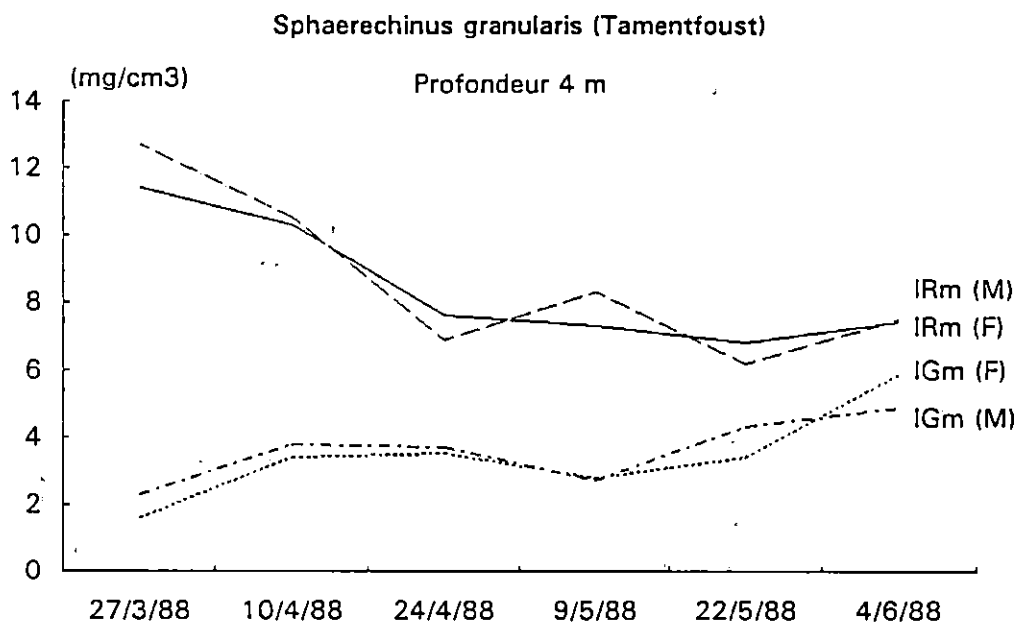


Fig. 58. Variations saisonnières des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm), des mâles (M) et des femelles (F) de *Sphaerechinus granularis* de l'herbier de Tamentfoust.

L'évolution de ces valeurs montre une nette augmentation de Mars au début d'Avril, suivie d'un léger plateau, puis d'une chute brutale jusqu'à la mi-Mai et enfin, d'une hausse pendant la période qui suit (variations significatives à 0.05). Cette diminution des valeurs moyennes de l'indice gonadique observée de la fin Avril au début du mois de Mai, suivie d'une reprise, met en évidence une période de ponte comparable à celle observée pour les individus localisés au Port d'Alger.

**Indice de réplétion des individus vivant dans le Port d'Alger (substrat rocheux).**

A 5 m de profondeur, les individus (Fig.56) présentent des valeurs moyennes de l'indice de réplétion plus prononcées chez les femelles que chez les mâles durant toute la période de notre étude, à l'exception de la période allant du mois de Mars au début du mois d'Avril où ces valeurs sont plus importantes chez les mâles (variations significatives à 0.05). On observe une augmentation des valeurs de l'indice de Mars à mi-Avril, suivie d'une diminution jusqu'à mi-Mai, puis d'une hausse durant le mois suivant.

La chute de ces valeurs coïncide avec celles observées pour l'indice gonadique. Il semblerait que sur substrat rocheux *S. granularis* présente une activité gonadique liée à l'activité trophique.

#### **Indice de réplétion des oursins de l'herbier à *Posidonia oceanica*.**

Les valeurs montrent une régression de cet indice, de Mars à début Mai (Fig. 58), ces valeurs tendent à se stabiliser jusqu'à la fin du mois de Mai, puis augmentent légèrement le mois suivant (variations significatives à 0.05).

Le comportement trophique de *S. granularis* se caractérise probablement par une consommation importante en période hivernale (malheureusement, nous manquons de données suffisantes pour cette période) entraînant la constitution d'une réserve énergétique utilisée plus tard, au moment de la reprise de maturation des gonades.

#### **POUR L'ENSEMBLE DES PRELEVEMENTS ET PAR CLASSE DE TAILLE.**

Dans un premier temps (cf. paragraphe précédent), nous avons étudié les variations des indices pour l'ensemble des prélèvements, à différentes profondeurs (Port d'Alger) et pour les deux sexes séparés. Afin de comparer les résultats obtenus, nous considérerons ces indices pour l'ensemble des prélèvements et par classe de taille sans tenir compte du sexe des individus ni de la profondeur des récoltes.

#### **Indices de réplétion et gonadique pour l'ensemble des prélèvements**

##### **Sur substrat rocheux**

L'évolution de l'indice de réplétion de *S. granularis* montre des variations plus ou moins importantes (Fig.59). Cet indice augmente et présente un pic maximal en Avril, puis diminue jusqu'en Mai et finit par se stabiliser.

L'indice gonadique moyen reste faible, sauf en Avril où le maximum est atteint (Fig.59).

Nous constatons que les deux indices physiologiques étudiés suivent une évolution similaire, caractérisée par des courbes parallèles.

##### **Dans l'herbier de Posidonies**

A Tamentfoust, l'indice de réplétion diminue régulièrement de Mars à Juin (fin de nos prélèvements) (Fig.59). Un pic net apparaît en Mai. Cette augmentation coïncide avec une baisse de l'indice gonadique. Dans l'ensemble, on remarque que l'indice de réplétion présente les mêmes variations que l'indice gonadique avec un léger décalage dans le temps. Ces variations constatées pour les deux indices sont significatives (à 0.05).

#### **Indices de réplétion et gonadique par classe de taille de *S. granularis* vivant sur le substrat rocheux et dans l'herbier**

Les classes de taille ont été choisies en fonction des effectifs rencontrés dans les deux populations et établies tous les 1 cm de diamètre de test sans les piquants.

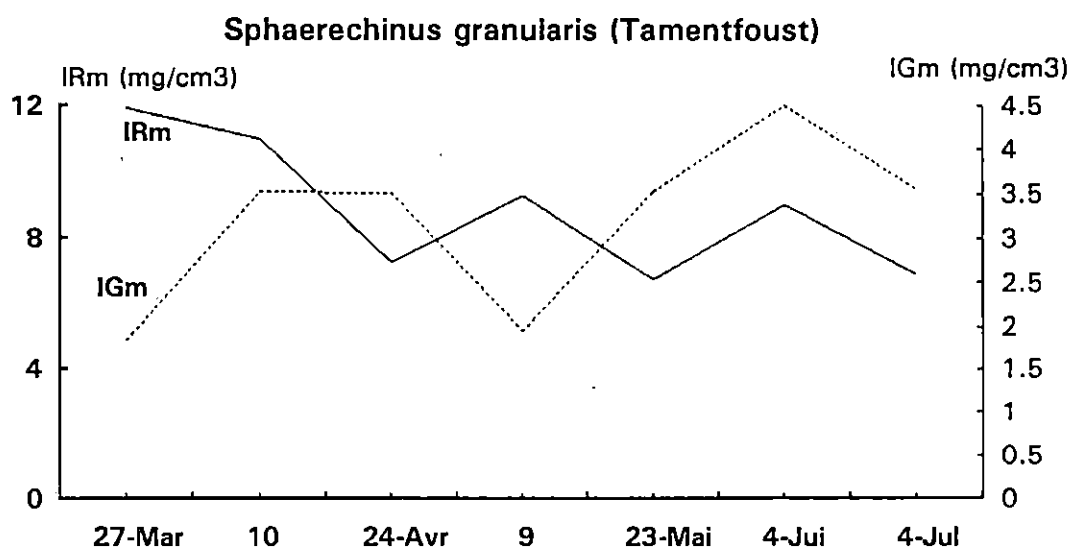
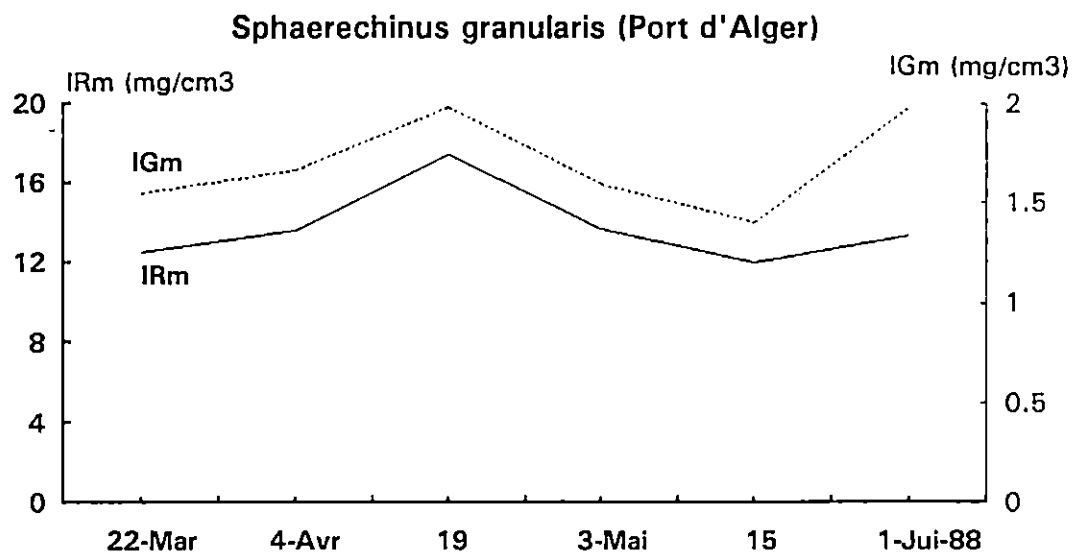


Fig. 59. Variations de l'indice de réplétion et de l'indice gonadique moyens pour l'ensemble du prélèvement de *Sphaerechinus granularis* (tous sexes confondus) des stations du port d'Alger (-5 m) et de Tamentfoust (-4 m).

### **Sur le substrat rocheux**

L'indice de réplétion montre des variations importantes pour la classe de taille (41 - 50 mm) (Fig. 60 et 61) : il évolue régulièrement et présente un pic (maximum) à la fin Avril. La valeur minimale apparaît début Juin. L'indice gonadique suit la même évolution que l'indice de réplétion avec un léger décalage. Sa valeur maximale se situe en Mars. La variation de l'indice gonique est significative.

L'indice de réplétion évolue régulièrement (Fig. 60 et 61) pour la classe de taille (51 - 60 mm), avec de légères variations. Un pic (maximum) se situe en Avril. Le minimum s'observe à la fin Mars. L'indice gonadique assez faible, varie dans le même sens et présente un maximum et un minimum atteints perçus au même moment que ceux de l'indice de réplétion. La variation de l'indice de réplétion est significative.

De même pour la classe de taille (61 - 70 mm), les deux indices (Fig. 60 et 61) présentent la même évolution que la classe précédente (51 - 60 mm), cependant l'indice gonadique montre des variations plus importantes. Les maxima de ces deux indices physiologiques semblent simultanés.

### **Dans l'herbier de Posidonies**

L'indice de réplétion présente une diminution progressive pour la classe de taille (41 - 50 mm) (Fig. 60 et 61) du début du mois d'Avril, et du mois de Juin, avec un pic maximal en Avril, le minimum s'observant en Juin.

L'indice gonadique évolue dans le même sens que l'indice de réplétion et présente aussi un maximum en Avril. Après un minimum atteint en Mai, il augmente en Juin. Seules les variations de l'indice de réplétion sont significatives.

L'indice de réplétion est stable dans son ensemble pour la classe de taille (51 - 60 mm) (Fig. 60 et 61), avec une légère diminution au mois d'Avril.

L'indice gonadique présente des variations importantes, sa valeur augmente régulièrement jusqu'à atteindre un pic début Avril. Le maximum de cet indice apparaît début Juin. Variations significatives pour les deux indices.

L'indice de réplétion subit de légères variations pour la classe de taille (61 - 70 mm) (Fig. 60 et 61), il présente une diminution plus ou moins régulière avec un léger pic en Mai. Cette baisse se prolonge jusqu'au dernier prélèvement. Le maximum apparaît à la fin du mois de Mars et le minimum au début du mois de Juin.

Cette baisse de l'indice de réplétion coïncide avec une importante augmentation de l'indice gonadique. On peut noter pour ce dernier de grandes variations significatives au cours de la période d'étude.

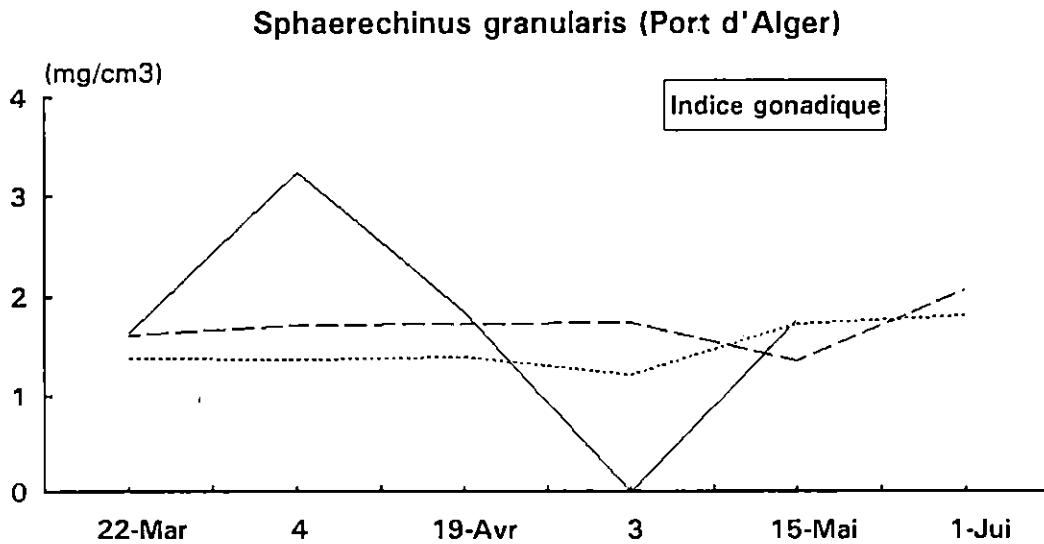
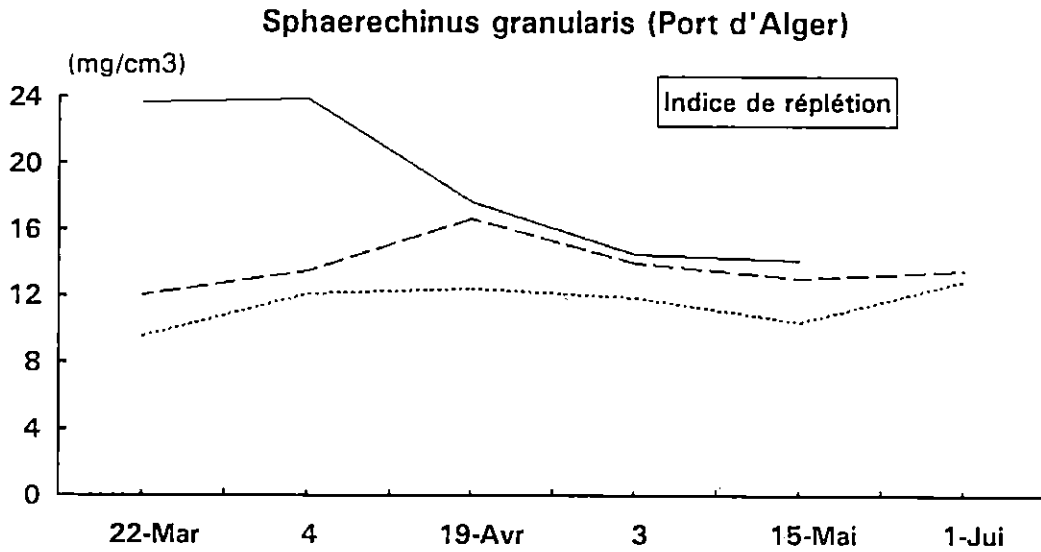


Fig. 60. Variations de l'indice de réplétion et de l'indice gonadique moyens par classe de taille de *Sphaerechinus granularis* (tous sexes confondus) de la station du port d'Alger (-5 m). (—) 41-50 mm, (---) 51-60 mm et (-----) 61-70 mm.

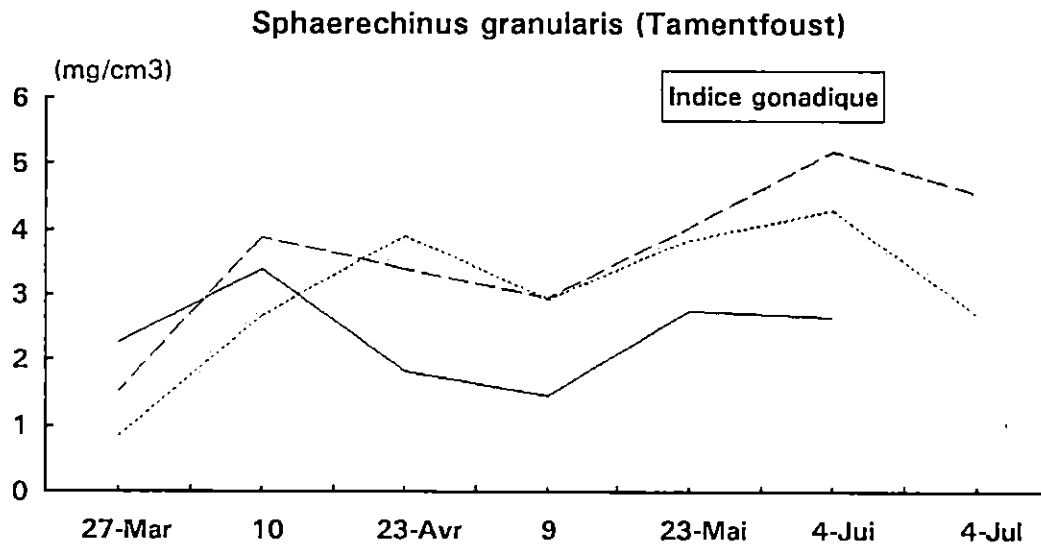
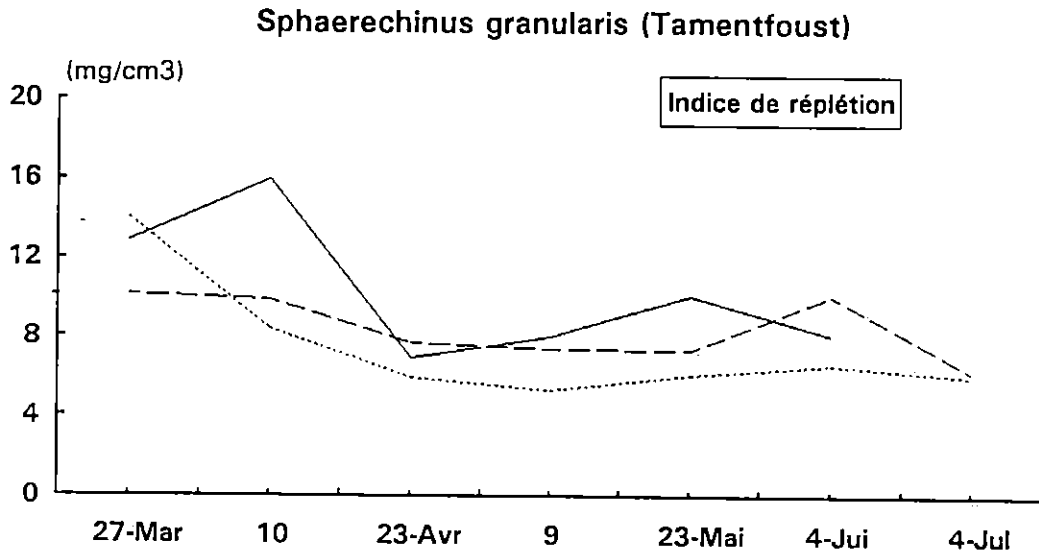


Fig. 61. Variations de l'indice de réplétion et de l'indice gonadique moyens par classe de taille de *Sphaerechinus granularis* (tous sexes confondus) de la station de Tamentfoust (-4 m). (—) 41-50 mm, (---) 51-60 mm et (-----) 61-70 mm.

Les valeurs maximales et minimales des indices de réplétion et gonadique sont consignées dans le Tableau 75.

Tableau 75. Maxima et minima des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm) par classe de taille et pour l'ensemble des prélèvements chez *S. granularis* sur substrat rocheux et dans l'herbier à *P. oceanica* durant la période de Mars à Juin 1988.

Biotope	classe de taille (cm)	IRm (mg/cm <sup>3</sup> ) maximum	IRm (mg/cm <sup>3</sup> ) minimum	IGm (mg/cm <sup>3</sup> ) maximum	IGm (mg/cm <sup>3</sup> ) minimum
Rocheux	4.1 - 5.0	20.0 (24.04.88)	11.5 (15.05.88)	3.1 (03.05.88)	0.3 (15.05.88)
	5.1 - 6.0	15.1 (24.04.88)	11.5 (27.03.88)	2.0 (24.04.88)	1.3 (27.03.88)
	5.1 - 6.0	13.2 (24.04.88)	8.8 (27.03.88)	2.2 (24.04.88)	1.0 (27.03.88)
	4.1 - 7.0	15.5 (24.04.88)	11.0 (27.03.88)	2.1 (24.04.88)	1.2 (27.03.88)
Herbier	4.1 - 5.0	16.0 (10.04.88)	6.9 (24.04.88)	3.4 (10.04.88)	1.5 (09.05.88)
	5.1 - 6.0	10.2 (27.03.88)	6.2 (04.07.88)	5.2 (04.06.88)	1.5 (27.03.88)
	5.1 - 6.0	14.0 (27.03.88)	5.3 (09.05.88)	4.3 (04.06.88)	0.9 (27.03.88)
	4.1 - 7.0	11.9 (27.03.88)	6.8 (232.05.88)	4.5 (04.06.88)	1.9 (27.03.88)

### Discussion

Malgré son caractère préliminaire, cette étude nous apporte quelques informations intéressantes. L'évolution des valeurs moyennes de l'indice gonadique pour l'ensemble des prélèvements de *S. granularis*, quel que soit son biotope, est significative. Dans l'herbier de Tamentfoust, une période de ponte, caractérisée par la chute de l'indice gonadique, se localise entre la fin Avril et la fin Mai. L'ensemble des classes de taille est à l'origine de cette ponte qui peut s'étaler jusqu'en Juin; cela est en conformité avec les résultats obtenus par FENAUX (1972). Nous ne disposons pas actuellement de données sur le reste du cycle annuel; toutefois, NEEFS (1952), dans une population de la Manche, trouve toute l'année des gonades bien développées qui, après injection de chlorure de potassium, émettent des produits sexuels mûrs. Les valeurs moyennes de cet indice sont plus fortes dans l'herbier de Tamentfoust que sur les substrats rocheux du port d'Alger. Cette différence serait due probablement au milieu environnant qui intervient sur la maturation et la ponte de l'oursin. Elle se traduit, dans notre cas, par une ponte plus importante au niveau de l'herbier à *Posidonia oceanica*. Parmi les facteurs intrinsèques intervenant sur le déroulement des différentes phases du cycle de reproduction chez l'oursin, la nourriture joue sans nul doute un rôle déterminant sur la maturation des gonades (FENAUX, 1981). Les variations de l'indice de réplétion obtenues pour l'ensemble des prélèvements sont significatives au port d'Alger et dans l'herbier de Tamentfoust. L'allure des courbes obtenues diffère par l'ampleur plus ou moins prononcée de leurs variations qui est probablement liée aux ressources trophiques disponibles qui diffèrent selon la station. En effet, la première est

caractérisée par un peuplement algal pauvre en espèces, dominé par des algues encroûtantes, la seconde par la présence d'un herbier à *Posidonia oceanica* riche en épibiontes végétaux et animaux. Ceci a été confirmé par un examen sommaire des contenus digestifs avec, dans le port d'Alger, une dominance de matériel détritique par rapport à la fraction organique (comportement de racleur : VERLAQUE, 1984), contrairement aux individus de l'herbier à *P. oceanica* qui présentent un comportement de brouteur plus ou moins marqué (LAWRENCE, 1975). Quoiqu'il en soit, les variations de l'indice de réplétion observées suggèrent l'existence de phases épisodiques de collecte intense de nourriture, séparées par des périodes de moindre collecte (REGIS, 1978). Si l'on se rapporte aux résultats concernant les interactions entre la période de reproduction et l'intensité de collecte de la nourriture, nous pouvons dire que les deux populations d'oursins présentent un comportement différent. Dans le cas de la station du port, les variations de l'indice gonadique et de l'indice de réplétion sont faibles et sensiblement parallèles; au contraire, dans l'herbier, où les ressources trophiques ne sont pas limitantes, ces deux indices sont nettement opposés, ce qui est également le cas pour *Paracentrotus lividus* de la région d'Alger (SEMROUD *et al.*, 1987; ZANOUN, 1987) ou d'*Echinus esculentus* (NICHOLS *et al.*, 1985) en Grande Bretagne.

#### 4.1.2.6. Sex-ratio

L'analyse du sex-ratio et de l'indice gonadique, nous permet de dégager et de développer les grands traits de la biologie de la reproduction de *S. granularis*. Le sex-ratio se définit comme étant le rapport existant entre l'abondance d'un sexe par rapport à l'autre dans une population.

Dans ce travail, nous avons étudié pour l'ensemble de nos données :

- le sex-ratio en fonction de la taille
- le sex-ratio en fonction de la saison
- le sex-ratio en fonction de la profondeur

#### En fonction de la taille

La répartition des individus mâles et des individus femelles par classe de taille sur substrat rocheux et dans l'herbier à Posidonies, ainsi que les pourcentages des deux sexes et leur intervalle de confiance au risque de 5% sont représentés dans le tableau 76. L'intervalle de confiance est calculé à partir de la formule de SCHWARTZ (1983).

#### Substrat rocheux

Des courbes d'abondance de tailles ont été établies à partir de 448 individus prélevés sur substrat rocheux répartis en 270 femelles et 178 mâles. Les valeurs moyennes calculées sont de 5.68 cm de diamètre du test sans les piquants pour les femelles et 5.54 cm pour les mâles. Nous constatons que la taille moyenne des femelles est supérieure à celle des mâles. Un test de comparaison de deux moyennes, basé sur la valeur de l'écart réduit confirme notre observation. La différence entre les deux tailles moyennes s'avère donc significative.

La répartition des tailles des mâles et des femelles est comprise entre 4.0 et 7.4 cm de diamètre du test (Fig.62). Dans l'intervalle de classe 4.0-4.4 cm il y a une légère dominance des mâles à 5 m de profondeur, au delà de la classe 4.5-4.9 cm le taux de

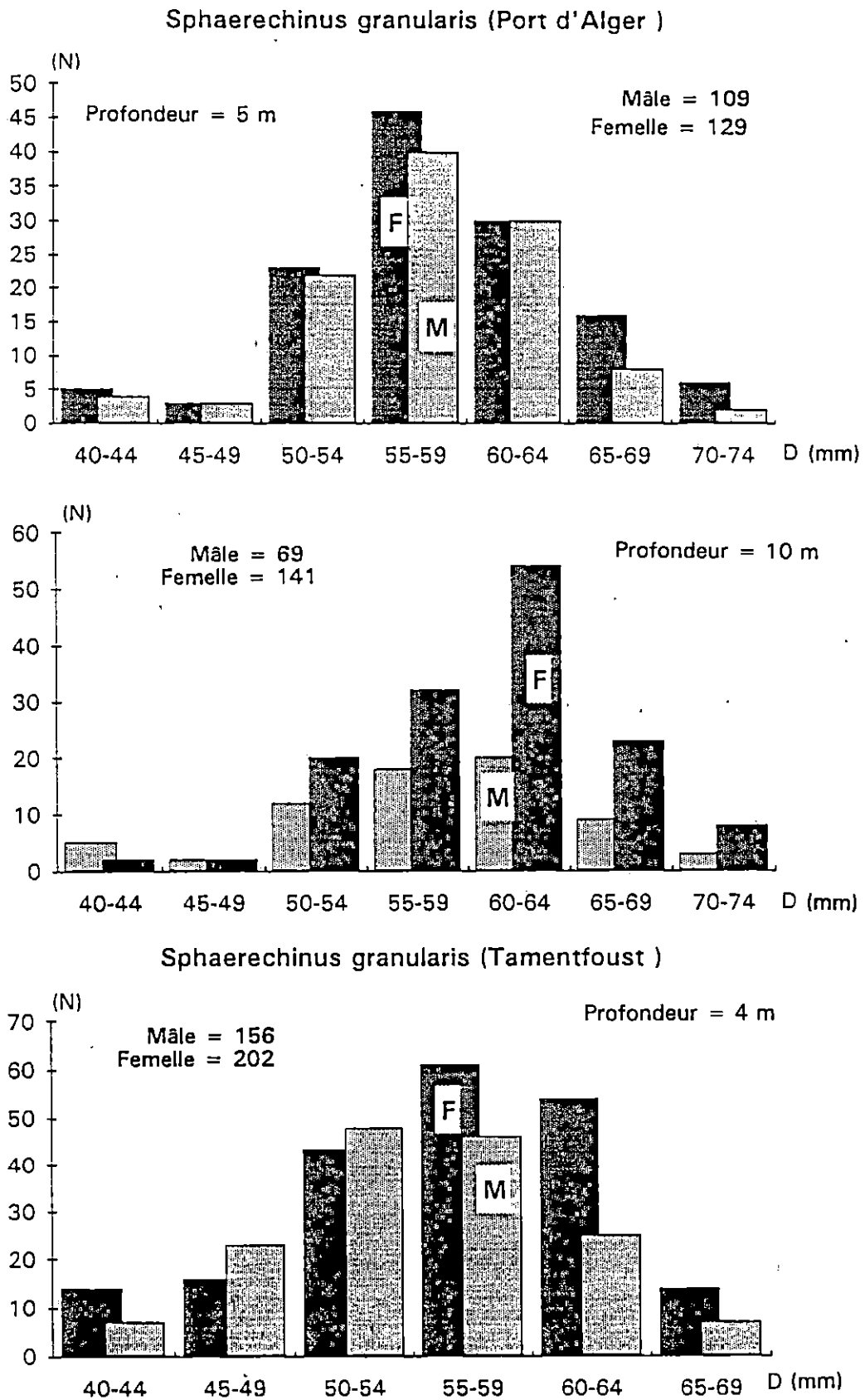


Fig. 62. Histogrammes des classes de tailles établis pour les mâles (M) et femelles (F) de *Sphaerechinus granularis* au port d'Alger à (-5 m) et à (-10 m), et à Tamentfoust (-4 m).

femelles est plus important. Chez les individus de classe de 40-44 mm, le pourcentage de mâles est légèrement plus grand que celui des femelles, pour la classe 45-49 mm le nombre de mâles est égal au nombre de femelles. Au-delà de 49 mm, le sex-ratio est en faveur des femelles.

Pour les individus compris entre 55-59 mm et 60-64, les pics d'abondance se situent pour les deux sexes respectivement à -5 m pour le premier et -10 m pour le second. On constate que les deux courbes évoluent dans le même sens, avec une dominance des femelles pour les individus de grands tailles.

### Herbier à *P. oceanica*

D'autres courbes d'abondance de tailles ont été établies à partir de 358 individus prélevés sur l'herbier à *P. oceanica*, répartis en 202 femelles et 156 mâles. La taille des femelles et des mâles est comprise entre 40 et 69 mm. Les valeurs moyennes calculées sont de 53.4 cm de diamètre du test sans les piquants pour les femelles et 53.6 cm pour les mâles. Nous constatons que la taille moyenne des femelles est proche de celle des mâles (Fig.62). Un test de comparaison de deux moyennes, confirme notre observation. La différence entre les deux tailles moyennes n'est pas significative. Ce résultat indique donc que chez *S. granularis*, la croissance des femelles et des mâles serait similaire dans l'herbier.

Pour toutes les classes de taille, le nombre de femelles est légèrement plus important, et présente un pic d'abondance dans la classe de taille de 65-69 mm. Dans l'herbier à Posidonies, il semblerait que les deux sexes soient en proportion relativement égale (Tableau 76 et Fig.63).

Pour les individus vivant dans l'herbier à Posidonies, le sex-ratio semble, en général, en faveur des femelles; il est de 1 (= autant de mâles que de femelles) dans les classes de taille 45-49 mm et 50-54 mm. Au delà de 55 mm la dominance des femelles s'accroît.

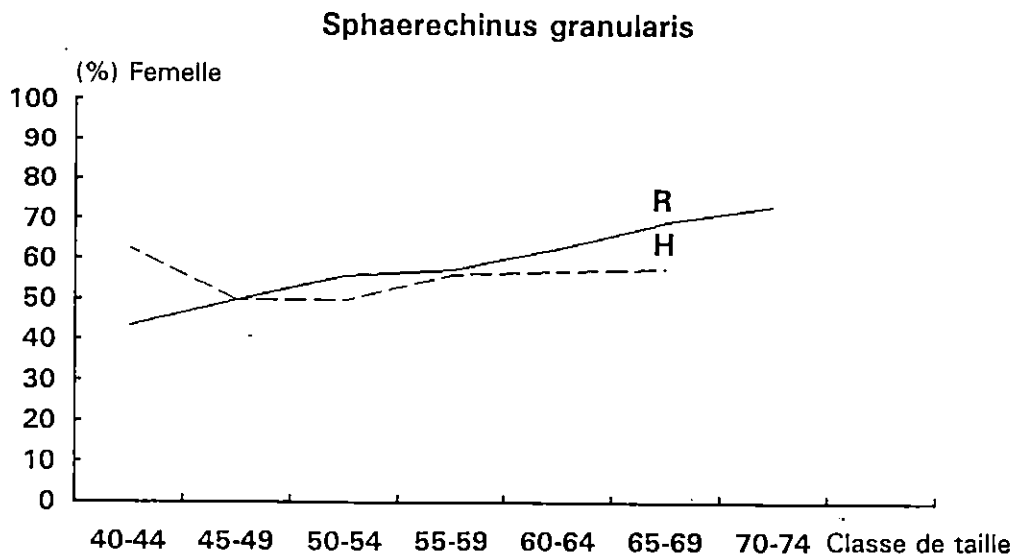


Fig. 63. Variations du sex-ratio en fonction de la taille de *Sphaerechinus granularis* sur substrat rocheux (R) au port d'Alger et dans l'herbier à *P. oceanica* (H) à Tamentfoust.

Tableau 76. Fréquence en nombre et pourcentage des femelles et des mâles en fonction de la taille chez *S. granularis*.

% + Ic = pourcentage et intervalle de confiance.

Sur substrat rocheux					
Classe de taille	Nombre de femelles	Nombre de mâles	Nombre total	% + Ic des femelles	% + Ic des mâles
40 - 44	7	9	16	43.7 ± 23.4	56.3 ± 23.4
45 - 49	5	5	10	50.0 ± 31.0	50.0 ± 31.0
50 - 54	43	34	77	55.8 ± 08.4	44.2 ± 08.4
55 - 59	78	58	136	57.4 ± 08.3	42.6 ± 08.3
60 - 64	84	50	134	62.7 ± 08.3	37.3 ± 08.3
65 - 69	39	17	56	69.6 ± 11.6	30.4 ± 11.6
70 - 74	14	5	19	73.7 ± 24.3	26.3 ± 39.3
Dans l'herbier à <i>P. oceanica</i>					
40 - 44	14	7	21	62.5 ± 23.7	37.5 ± 23.7
45 - 49	16	23	39	50.0 ± 17.3	50.5 ± 17.3
50 - 54	43	48	91	50.0 ± 10.7	50.0 ± 10.7
55 - 59	61	46	107	56.3 ± 10.4	43.7 ± 10.4
60 - 64	54	25	79	57.3 ± 11.7	42.7 ± 11.7
65 - 69	14	7	21	57.7 ± 19.0	42.3 ± 19.0
				-	-

Toutes ces constatations, dans l'herbier de Posidonies ou sur substrat rocheux, coïncident avec les résultats obtenus précédemment dans la répartition des tailles. Il semblerait exister, chez les individus de *S. granularis* localisés sur le substrat rocheux, un dimorphisme sexuel marqué par une croissance plus importante et peut être plus rapide des femelles. Contrairement aux populations localisées dans l'herbier à *P. oceanica* où les deux sexes seraient en proportion et en taille relativement équivalentes.

#### EN FONCTION DU MOIS

Les résultats sont reportés sur le tableau 77.

Sur substrat rocheux la population de *S. granularis* se répartit comme suit : à l'exception du début du mois de Juin, où le pourcentage des mâles est important (Fig 64), le sex-ratio est en faveur des femelles, mais leur abondance tend à diminuer et à atteindre une valeur de 50% au début du mois Juin. Cette période de décroissance correspondrait à une période de ponte, mise en évidence par les valeurs des indices gonadiques moyens obtenus entre la fin du mois d'Avril et la fin du mois de Mai. Cette période pouvant s'étaler jusqu'au mois de Juin. En effet, FENAUX (1968), signale que *S. granularis* effectue une de ses pontes au cours du printemps.

Tableau 77. Variations mensuelles du sex-ratio chez *S. granularis* du 22 Mars au 04 Juin 1988.  
% + Ic = pourcentage et intervalle de confiance.

Sur substrat rocheux					
Date	Nombre de femelles	Nombre de mâles	Nombre total	% + Ic des femelles	% + Ic des mâles
22/03/88	40	25	65	60.6 + 11.8	37.8 + 11.8
04/04/88	32	31	63	50.0 + 08.8	48.4 + 08.8
19/04/88	47	28	75	62.7 + 10.9	37.3 + 10.9
03/05/88	71	26	97	73.2 + 08.8	26.8 + 08.8
15/05/88	43	33	76	56.6 + 11.1	43.3 + 11.1
01/06/88	37	38	75	49.3 + 11.5	50.7 + 11.5
Dans l'herbier à <i>P. oceanica</i>					
27/03/88	36	17	53	67.9 + 12.6	32.1 + 12.6
10/04/88	33	25	58	56.8 + 13.0	43.1 + 13.0
24/04/88	26	22	48	54.2 + 13.9	45.8 + 13.9
09/05/88	34	30	64	53.1 + 10.7	46.9 + 10.7
23/05/88	39	10	49	79.6 + 10.8	20.4 + 10.8
04/06/88	24	20	44	54.5 + 13.3	45.5 + 13.3

Dans l'herbier à *Posidonies*, le sex-ratio est en faveur des femelles tout au long de la période d'observation (Fig. 63). Cette diminution des premiers jours du mois d'Avril à la mi-Mai se traduirait par une période de ponte printanière. Cette observation correspond aux résultats obtenus sur les variations de l'indice gonadique moyen qui situe la ponte entre le mois d'Avril et le mois de Mai.

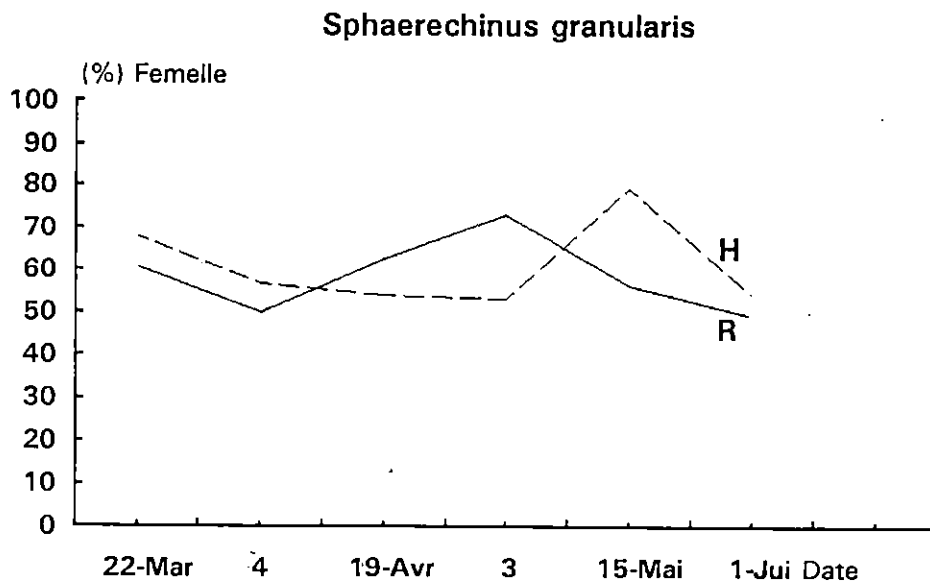


Fig. 64. Variations mensuelles du pourcentage (%) des femelles de *Sphaerechinus granularis* sur le substrat rocheux (R) au port d'Alger et dans l'herbier à *P. oceanica* (H) à Tamentfoust.

Dans chacun des deux biotopes étudiés, la répartition des sex-ratios, en fonction de la saison, n'est pas similaire et met en évidence des périodes légèrement décalées dans le temps, résultats confirmés par les indices gonadiques de *S. granularis* au port d'Alger et à Tamentfoust.

Le sex-ratio de *S. granularis* semble en faveur des femelles, surtout dans l'herbier de Tamentfoust. Il subit des variations temporelles. Cette dominance d'un sexe par rapport à l'autre et sa variabilité dans le temps à été signalée par NEEFS (1952) dans le région de Brest.; elle interprète ces résultats comme étant dus à une alternance sexuelle pouvant exister chez cette espèce.

#### EN FONCTION DE LA PROFONDEUR

Sur **substrat rocheux** à la profondeur de 5 m, on observe un nombre de femelles et de mâles relativement égal pour les classes 45-49 et 60-64 mm, pour le reste il y a une dominance des femelles. Les individus des deux sexes présentent un pic similaire pour la classe 54-59 mm.

A la profondeur de 10 m, à l'exception de l'intervalle de classe de 40-44 mm et de 45-49 mm où le nombre de mâles est supérieur ou égal à celui des femelles, dans l'ensemble, le nombre de femelles est nettement plus important que celui des mâles. Cependant, les individus des deux sexes présentent un pic d'abondance commun pour la classe 60-64 mm.

Dans l'**herbier**, l'évolution des tailles des mâles et des femelles suit la même progression, on note une dominance des femelles pour l'ensemble des classes. Le pic d'abondance se situe pour la classe 55-59 mm.

On peut conclure, qu'en général, à faible profondeur, les mâles et les femelles sont en proportions relativement égales et que les individus évoluent de la même manière. Ce qui n'est pas le cas des individus se trouvant à plus grande profondeur où, au contraire, les femelles dominent.

#### Conclusion sur le sex ratio

Sur substrat rocheux comme dans l'herbier, le sex-ratio des individus semble être en faveur des femelles ou celui-ci est dans l'ensemble proche de la normale (égal à 1). Cependant, il subit une légère variation mensuelle liée, probablement, à la ponte.

Sur substrat rocheux, le sex-ratio varie avec la taille, lié vraisemblablement à des différences de croissance; cette variation n'est pas observée pour les individus vivant dans l'herbier.

Il existe aussi une variation bathymétrique du sex-ratio avec un rapport proche de 1 à faibles profondeurs et une dominance des femelles à des profondeurs plus grandes.  
(données dans la littérature NEEFS; FENAUX, 1972)

#### 4.1.2.7. Conclusion sur *Sphaerechinus granularis*

Les résultats exposés dans ce présent travail doivent être considérés comme préliminaires. En effet, nos récoltes ne couvrent pas un cycle annuel. Cependant, parmi les conclusions qui semblent se dégager, nous mentionnerons :

(i) La maturation des gonades est atteinte à la fin du printemps pour les mâles et les femelles. La chute de l'indice gonadique indique le début d'une ponte généralisée.

(ii) Sur substrat rocheux, une évolution parallèle des indices moyens de réplétion et gonadique avec, par rapport à la population de l'herbier, des variations plus faibles de l'indice gonadique qui laissent supposer que sur roche, *S. granularis* se trouve dans des conditions de nutrition défavorables, avec un système d'alimentation en continu : les ressources étant faibles, les individus sont contraints de s'alimenter en permanence. Par contre, dans l'herbier à *Posidonia oceanica*, l'indice gonadique moyen suit une évolution opposée à l'indice de réplétion; une période de forte consommation est toujours suivie d'une période de jeûne ou de ralentissement de l'alimentation.

(iii) Le sex-ratio est en faveur des femelles, quel que soit le type de substrat.

#### 4.2. *Holothurioidea*

Les holothuries aspidochirotés sont un groupe important du compartiment benthique de l'écosystème à *Posidonia oceanica*. En dépit de leur rôle connu dans le fonctionnement de l'écosystème (voir synthèse de FRANCOUR, 1990) très peu d'études leur ont été consacrées, du moins en ce qui concerne la dynamique des populations (AZZOLINA & HARMELIN, 1989; BULTEEL *et al.*, 1992; FRANCOUR, 1989 et 1990). Selon BULTEEL et JANGOUX (1989) ces études seraient rares en Méditerranée en raison de la difficulté qu'il y a à maîtriser certains paramètres biométriques (la taille par exemple) : dépourvues d'un squelette rigide, les holothuries ont un corps très déformable et les mensurations effectuées présentent dès lors une fiabilité relative. Toujours selon ces auteurs, "seul le marquage interne par injection de tétracycline (étude de la croissance de la couronne calcaire : EBERT, 1978) et le marquage externe par étiquetage (CONAND, 1983) peut être envisagé pour une étude de dynamique des populations".

FRANCOUR (1990) préconise de mesurer la longueur des individus après contraction du corps (l'animal est contracté quand le tégument est devenu rigide au touché, mesures reproductives et fiables).

On sait que les holothuries participent activement au recyclage de la matière organique (MASSIN, 1982; FRANCOUR, 1990) par ingestion de sédiment et de débris végétaux. L'impact de ce recyclage est multiple (FRANCOUR, 1990).

La plupart des travaux réalisés jusqu'à présent sont localisés en Europe, principalement en Méditerranée et dans les autres mers du monde. A notre connaissance, aucun travail n'est recensé sur les côtes algériennes. Les données que nous fournissons sont les premières du genre pour ce groupe. Elles ont pour but de suivre les populations et les éventuelles conséquences sur les densités des populations des autres échinodermes.

#### 4.2.1. Répartition des holothuries au sein de l'herbier à *Posidonia oceanica*

Trois espèces ont été rencontrées au cours de l'ensemble de nos prélèvements : *Holothuria tubulosa* Gmelin, 1788, *Holothuria polii* Delle Chiaje, 1823 et *Holothuria forskali* Delle Chiaje, 1823. Cette dernière n'a été rencontrée qu'une seule fois dans la station de La Marsa sur substrat dur.

Aucune holothurie n'a été rencontrée lors de nos plongées dans le port d'Alger. Cette espèce semble être un indicateur benthique très sensible aux pollutions diverses et particulièrement à la pollution chimique industrielle (HARMELIN *et al.*, 1981).

*Holothuria polii* est l'espèce la plus fréquente dans les stations étudiées et constitue l'espèce majeure. Elle est rarement rencontrée à 10 m de profondeur. L'espèce vit dans l'herbier superficiel clairsemé de type IV, comme à Tamentfoust et dans l'herbier dense de type II, sur roche de La Marsa (recouvrement: 40 à 60 %). Cette espèce a un mimétisme qui lui permet d'occuper cet espace. En effet, elle peut se protéger par une fine pellicule formée de sable ou de feuilles de posidonies et par la densité de son pigment cutané (TORTONESE, 1965; FRANCOUR, 1990; observations personnelles).

*Holothuria tubulosa* vit soit dans l'herbier dense (individus de taille petite en générale), soit le long de la lisière des tombants de matte dans les chenaux intermattes (individus de taille plus grande). Cinq individus seulement ont été prélevés au cours de la période de notre étude.

Les récoltes ont été faites de jour, par la méthode des quadrats, lors du dénombrement des échinodermes (*P. lividus*, *A. lixula* et *S. granularis* ainsi que les *Ophuiridea*) (Tableau 78). Les récoltes saisonnières ont été effectuées entre 2 m et 10 m dans l'herbier.

#### 4.2.2. Répartition des densités

Les résultats du dénombrement des holothuries dans les différentes stations (Tableau 78 et Fig. 65) montrent d'une façon générale que les populations (tous rescensements confondus) sont concentrées dans les petits fonds (2-3m) quelle que soit la station. Très peu d'individus ont été rencontrés dans les stations de 8-10 m de profondeur (0.13 individu /m<sup>2</sup> à Tamentfoust (-8m) et 0.05 individu /m<sup>2</sup> à La Marsa (-8m). C'est à Tamentfoust (-2m), dans l'herbier de type IV, que la densité moyenne est la plus forte avec une valeur de 0.62 individu / m<sup>2</sup>. Cette station se caractérise aussi par la présence d'un milieu riche en matière organique. Pour la même profondeur, à La Marsa, la densité moyenne est de 0.3 individu / m<sup>2</sup>. Le nombre réduit d'individus présents dans l'herbier dense de La Marsa (-2m) pourrait s'expliquer par l'exposition de la zone à un hydrodynamisme important.

Tableau 78. Dénombrement, densités moyennes et fréquences d'*Holothuria polii* dans les stations de La Marsa (-2 m et -8 m) et de Tamentfoust (-2 m et -8 m) durant la période d'étude.

Paramètres	La Marsa (-2m)				La Marsa (-8m)				Tamentfoust (-2m)				Tamentfoust (-8m)			
	Oct.	Jan.	Avr.	Juil.	Oct.	Jan.	Avr.	Juil.	Oct.	Jan.	Avr.	Juil.	Oct.	Jan.	Avr.	Juil.
Nombre d'individus (x10)	0	7	3	2	2	0	0	0	4	20	4	3	*	3	1	0
Densité moyenne / m <sup>2</sup>	0	0.7	0.3	0.2	0.2	0	0	0	0.4	2.0	0.4	0.3	*	0.3	0.1	0
Ecart-type	0	0.9	0.5	0.6	0.4	0	0	0	0.5	1.7	0.7	0.5	*	0.7	0.3	0
Fréquence (%) / l'ensemble des Echinodermes	0	2.5	2.5	0.8	5.7	0	0	0	3.6	13.1	2.5	2.9	*	75	25	0

### 4.2.3. Evolution saisonnière de la densité et de la biomasse

Les variations du cycle annuel de la densité globale des holothuries révèlent un maximum en période hivernale (0.33 individu / m<sup>2</sup>) (Tableau 79). Elles présentent les mêmes tendances dans les stations peu profondes de La Marsa (0.3 individu / m<sup>2</sup>) et de Tamentfoust (0.6 individu / m<sup>2</sup>) (Fig. 65). L'amplitude des courbes est variable d'une station à l'autre. La baisse qui débute au printemps et qui se poursuit en période estivale semble être liée au moins au comportement vis-à-vis de la lumière (AZZOLINA et HARMELIN, 1989) et serait certainement due, en l'absence d'une mortalité notable, à une migration vers la zone plus profonde d'une partie de la population des petits fonds côtiers.

Tableau 79. Valeurs moyennes saisonnières de la densité (individus/m<sup>2</sup>) (individus dont le poids a été mesuré), de la biomasse (g. de PH/m<sup>2</sup>) et de la taille (longueur contractée en cm des holothuries). La valeur entre parenthèses représente l'écart-type.

	Nombre	Densité	Biomasse	Taille
<b>La Marsa (-2m)</b>				
Octobre 1988	0	-	-	-
Janvier 1989	7	0.7 (0.9)	66.5 (44.9)	12.07 (6.2)
Avril 1989	3	0.3 (0.5)	87.2 (15.2)	11.5 (1.3)
Juillet 1989	2	0.2 (0.6)	73 (11.7)	12.5 (2.1)
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>0.30(0.6)</b>	<b>56.67 (35.2)</b>	<b>12.02 (4.7)</b>
<b>Tamentfoust (-2m)</b>				
Octobre 1988	4	0.4 (0.5)	*	9.75 (*)
Janvier 1989	14	1.4 (1.4)	100.67 (44.9)	14.1 (3.1)
Avril 1989	4	0.4 (0.7)	68.02 (30.5)	11.72 (2.3)
Juillet 1989	3	0.3 (0.5)	211.16 (48.1)	15.3 (1.1)
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>0.62 (1.1)</b>	<b>126.16 (60.6)</b>	<b>12.7 (2.9)</b>
<b>Les deux stations</b>	<b>37</b>	<b>0.52 (0.9)</b>	<b>86.65 (55.0)</b>	<b>12.42 (3.7)</b>

### Discussion

Les densités rencontrées dans nos stations sont du même ordre de grandeur que les valeurs trouvées dans la littérature. Elles correspondent aux densités de Port-Cros (France) et d'Ischia (Italie). Quant aux biomasses, nos données sont plus importantes.

### Conclusion

La répartition des holothuries dans les zones étudiées semble liée à leurs exigences trophiques d'une part et à leur comportement vis à vis de l'éclairement d'autre part. Les populations d'holothuries sont soumises à des fluctuations de densité importantes :

(i) on note la présence d'un faible effectif, en général dans les stations de 8m de profondeur mais par contre, la population est plus conséquente dans les petits fonds.

(ii) c'est à Tamentfoust (-2m) que les effectifs sont les plus importants, probablement en raison de la nature du biotope (herbier clairsemé de type IV, substrat sableux légèrement envasé, nourriture, matière organique)

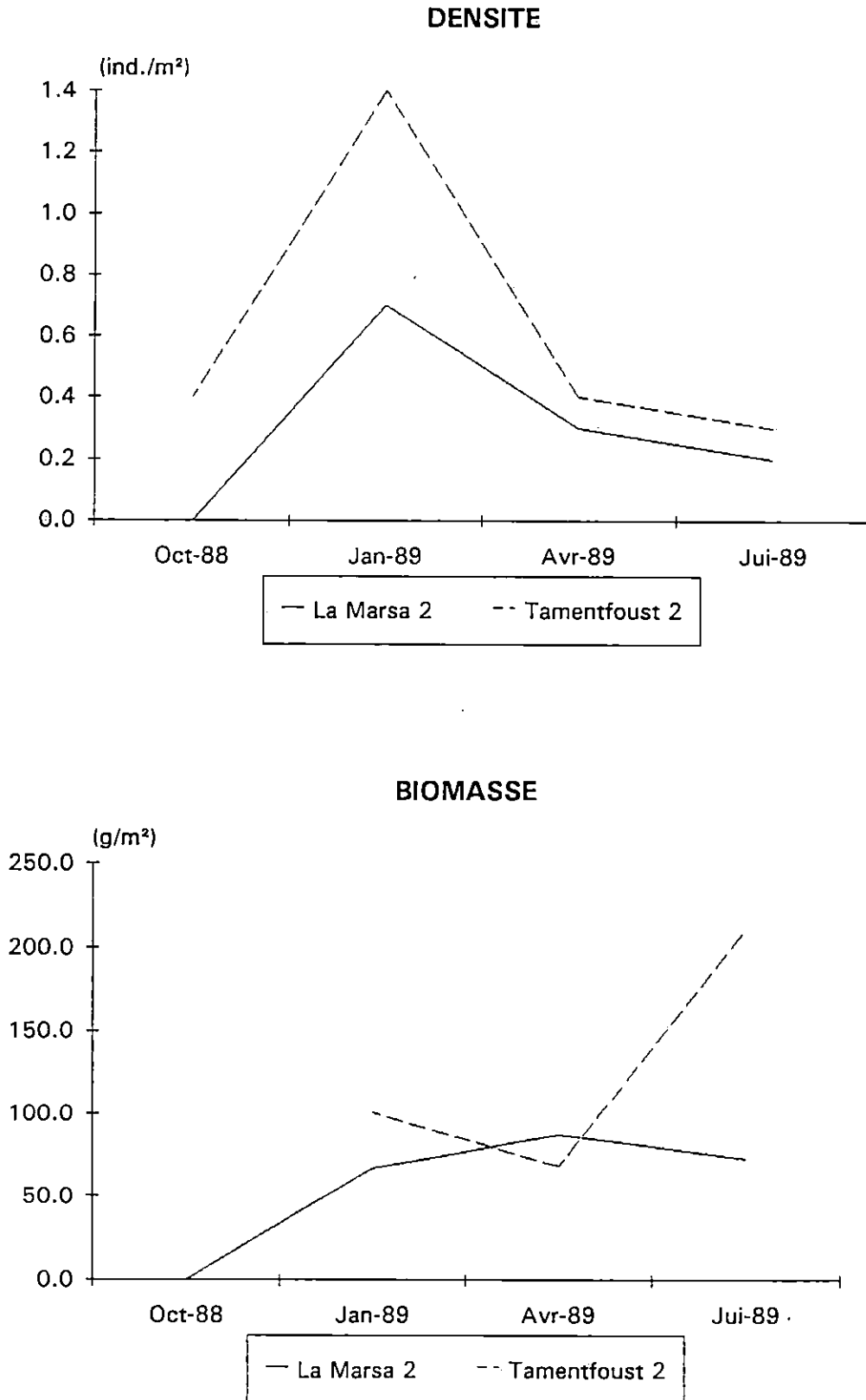


Fig. 65. Variations saisonnières de la densité (ind/m<sup>2</sup>) et de la biomasse moyennes (g/m<sup>2</sup> de poids humide) de *Holothuria polii* dans les stations de La Marsa et de Tamentfoust (-2 m).

(iii) une chute printanière des effectifs de grande amplitude, et générale dans tous les secteurs étudiés, quel que soit le biotope.

Tableau 80. Densités et biomasses moyennes relevées dans la littérature d'*Holothuria polii* (d'après les données de FRANCOUR (1989) complétées)

R = roche, H = herbier à *Posidonia oceanica*, S = sable, S+H = sable et herbier, H+R = herbier et roche, S+A = sable et algues, (g PH/m<sup>2</sup>) = biomasse en gramme par mètre carré, (ind./m<sup>2</sup>) = individus par mètre carré, m = mètres.

Pays	Stations	Références	Biotope (Profondeur)	Densité (ind./m <sup>2</sup> )	Biomasse (g. PH/m <sup>2</sup> )
France	Port-Cros	Harmelin <i>et al.</i> ; 1980	R (1-10m)	0.2	
	"	Francour, 1989	H (3m)	1.6	25.1
Italie	Ischia	Bulteel <i>et al.</i> , 1992	H (<6m)	0.76 (1990) 1.0 (1991)	
Algérie	La Mara	nos données	H+R (2m)	0.3	56.7
	Tamentfoust	"	H (2m)	0.6	126.2

#### 4.2.4. Relation de biométrie chez *Holothuria polii*

Nous avons retenu la longueur contractée tel. que l'a préconisé FRANCOUR (1990) pour des raisons de commodité matérielle; mais la validité de cette méthode n'a pas fait l'objet de vérification sur notre matériel.

Nous avons considéré, pour établir les équations de biométrie, que la population était constituée d'une seule espèce. En effet, devant la très forte dominance de *Holothuria polii* sur *H. tubulosa* dans nos prélèvements, nous n'avons pas séparé les deux espèces pour établir la relation recherchée, le nombre insuffisant d'*H. tubulosa* ne permettant pas de calculer une équation propre à cette espèce. Elles sont présentées dans le Tableau 81 en données transformées et représentées par les figures.66 et 67.

Tableau 81. Relations biométriques chez *Holothuria polii* et *Holothuria tubulosa* entre la longueur contractée (cm) et le poids humide (PH en grammes)

a,b = ordonnée à l'origine et pente de la droite (erreurs standard entre parenthèses); r = coefficient de corrélation; n = nombre d'individus; l'intervalle de taille est indiqué, logarithmes décimaux.

		a	b	r	n	Intervalle Taille
La Marsa	PH	-0.2976 (0.5282)	1.8008 (0.2172)	0.9343	11	2.5 - 18.1 (cm)
Tamentfoust	PH	-0.6778 (0.5519)	2.0262 (0.2120)	0.9017	22	6.5 - 21.2 (cm)
Toutes les stations	PH	-0.4743 (0.3426)	1.9148 (0.1345)	0.9253	33	2.5 - 21.2 (cm)

En données non transformées, les relations de biométrie sont :

La Marsa  $PH = 0.7425 \cdot L^{1.8008}$

Tamentfoust  $PH = 0.5077 \cdot L^{2.0262}$

Toutes les stations  $PH = 0.6223 \cdot L^{1.9148}$

(Une comparaison des pentes de La Marsa et de Tamentfoust a été faite)

## Discussion

Peu de données, dans la littérature, sont consacrées à la relation biométrique des holothuries (Tableau 82).

Nous avons regroupé, pour l'établissement de l'équation recherchée, les deux espèces d'holothuries. Ce choix paraissait justifié, *a priori*; il est possible que l'établissement d'une équation propre à chaque espèce permette d'affiner l'ajustement de nos résultats.

Tableau 82. Données de la littérature pour *Holothuria polii*

Références	Equation	r	n
Francour (1990)	$PH = 0.0540 \cdot L^{2.5267}$	0.89	58
Nos données	$PH = 0.6223 \cdot L^{1.9148}$	0.92	33

## ESSAI DE SYNTHÈSE DES BIOMASSES DE L'ÉCOSYÈME À *POSIDONIA OCEANICA* À LA MARSÀ ET À TAMENTFOUST

Dans cet essai, nous regroupons l'ensemble des résultats que nous avons obtenus dans l'étude détaillée de deux compartiments à savoir le **compartiment plante** représenté par l'espèce *Posidonia oceanica* et le **compartiment échinodermes** comprenant particulièrement deux échinides réguliers : *Paracentrotus lividus* et *Sphaerechinus granularis* et une holothurie : *Holothuria polii*.

### 5. ESSAI DE SYNTHÈSE SUR LES BIOMASSES DES DIFFÉRENTS COMPARTIMENTS DE L'ÉCOSYÈME À *POSIDONIA OCEANICA* DANS LA RÉGION EST D'ALGER

Les données que nous présentons proviennent de la présente étude. Ce sont les premiers résultats pour les côtes algériennes. Nous nous sommes limités aux données quantitatives (densités, biomasses) établies pour les herbiers de La Marsa et de Tamentfoust, deux stations à écologie différente. La synthèse des résultats est regroupée dans le Tableau 83.

Compte tenu de l'effectif faible du compartiment échinoderme, dans les stations de -8 m à La Marsa et à Tamentfoust, nous n'avons pas calculé leurs biomasses. Elles ne seront donc pas présentées dans le tableau exposé. La biomasse moyenne épigée (feuilles et épiphytes) retenue dans cette synthèse tient uniquement compte des maxima. Nous renvoyons aux tableaux de synthèse contenus dans les différents chapitres du texte pour plus de détails.

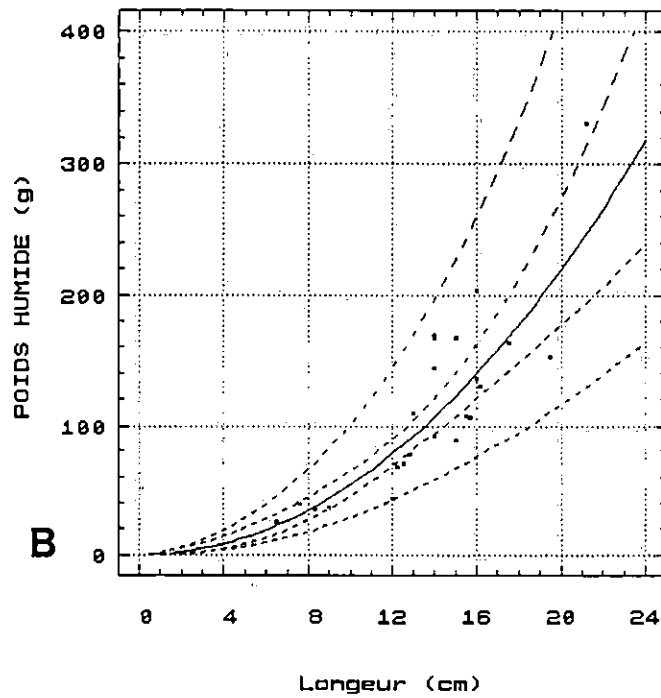
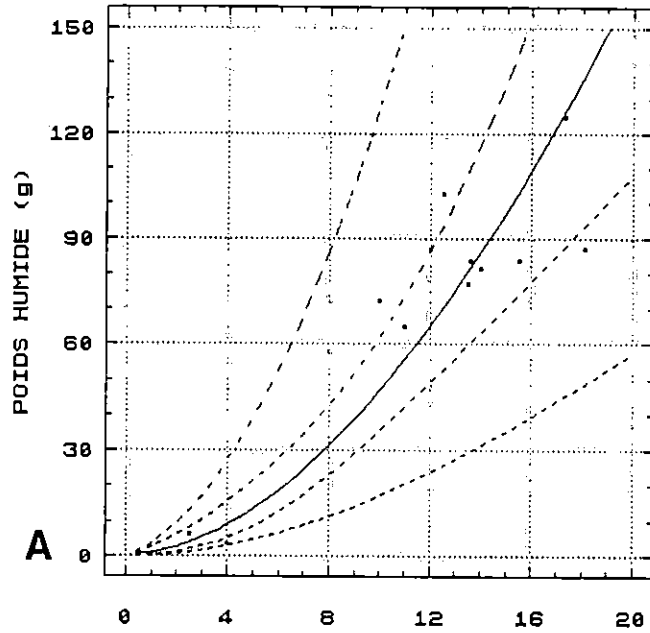


Fig. 66. Relations biométriques chez *Holothuria polii* de La Marsa (A) et de Tamentfoust (B) entre la longueur contractée (en centimètres) et le poids humide (en grammes). Les limites de confiance et de précision (à 95%) sont également représentées.

## Ensemble des stations

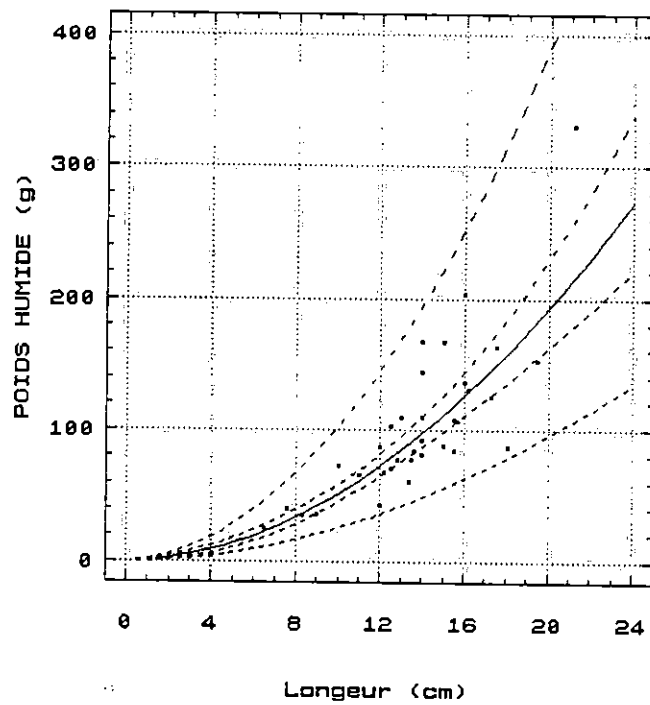


Fig. 67. Relations biométriques chez *Holothuria polii* toutes stations confondues (La Marsa et Tamentfoust) entre la longueur contractée (en centimètres) et le poids humide (en grammes). Les limites de confiance et de précision (à 95%) sont également représentées.

Tableau 83. Synthèse des données de biomasses (en g PS/m<sup>2</sup>) estimées pour le compartiment végétal et le compartiment animal des stations superficielles (-2 m) de La Marsa et de Tamentfoust. Total 1 = biomasse épigée; Total 2 = biomasse de la matre. \* = poids sec établi à partir du rapport PS/PH = 19.9 de Francour (1990).

	LA MARSA (-2 m)		TAMENTFOUST (-2 m)		LA MARSA (-8 m)		TAMENTFOUST (-8 m)	
COMPARTIMENT DE LA PLANTE		% TOTAL		% TOTAL				
Biomasse des feuilles	457	10.7	253	7.2	229		138	
Biomasse des épiphytes (feuilles)	190	4.4	85	2.4	48		52	
<b>Total 1</b>	<b>647</b>	<b>15.1</b>	<b>338</b>	<b>9.6</b>	<b>277</b>		<b>190</b>	
Biomasse des rhizomes (épigés et endogés)	3245.9	75.6	1406.2	39.9	1339.9		634.9	
Biomasse des racines	396.5	9.2	1783.5	50.6	93.2		61.5	
<b>Total 2</b>	<b>3642.4</b>	<b>84.8</b>	<b>3189.7</b>	<b>90.5</b>	<b>1433.1</b>		<b>696.4</b>	
<b>TOTAL (biomasse végétale)</b>	<b>4289.8</b>	<b>100</b>	<b>3527.7</b>	<b>100</b>	<b>1710.1</b>		<b>886.4</b>	
<b>COMPARTIMENT ECHINODERMES</b>								
Biomasse de <i>P. lividus</i>	121.6	85.5	69.5	49.3				
Biomasse de <i>S. granularis</i>	9.3	6.5	46.7	33.1				
Biomasse de <i>H. polii</i>	11.3*	7.9	25.1*	17.8				
<b>TOTAL (biomasse animale)</b>	<b>142.2</b>	<b>100</b>	<b>141.3</b>	<b>100</b>				

### 5.1. La phanérogame *Posidonia oceanica*

Le genre *Posidonia* a fait l'objet d'un travail sur la majorité des éléments de sa dynamique. La biomasse moyenne de l'ensemble des différents composants a été estimée dans les stations superficielles et celles situées à 8 m de profondeur. Elles varient d'une station à l'autre, selon la profondeur et selon les saisons.

La biomasse moyenne des herbiers superficiels varie de 4289.4 g de PS / m<sup>2</sup> à La Marsa à 3527.7 g de PS / m<sup>2</sup> à Tamentfoust. La matre représente respectivement 85 à 91% de la biomasse végétale moyenne totale. Ces résultats concordent avec ceux obtenus dans l'herbier superficiel de Port-Cros par FRANCOUR (1990). Il faut noter l'importance de la biomasse des racines à Tamentfoust qui représente 51% de la biomasse végétale totale.

La nécromasse n'est pas à négliger dans ce compartiment puisqu'elle peut atteindre 3515.4 g de PS / m<sup>2</sup> à Tamentfoust. Elle est beaucoup plus faible dans les autres stations. Elle est de 868.4 g de PS / m<sup>2</sup> à La Marsa et varie de 283.1 g à 8.5 g de PS / m<sup>2</sup> à 8 m de profondeur respectivement à La Marsa et à Tamentfoust.

### 5.2. Le macrobenthos

Seul le compartiment échinodermes a été abordé dans cette étude. Il représente, à lui seul, environ 48% de la biomasse de la faune totale dans l'herbier superficiel (FRANCOUR, 1990). En effet, il représente le groupe, avec l'endofaune, qui a la biomasse la plus élevée. Pour les échinodermes, l'importance de la biomasse est due principalement à la grande taille des individus.

A La Marsa, l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* représente 86% de la biomasse totale des échinodermes avec une biomasse moyenne de 121.6 g de PS / m<sup>2</sup>. Au contraire, à Tamentfoust, il ne représente que 49.3% de la biomasse totale avec une biomasse moyenne de 69.5 g PS / m<sup>2</sup>.

*Sphaerechinus granularis* à Tamentfoust compense quelque peu la biomasse de *P. lividus* par rapport à celle de La Marsa, puisqu'à elle seule, elle représente 33.1% de la biomasse totale soit 46.7 g de PS / m<sup>2</sup> contre 6.5% soit 9.3 g de PS / m<sup>2</sup> à La Marsa.

La biomasse de *Holothuria polii* n'est pas négligeable; elle se situe entre 25.1 g de PS / m<sup>2</sup> et 11.3 g de PS / m<sup>2</sup>.

D'un façon générale, la biomasse du compartiment des échinodermes, quelque soit la station, ne dépasse pas 143 g de PS / m<sup>2</sup>. Le résultat obtenu dans la région d'Alger, pour la biomasse animale moyenne, est du même ordre de grandeur que celui trouvé dans l'herbier superficiel de Port-Cros par FRANCOUR (1990), seule donnée existante pour le moment. Cet auteur retient la valeur de 150 g PS / m<sup>2</sup> comme ordre de grandeur de la biomasse animale dans l'herbier superficiel (100 g PS / m<sup>2</sup> pour l'herbier profond ?) et le rapport de 1/30 comme proche du rapport biomasse animale / biomasse végétale. En effet, les rapport que nous avons trouvés sont de 1/30 à La Marsa et de 1/25 à Tamentfoust.

**CONCLUSIONS GENERALES**

#### IV. CONCLUSIONS GENERALES

Les résultats et les conclusions, que nous livrons dans le présent travail, constituent une contribution à la connaissance de l'écosystème à *P. oceanica* dont l'intérêt n'est plus à démontrer. C'est le premier travail d'ensemble concernant les herbiers à *P. oceanica* des côtes algériennes.

Au cours de cette étude quatre stations, choisies dans la région d'Alger, ont fait l'objet d'investigations durant plus d'un cycle annuel pour l'écosystème à *Posidonia oceanica* et de plusieurs années (octobre 1985 à juin 1988) sur les échinodermes.

Le choix des stations s'est fait sur la base de critères écologiques et anthropiques afin de pouvoir les comparer :

- (i) deux types d'herbier ont été considérés. Le premier sur roche, situé dans une zone où les conditions locales (hydrodynamisme, exposition aux vents) maintiennent des eaux relativement propres (La Marsa), à l'extérieur de la baie d'Alger; le second, sur matre (Tamentfoust), dans la baie d'Alger, qui correspond à un herbier dégradé, localisé dans un site semi fermé, bien protégé, qui reçoit les rejets telluriques provenant des oueds El-Harrach et Hamiz. Les prélèvements ont été effectués à 2 et 8 m de profondeur;
- (ii) les deux autres stations sont représentées par deux types de substrats durs : le premier recouvert d'une biocénose photophile à faciès de broutage peu marqué (Aïn-Chorb); le second, dans le Port d'Alger, recouvert d'un peuplement d'algues encroûtantes et où la pollution se fait sentir sur la diversité du peuplement.

#### CONTRIBUTION TAXONOMIQUE AU GENRE *POSIDONIA* (ASCHEPSON, 1907)

La découverte à La Marsa d'une population de *Posidonia* nettement individualisée par rapport à la description classique de l'espèce *P. oceanica* (largeur des feuilles et nombre de nervures des écailles nettement supérieurs, caryotype original, particularités anatomiques et histologiques) montre que le genre *Posidonia*, en Méditerranée, n'est pas aussi homogène qu'on a pu le penser auparavant.

Il est possible que ces *Posidonia* "à feuilles larges" soient présentes ailleurs en Méditerranée. Il nous paraît prématuré de statuer sur leur position taxonomique. Une éventuelle floraison serait susceptible de fournir de nouveaux éléments.

#### BIOMETRIE ET PHENOLOGIE DE *P. OCEANICA*

L'étude biométrique et phénologique apporte des éléments nouveaux et permet de confirmer plusieurs résultats déjà avancés par différents auteurs :

(i) le **nombre moyen de feuilles** (adultes + intermédiaires) par faisceau, 5 à 7 feuilles est sensiblement du même ordre de grandeur que celui rencontré dans la littérature. Ce nombre est généralement maximal en automne. La variabilité du nombre moyen de feuilles par faisceau est confirmée par l'étude lépidochronologique. C'est à La Marsa (-8 m) qu'il est le plus élevé;

(ii) la **largeur des feuilles** adultes et intermédiaires varie de façon importante. Les valeurs extrêmes mesurées sont de 7 mm et de 15 mm. La moyenne maximale (11.9 mm) est atteinte à La Marsa (-8m). Cette dernière valeur est supérieure à celles relevées dans la littérature. Comme pour les feuilles adultes, c'est à La Marsa (-8 m) que les feuilles intermédiaires sont les plus larges. Les minima se rencontrent en octobre ou en janvier;

(iii) les **variations des longueurs moyennes des pétioles** des feuilles adultes de premier rang (la feuille la plus âgée) montrent que les tailles maximales sont toutes situées entre avril et juillet. Ces valeurs correspondent toujours aux longueurs maximales des feuilles adultes de premier rang (limbes). C'est à La Marsa que l'on rencontre la valeur la plus forte. En général, les valeurs obtenues sont comparables aux valeurs de la littérature;

(iv) la **longueur moyenne des feuilles** (adultes et intermédiaires) varie également en fonction de la station (localité, profondeur). A La Marsa et à Tamentfoust, on enregistre de grandes variations. Les feuilles les plus longues, en juillet (445 mm), sont localisées à La Marsa (-8 m); les plus courtes à la même saison, dans les herbiers superficiels. On retrouve les mêmes variations en Méditerranée nord-occidentale;

(v) les résultats obtenus sur la longueur des feuilles nous permettent de dégager une première approche du **cycle phénologique** de *Posidonia* de la région d'Alger. Les courbes d'accroissement des feuilles montrent un pic en juillet et un minimum en octobre ou en janvier. Nos résultats correspondent aux modèles décrits dans la littérature;

(vi) les valeurs du "**Coefficient A**" sont dans l'ensemble très élevées par rapport aux données de la littérature. C'est à la station de La Marsa à -2 m que ce coefficient est le plus fort et à -8 m le plus faible;

(vii) les données du **Leaf Area Index** s'inscrivent parmi les valeurs les plus faibles rencontrées dans cette mer si l'on considère qu'un LAI inférieur à 10 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> est faible pour la Méditerranée.

**Les résultats obtenus au cours de notre étude lépidochronologique font ressortir les constatations suivantes et confirment l'existence de variations cycliques le long des rhizomes orthotropes :**

(i) les **cycles d'épaisseur** présentent des variations au sein d'un même rhizome à La Marsa (-8 m). L'épaisseur moyenne des écailles, des stations profondes (-8 m), est relativement **importante** quand on la compare aux données de la littérature. Ceci est confirmé par l'examen anatomique des coupes transversales des écailles qui présentent **une structure parenchymateuse beaucoup plus épaisse** que dans les autres régions de Méditerranée

(SEMROUD *et al.*, 1992). Cette différence souligne, à nouveau, la singularité du taxon algérien à La Marsa en particulier;

(ii) le **nombre d'écailles par cycle**, au sein d'une même station, peut varier du simple au double (6 à 12 écailles). Le nombre moyen d'écailles augmente (9.0 à 9.8) de façon significative en fonction de la profondeur à la Marsa. Il est légèrement plus faible à Tamentfoust. Le nombre moyen d'écailles des rhizomes par cycle de La Marsa (-8 m) est le **plus élevé** de la Méditerranée;

(iii) les résultats de l'**inversion des cycles** montrent que la profondeur joue un rôle dans le déclenchement de ce phénomène. Il semblerait qu'elle soit **plus précoce** en Algérie;

(iv) la **vitesse de croissance** est très variable d'un rhizome à l'autre, mais également d'une année à l'autre, le long d'un même rhizome. C'est à La Marsa (-8 m) que la croissance est la plus forte (124 mm); à Tamentfoust elle est plus faible (79 à 91 mm). Les valeurs moyennes sont comparables avec celles citées dans la littérature;

(v) la **production moyenne** de rhizome par mètre carré est très faible dans l'ensemble. Elle est directement liée à la densité des faisceaux. Les valeurs sont en général, plus faibles que celles de la littérature;

(vi) sept pédoncules floraux ont été retrouvés à la station La Marsa -8 m. Ils correspondent à trois floraisons en 1986, 1987 et 1988;

(vii) c'est dans les stations superficielles que la **biomasse moyenne des feuilles** (g PS/m<sup>2</sup>) est la plus importante. Le maximum se situe en été et le minimum en automne ou en hiver. C'est dans l'herbier sur roche que la biomasse est la plus forte; 456 g PS/m<sup>2</sup> à La Marsa (-2 m) contre 253 g PS/m<sup>2</sup> à Tamentfoust (-2 m). A profondeur équivalente, les données de nos stations sont, en général, supérieures à celles de la littérature;

(viii) comme pour la biomasse foliaire, les stations superficielles présentent des **biomasses moyennes d'épiphytes** toujours supérieures à celles des stations profondes. Le maximum survient en général au printemps et en été, le minimum en hiver ou en automne. Les épiphytes représentent 9 à 36 % de la biomasse totale. C'est à Tamentfoust à -2 m, que ce pourcentage est le plus grand (36%). La biomasse moyenne des épiphytes n'est pas élevée; exprimée en pourcentage, ces chiffres s'inscrivent, en général, dans les valeurs trouvées dans la littérature.

#### L'ETUDE DE LA MATTE

(i) les biomasses des rhizomes et racines ramenées à l'unité biologique (le faisceau de feuilles de *Posidonia*), sont homogènes dans l'ensemble. Elle est, cependant, plus importante à La Marsa (-8 m) pour les rhizomes et à Tamentfoust (-2 m) pour les racines. Il en est de même pour les pourcentages de rhizomes (70-90%) et de racines vivants (5-8%) par rapport à la totalité du matériel présent, mort et vivant. Cependant ces pourcentages

sont très bas à Tamentfoust (-2 m) avec 21% pour les rhizomes et 27% pour les racines. En effet, ces résultats sont liés au type d'herbier considéré.

(ii) La biomasse des **rhizomes vivants** est forte et toujours supérieure à la biomasse des racines pour les stations profondes. La biomasse racinaire à Tamentfoust (-2 m) est **deux fois plus importante** que la biomasse des rhizomes.

(iii) Le rapport biomasse épigée (feuilles+épiphytes) / biomasse endogée est relativement stable (0.26-0.36) quelles que soient la localisation et la profondeur de l'herbier. Il est faible à Tamentfoust (0.14).

(iv) L'**indice racinaire (RAI)** traduit la surface potentielle d'absorption de nutriments par la plante au niveau de la matte. Cet indice est quatre fois plus important que l'indice foliaire (LAI) à Tamentfoust (-2 m). A l'inverse, il est trois fois plus faible que l'indice foliaire à La Marsa (-8 m). La variabilité des indices calculés reflète la variabilité des biomasses des racines vivantes dans nos stations. Cette variabilité de RAI est une caractéristique de la plante. Cet indice confirme donc, l'importance du compartiment racinaire dans la physiologie de la plante et de l'herbier.

**L'ensemble de ces résultats fait ressortir :**

(i) d'une part, le **caractère particulier de la station de La Marsa (-8 m)** qui confirme et renforce ce que nous avançons précédemment sur la taxonomie de cette *Posidonia*. Rappelons qu'en Australie les différentes espèces de Posidonies se distinguent nettement au niveau de leurs exigences écologiques. Cela pourrait être le cas à La Marsa;

(ii) d'autre part, la **faible vitalité relative des herbiers de Tamentfoust** pourrait traduire les effets des pollutions d'origines diverses, de la forte turbidité engendrée par les apports telluriques des oueds avoisinant et du type de sédiment. Il est très probable que cette dégradation soit irréversible.

#### **LES ECHINODERMES**

Les études de variation de la densité, de la biomasse et de la taille ont été réalisées dans les herbiers de La Marsa et de Tamentfoust, à deux profondeurs (2 et 8 m). Seules les stations superficielles ont fait l'objet d'une étude détaillée en raison des très faibles densités à 8 m de profondeur. Pour l'étude des indices physiologiques les deux stations correspondent à un substrat dur dont l'un est soumis aux effets de la Pollution.

#### ***Paracentrotus lividus***

(i) Les **densités** maximales se rencontrent dans les stations superficielles avec le plus grand effectif à La Marsa (19 individus/m<sup>2</sup>). Ces effectifs varient d'une saison à l'autre et de façon très nette à La Marsa. Par contre, à Tamentfoust, la densité de *P. lividus* reste peu

élevée (8 individus/m<sup>2</sup>) alors que l'abondance de *Holothuria polii* et de *Sphaerechinus granularis* est nettement à celles relevées à La Marsa.

(ii) La variation saisonnière du **diamètre moyen** des oursins montre, dans l'ensemble, des fluctuations quelle que soit la station. Ces variations sont nettement plus marquées à La Marsa avec un maximum en juillet et un minimum en janvier. A Tamentfoust, le diamètre moyen de *P. lividus* est plus élevé (39 mm) que celui obtenu à La Marsa (35 mm).

(iii) Nous avons établi pour les oursins d'Aïn -Chorb et ceux du port d'Alger une **équation de biométrie** liant le poids sec total au diamètre du test sans les radioles.

(iv) A partir du diamètre moyen, de l'équation de biométrie et de densité, la **biomasse** de l'oursin (g PS / m<sup>2</sup>) a été calculée. Les résultats montrent que cette biomasse moyen est à La Marsa est sensiblement le même qu'à Aïn-Chorb (122 g PS/m<sup>2</sup>). Il est beaucoup plus fort qu'à Tamentfoust (69 g PS/m<sup>2</sup>).

### Les indices physiologiques

(i) D'une façon générale, on note une diminution de l'indice de réplétion et une augmentation de l'indice gonadique lorsque l'on passe des plus petites classes de taille aux plus grandes. Aucune étude n'ayant été entreprise jusqu'à présent sur les indices physiologiques des petites classes de taille, ces données doivent être considérées comme **nouvelles**.

(ii) **Les résultats des prélèvements rapprochés recueillis sur une courte période (Aïn-Chorb, 24 février au 5 avril 1987)** font ressortir, d'une façon générale, une diminution de l'indice de réplétion et une augmentation de l'indice gonadique lorsque l'on passe des plus petites classes de taille aux plus grandes. Ils mettent en évidence une variabilité importante de ces indices entre classes de taille, d'une part, et d'un prélèvement à l'autre d'autre part.

(iii) Les variations de l'**indice de réplétion** ont montré qu'il existe une phase de forte alimentation en hiver et une phase de diminution progressive de cette alimentation au printemps et en été où elle atteint sa valeur la plus basse. Il faut cependant noter un indice élevé en mai et juin.

(iv) Les valeurs de l'**indice gonadique** montrent qu'il y a une succession de pontes, au cours de l'année, liée probablement aux variations de la température de l'eau. Toutes les classes de taille participent à l'émission de gamètes. Les pontes sont surtout regroupées au printemps et en été.

(v) Une relation entre les variations de l'indice de réplétion et celles de l'indice gonadique a été mise en évidence. La période de forte consommation est liée à une période de maturation maximale des gonades. Contrairement à ce qui était signalé en Méditerranée, nous avons **mis en évidence une corrélation négative entre ces deux indices**.

(vi) Parallèlement à ces variations saisonnières à Aïn-chorb l'ensemble des données recueillies met en évidence des variations pluriannuelles.

(vii) Une comparaison des populations de *P. lividus* d'Aïn-Chorb et du port d'Alger montre que l'activité gonadique est plus marquée pour les oursins du port. Elle met aussi en évidence des pontes successives, de moindres importances, qui s'échelonnent jusqu'en juin. La nourriture jouant, sans nul doute, un rôle déterminant sur la maturation des gonades. Au contraire, à Aïn-Chorb les variations significatives de l'indice de réplétion sont marquées de phases d'alimentation suivies de phases de jeûnes. Les indices physiologiques sont toujours plus forts à Aïn-Chorb. On note l'absence de la classe de taille (51-60 mm) au port d'Alger.

Ces résultats sont, en général, comparables à ceux établis dans le nord du bassin méditerranéen occidental.

### *Sphaerechinus granularis*

Dans l'ensemble, une population importante se localise sur la côte algéroise avec une dominance dans la baie d'Alger et ce quel que soit le type de substrat (roche au port d'Alger, herbier sur matre à Tamentfoust). Cette prolifération est en corrélation avec l'intensité de la pollution domestique.

(i) *Sphaerechinus granularis* est rencontré dans toutes les stations et à toutes les profondeurs. Il est le plus souvent associé à *P. lividus* qui est dominant dans le groupe des échinodermes. C'est à Tamentfoust que l'on rencontre le plus grand nombre d'individus (4 individus/m<sup>2</sup>) avec une fréquence maximale dans l'herbier superficiel où les variations saisonnières sont le moins marquées. Cette densité élevée, à cette station, serait probablement due à un enrichissement en matière organique de l'eau engendré, entre autre, par les rejets d'eaux usées en mer provenant de l'agglomération.

(ii) Le diamètre moyen des individus semble augmenter avec la profondeur indépendamment de la station et varie légèrement avec les saisons. C'est entre avril et juillet que l'on trouve les individus les plus petits. A Tamentfoust (-2 m) et à La Marsa (-2 m) la variation saisonnière du diamètre du test montre des fluctuations nettes surtout entre les effectifs de l'automne et le reste des saisons. A Tamentfoust, le recrutement se fait dès l'hiver mais il est beaucoup plus marqué et plus important au printemps. Les classes de taille les plus grandes chutent en période estivale. Tamentfoust pourrait être l'habitat-type des jeunes *Sphaerechinus granularis*.

(iii) L'importance des valeurs de la biomasse moyenne reflète celle des densités rencontrées. C'est à Tamentfoust (-2 m) que la biomasse est la plus forte (46 gPS/m<sup>2</sup>), elle n'est que de 9 gPS/m<sup>2</sup> à La Marsa (-2 m).

Nos résultats sur la biologie de *S. granularis* des stations de Tamentfoust (herbier) et du port d'Alger (substrat dur à algues encroûtantes) doivent être considérés comme préliminaires, nos récoltes ne couvrant pas, en effet, un cycle annuel. Cependant, parmi les conclusions qui semblent se dégager, mentionnons :

(i) le **sex-ratio** est en faveur des **femelles**, quel que soit le type de substrat. Il existe une variation bathymétrique du sex-ratio avec un rapport proche de 1 à faible profondeur et une dominance des femelles à profondeur plus grande;

(ii) pour les deux sexes la **maturation des gonades** est atteinte à la fin du **printemps**. La chute de l'indice gonadique marque le début d'une ponte généralisée;

(iii) sur substrat rocheux, l'évolution des indices physiologiques moyens se superpose. L'indice de réplétion est important (10-16 mg PS/cm<sup>3</sup>), celui des gonades est relativement faible (1-2 mg PS/cm<sup>3</sup>) par rapport aux indices de la population de l'herbier respectivement de (7-12 mg PS/cm<sup>3</sup>) et de (2-4 mg PS/cm<sup>3</sup>). Sur roche, *S. granularis* semble se trouver dans des conditions de nutrition défavorables, avec une alimentation en continu : les ressources étant faibles, les individus seraient contraints de s'alimenter en permanence. Par contre, dans l'herbier à *Posidonia*, l'indice de réplétion moyen suit une évolution opposée à l'indice gonadique; une période de forte consommation est toujours suivie d'une période de jeûne ou de ralentissement de l'alimentation. Nous retrouvons à Tamentfoust la **corrélation négative**, mise en évidence pour *Paracentrotus lividus*, entre les deux indices physiologiques chez *S. granularis*.

### *Holothuria polii*

(i) *Holothuria polii* est l'espèce la plus fréquente dans les stations étudiées. Les résultats des **dénombrements** des holothuries montrent que les populations sont concentrées dans les petits fonds (2-3m).

(ii) La **densité moyenne maximale** d'*Holothuria polii* s'observe en période hivernale (0.3 individu/m<sup>2</sup>). Les densités de nos stations sont du même ordre de grandeur que celles trouvées dans la littérature. La répartition des holothuries dans les zones étudiées semble liée à leurs exigences trophiques d'une part et à leur comportement vis-à-vis de l'éclairement d'autre part. Les populations d'holothuries sont soumises à d'importantes fluctuations de densité. C'est à Tamentfoust (-2m) que les effectifs sont les plus élevés, (0.6 individus/m<sup>2</sup>) probablement en raison de la nature du biotope (herbier clairsemé de type IV, substrat sableux légèrement envasé, nourriture riche en matière organique)

(iii) Une chute printanière des effectifs est générale dans tous les secteurs étudiés, quel que soit le biotope.

(iv) La biomasse moyenne la plus forte est relevée dans l'herbier superficiel de Tamentfoust (46.7 g PS/m<sup>2</sup>), elle n'est que de 9.3 g PS/m<sup>2</sup> à La Marsa.

### ESSAI D'EVALUATION DES BIOMASSES TOTALES DU COMPARTIMENT POSIDONIE ET DU COMPARTIMENT ECHINODERME A FAIBLE PROFONDEUR

(i) La biomasse végétale moyenne des herbiers superficiels varie de 3528 g de PS / m<sup>2</sup> à Tamentfoust à 4289 g de PS / m<sup>2</sup> à La Marsa. La matre représente respectivement 85 à 91 %

de la biomasse végétale moyenne totale. Ces résultats concordent avec ceux obtenus dans l'herbier superficiel de Port-Cros par FRANCOUR (1990). Il faut noter l'importance de la biomasse des racines à Tamentfoust qui représente 51% de la biomasse végétale totale.

(ii) D'une façon générale, la biomasse du compartiment des échinodermes, quelle que soit la station, ne dépasse pas 143 g de PS / m<sup>2</sup>. Le résultat obtenu dans la région d'Alger, pour la biomasse moyenne, est du même ordre de grandeur que celui trouvé dans l'herbier superficiel de Port-Cros par FRANCOUR (1990), seule donnée existante pour le moment. En effet, les rapports de biomasses Echinodermes/Posidonies que nous avons trouvés sont de 1/30 à La Marsa et de 1/25 à Tamentfoust.

#### PERSPECTIVES DE RECHERCHES

Le champ des investigations dans l'herbier de Posidonie en Algérie est suffisamment vaste pour nous permettre de larges perspectives de recherches. Nous nous efforcerons de développer particulièrement les points suivants :

(i) Taxonomie de *Posidonia* : une recherche sur les floraisons de *Posidonia* dans la station de La Marsa devrait permettre de préciser le rang taxonomique de la *Posidonia* "à feuilles larges" des côtes algériennes et d'établir les bases d'un éventuel éclatement ultérieur de cette espèce. Il conviendra par ailleurs d'explorer de façon plus exhaustive les *Posidonia* de l'ensemble des bassins de la Méditerranée;

(ii) Etude des autres herbiers de la côte algérienne;

(iii) Analyse des autres compartiments et plus particulièrement les compartiments animaux ayant un grand intérêt économique (crustacés, poissons);

D'autres domaines tout aussi importants que ceux développés dans notre thèse méritent une attention particulière :

- \* l'impact des pollutions côtières;

- \* l'évolution naturelle de l'équilibre des herbiers de la côte algérienne;

- \* la protection des richesses naturelles du littoral et en particulier celles des herbiers.

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## VI. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABADA-GUERROUI H., 1985. *Qualités granulométrique et chimique de la matte d'herbier de Posidonia oceanica (L.) Delile du littoral marseillais*. Thèse Doct. 3ème Cycle Océanol., Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-208.
- ALBERGONI F.G., BASSO, B., TEDESCO, G., 1978. Considérations sur l'anatomie de *Posidonia oceanica* (Zosteraceae). *Plant Syst. Evol.*, 130: 191-201.
- ALLAIN J.Y., 1975. Structure des populations de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinodermata, Echinoidea) soumises à la pêche sur les côtes nord de Bretagne. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 39 (2) : 171-212.
- ALLAIN J.Y., ROMANO J.C., SEMROUD R., 1978. *Ophiocomina nigra* (O.F. Muller) (Echinodermata, Ophiuroidea) dans la région d'Alger. *Pelagos, Alg.*, vol. (V) : 51-64.
- ASSO A., 1982. *Contribution à l'étude des polluants métalliques chez la moule Perna perna dans la région d'Alger*. Thèse 3ème cycle, Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-138.
- AUGIER H., BOUDOURESQUE C.F., 1970a. Végétation marine de l'île de Port-cros (Parc National). V. La baie de Port-Man et le problème de la régression de l'herbier de Posidonies. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, Fr., 30 : 145-164.
- AUGIER H., CRISTIANI G., 1984. Indice foliaire et biomasse de l'herbier de Posidonies de la zone de Carry-Sausset (Côte bleue, Bouches-du-Rhône, France). *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. édit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 245-254.
- AZZOLINA J.F., 1983. Evolution de la maladie de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lmk) dans la baie de Port-Cros (Var, France). *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 28 (3) : 263-264.
- AZZOLINA J.F., 1988. *Contribution à l'étude de la dynamique des populations de l'oursin comestible Paracentrotus lividus (Lamarck). Croissance, recrutement, mortalité, migrations*. Thèse Doct. 3ème Cycle Ecol., Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-225.
- AZZOLINA J.F., BOUDOURESQUE C.F., 1984. Données préliminaires sur la croissance *in situ* de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Echinidea) dans l'herbier à *Posidonia oceanica* de la baie de Port-Cros (Var, France), *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. édit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 283-289.
- AZZOLINA J.F., BOUDOURESQUE C.F., NEDELEC H., 1983. Seasonal and year to year changes of edible sea-urchin *Paracentrotus lividus* population in the bay of Port-Cros (Var, France). *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 18 (3) : 265-266.
- AZZOLINA J.F., BOUDOURESQUE C.F., NEDELEC H., 1985. Dynamique des populations de *Paracentrotus lividus* dans la baie de Port-Cros (Var, France). *Sci. Rep. Port-Cros nation. Park*, Fr., 11 : 61-81.

- AZZOLINA J.F., HARMELIN J.G., 1989. Répartition et fluctuation de densité de trois espèces d'holothuries (Echinodermata) : résultats préliminaires. *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V. édité., GIS Posidonie publ., Fr., 2 : 219-230.
- AZZOLINA J.F., WILLIS A., 1987. Abondance des juvéniles de *Paracentrotus lividus* au sein de l'herbier à *Posidonia oceanica*. *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*, Boudouresque C.F. édité., GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 159-167.
- BAKALEM A., 1979. *Contribution à l'étude des peuplements benthiques de la baie d'Alger*. Thèse 3ème Cycle. U.B.O. Brest, Fr., : 1-241.
- BAKALEM A., ROMANO J.C., 1982. Pollution et peuplements benthiques de la région algéroise. *Journ. Et. Pollut. C.I.E.S.M.*, Monaco : 687-697.
- BALLESTEROS E., 1981. Algunos datos biometricos de *Paracentrotus lividus* (Lmk.), *Arbacia lixula* (L.) y *Sphaerechinus granularis* (Lmk.) (Echinodermata, Echinoidea). *Guad. Biol. mar.*, Esp., 4 : 2-5.
- BAY D., 1978. Etude *in situ* de la production primaire d'un herbier de Posidonies (*Posidonia oceanica* (L.) Delile) de la baie de Calvi, Corse. *Progr. Rep. Stn. océanogr. Stareso, Univ. Liège, Belg.*, 18 : 6 p non num. + 1-251.
- BAY D., 1979. Etude *in situ* de la production primaire d'un herbier de Posidonies (*Posidonia oceanica* (L.) Delile), dans la baie de Calvi, Corse. *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 25-26 (4) : 201-202.
- BAY D., 1984. A field study of the growth dynamics and productivity of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in Calvi Bay, Corsica. *Aquat. Bot.*, Netherl., 20 : 43-64.
- BEDHOMME A.L., 1981. *Phénologie et production des feuilles de Posidonia oceanica (Linnaeus) Delile dans la baie de Port-Cros : problèmes méthodologiques*. D.E.A. Océanol. biol., Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-43.
- BELL J.D., HARMELIN-VIVIEN M.L., 1982. Fish fauna of french mediterranean *Posidonia oceanica* seagrass meadows. 1. Community structure. *Téthys*, Fr., 10 (4) : 337-347.
- BEN D. van der, 1969. Les épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Proc. internation. Seaweed Symp.*, 6 : 79-84.
- BEN D. van der, 1971. Les épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* Delile sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Mém. Inst. r. Sci. nat. Belgique*, Belg., 168 : 1-101.
- BENKORTEBY N., 1989. *Posidonia oceanica (L.) Delile de la côte Est algéroise : biomasse des feuilles et des épiphytes*. Mém. D.E.S. Océanogr. Univ. Sci. Tech. H. Boumediene, Alger, Alg. : 1-52.
- BENMANSOUR S., 1988. *Posidonia oceanica. Etude préliminaire des densités, biomasse des feuilles et biomasse des épiphytes dans deux stations de l'Est algérois*. Mém. D.E.S. Océanogr. Univ. Sci. Tech. H. Boumediene, Alger, Alg. : 1-42.
- BERNARD F., 1952. Eaux atlantiques et méditerranéennes au large d'Algérie. I. Hydrographie, sels nutritifs et phytoplancton en 1950. *Ann. inst. Ocean. XXXVII. fasc. I*.
- BERTHON J.F., 1987. *Relations trophiques entre quelques espèces d'Echinodermes et le phytobenthos dans la baie de Port-Cros (Var, France)*. D.E.A. Océanogr. biol., Univ. Pierre et Marie Curie, Paris, Fr. : 1-72.
- BLANC J.J., 1953. Premiers résultats des recherches sédimentologiques de la "Calypso" et de la Station marine d'Endoume à l'archipel de Riou (Marseille). *Bull. Soc. géol. Fr.*, Fr., sér. 6, 3 : 133-146.

- BLANC J.J., 1958. Etudes géologiques et sédimentologiques. *Ann. Inst. océanogr.*, Fr., 32 : 123-153.
- BLANC J.J., JEUDY DE GRISSAC A., 1978. *Recherches de géologie sédimentaire sur les herbiers à Posidonies du littoral de la Provence*. Centre nation. Exploit. Océans édit., Fr., i-vii, 1-185, 42 pl. h.t.
- BLANC J.J., JEUDY DE GRISSAC A., 1984. Erosions sous-marines des herbiers à *Posidonia oceanica* (Méditerranée). *International Workshop Posidonia oceanica Beds*; Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. édit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 23-28.
- BLANC-VERNET L., 1958. Remarques sur les Foraminifères de l'herbier à Posidonies. *Rec. Trav. Stn. mar. Endoume*, Fr., 22 : 95-101.
- BOUDOURESQUE C.F., 1968. Contribution à l'étude du peuplement épiphyte des rhizomes de Posidonies (*Posidonia oceanica* Delile). *Rec. Trav. Stn. mar. Endoume*, Fr., 43 : 45-64.
- BOUDOURESQUE C.F., 1971. Contribution à l'étude phytosociologique des peuplements algaux des côtes varoises. *Vegetatio*, Netherl., 22 : 83-184.
- BOUDOURESQUE C.F., 1982. Une inflorescence de *Posidonia oceanica* dans la baie de Port-Cros (Var, France). *Trav. Sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 8 : 117-118.
- BOUDOURESQUE C.F., 1986. Longévité des rhizomes de *Posidonia oceanica*. *Trav. sci. Parc nat. rég. Rés. nat. Corse*, Fr., 2 : 12-13.
- BOUDOURESQUE C.F., 1989. Bibliographie "*Posidonia oceanica*". Contrat Parc National de Port-Cros & GIS Posidonie N° 85051, GIS Posidonie édit., Fr. : 1-227.
- BOUDOURESQUE C.F., CALMET D., JEUDY DE GRISSAC A., LEFEVRE J.R., MEINESZ A., 1986. Données sur des floraisons anciennes de *Posidonia oceanica*. *Trav. Sci. Parc nat. rég. Rés. nat. Corse*, Fr., 2 : 39-41.
- BOUDOURESQUE C.F., CROUZET A., PERGENT G., 1983. Un nouvel outil au service de l'étude des herbiers à *Posidonia oceanica* : la Lépidochronologie. *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 28 (3) : 111-112.
- BOUDOURESQUE C.F., FOUCHER M., 1975. *Synthèse bibliographique des ouvrages traitant des herbiers de Posidonies*. Contrat entre l'Université d'Aix-Marseille II et le centre national d'Exploitation des océans, Document offset, Imprimerie de Marseille-Luminy : 1-40.
- BOUDOURESQUE C.F., GIRAUD G., PERRET-BOUDOURESQUE M., 1979. Bibliography on vegetation and ecosystems of *Posidonia oceanica*. Part I. *Excerpta botanica*, Germ., sect. B, 20 (2) : 145-161.
- BOUDOURESQUE C.F., GIRAUD G., PERRET-BOUDOURESQUE M., 1980. Bibliography on vegetation and ecosystems of *Posidonia oceanica*. Part II. *Excerpta botanica*, Germ., sect. B, 20 (2) : 125-135.
- BOUDOURESQUE C.F., JEUDY DE GRISSAC A., 1984. Relations entre la sédimentation et l'allongement des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* dans la baie d'Elbu (Corse). *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. édit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 185-191.
- BOUDOURESQUE C.F., JEUDY DE GRISSAC A., 1986. Biomasse dans l'herbier à *Posidonia oceanica*. *Trav. sci. Parc nat. rég. Rés. nat. Corse*, Fr., 2 : 14-15.
- BOUDOURESQUE C.F., JEUDY DE GRISSAC A., MEINESZ A., 1985. Un nouveau type d'herbier à *Posidonia oceanica* : l'herbier de colline. *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 29 (5) : 173-175.

- BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., 1982. Découverte de l'herbier de Posidonie. *Cah. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 4 : 1-79.
- BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., LEFÈVRE J.R., 1984. *Etude et cartographie du récif de Posidonies de Saint-Florent (Haute Corse)*. Rapp. Contrat D.R.A.E. Ajaccio - Univ. Aix-Marseille II - Univ. Nice, Fr. : 1-27.
- BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., PERGENT G., 1983. Mesure de la production annuelle de rhizomes dans l'herbier à *Posidonia oceanica* à Port-Cros (Var) et Galeria (Corse). *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 28 (3) : 135-136.
- BOUDOURESQUE C.F., NEDELEC H., SHEPHERD S.A., 1980. The decline of a population of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the bay of Port-Cros. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 6 : 243-251.
- BOUDOURESQUE C.F., THELIN, I., 1985. Floraison et fructification de *Posidonia oceanica*, un protocole d'étude standardisé. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, Monaco, 29 : 177-179.
- BOUDOURESQUE C.F., THOMMERET J., THOMMERET Y., 1980. Sur la découverte d'un bioconcrétionnement fossile intercalé dans l'herbier à *Posidonia oceanica* de la baie de Calvie (Corse). *Journées Etu. System. Biogéogr. médit.*, Cagliari, CIESM, Monaco : 139-142.
- BUIA M.C., CORMACI M., FURNARI G., MAZZELLA L., 1985. Osservazioni sulla struttura delle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile di Capo Passero (Siracusa) e studio della macroflora epifita delle foglie. *Boll. Accad. gioenia Sci. nat. Catania*, Ital. : 463-484.
- BUIA M.C., ZUPO V., MAZZELLA L., 1992. Primary production and growth dynamics in *Posidonia oceanica*. *Mar. Ecol.*, Germ., 13 : 2-16.
- BULTEEL P., JANGOUX M., 1989. Dynamique de population de l'holothurie *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) en baie de Naples : observations préliminaires. *Vie Marine*, Fr., H.S., 10 : 107-115.
- BULTEEL P., JANGOUX M., COULON P., 1992. Biometry, bathymetric distribution and reproductive cycle of the Holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) from Mediterranean Seagrass Beds. *P.S.Z.N.I. Mar. Ecol.*, Germ., 13 : 53-62.
- BUROLLET P.F., 1983. Répartition des Posidonies à l'Est de la Tunisie. *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 28 (3) : 173-174.
- BYRNE M., 1990. Annual reproductive cycles of the commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* from an exposed intertidal and a sheltered subtidal habitat on the west coast of Ireland. *Mar. Biol.*, 104 : 275-289.
- CALTAGIRONE A., 1986. *Fauna epifita della Posidonia oceanica (L.) Delile di P.Ta Garavano (Ventimiglia). Idroidi e briozoi*. Tesi di Laurea, Università degli studi di Torino, Ital. : 1-154.
- CAMBRIDGE M.L., 1975. Seagrasses of Southwestern Australia with special reference to ecology of *Posidonia australis* Hook F. in a polluted environment. *Aquat. Bot.*, Netherl., 1: 149-161.
- CAMBRIDGE M.L., KUO J., 1979. Two new species of seagrasses from Australia, *Posidonia sinuosa* and *Posidonia angustifolia* (Posidoniaceae). *Aquat. Bot.*, Netherl., 6: 307-328.
- CAMBRIDGE M.L., KUO J., 1982. Morphology, anatomy and histochemistry of Australian seagrasses of the genus *Posidonia* König (Posidoniaceae). III. *Posidonia sinuosa* Cambridge & Kuo. *Aquat. Bot.*, Netherl., 14: 1-14.

- CAMPOS-VILLACA R., 1984. *Données préliminaires sur l'éthologie alimentaire de l'oursin Sphaerechinus granularis dans l'herbier à Posidonia oceanica de la baie de Port-Cros*. D.E.A d'Océanologie biologique, Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-47.
- CASTRIC-FEY A., BEUZEN M., 1987. Répartition des oursins *Sphaerechinus granularis* et *Echinus esculentus* en baie de Concarneau. Résultats préliminaires. *Bull. Soc. Sci. nat. Ouest-France*, Fr., Suppl. H. S. : 111-119.
- CAYE G., 1980a. *Sur la morphogenèse, le cycle végétatif et la reproduction de deux phanérogames marines de Méditerranée*. Thèse Doct. 3ème Cycle, Univ. Aix-Marseille II, Fr., : 1-121.
- CAYE G., 1980b. Analyse du polymorphisme caulinaire chez *Posidonia oceanica* (L.) Del. *Bull. Soc. bot. Fr., Lett. bot.*, Fr., 127 : 257-262.
- CAYE G., 1989. *Sur la morphogenèse, le cycle végétatif et la reproduction de deux phanérogames marines de Méditerranée : Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile et *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson. Thèse d'Etat, Univ. Nice, Fr. : 1-229.
- CAYE G., MENEISZ A., 1984. Observation sur la floraison et la fructification de *Posidonia oceanica* dans la baie de Villefranche et en Corse du sud. *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. et Olivier J. édit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 193-201.
- CAYE G., ROSSIGNOL M., 1983. Etude des variations saisonnières de la croissance des feuilles et des racines de *Posidonia oceanica*. *Mar. Biol.*, Germ., 75 : 79-88.
- CHERBONNIER G., 1956. Les échinodermes de Tunisie. *Bull. Sta. océanogr. Salambo*, Tun., 53 : 1-23.
- CHERBONNIER G., 1958. *Faune marine des Pyrénées orientales. Echinodermes*. Laboratoire Arago édit., Banyuls-sur-Mer, Fr. : 1-67.
- CHERBONNIER G., GUILLE A., 1967. Complément à la faune des Echinodermes de la mer de Banyuls. *Vie et Milieu*, Fr., 18 : 317-330.
- CHRAIBI F., 1987. *Dynamique des populations des principaux crustacés de l'herbier de Phanérogames marines Posidonia oceanica* (L.) Delile au Parc National de Port-Cros (Méditerranée, France). Thèse Doct. 3ème Cycle Ecol. mar., Fac. Sci. Univ. Aix-Marseille III, Fr. : 1-126 + 42 Tabl. + 76 Fig. h.t.
- CINELLI F., CORMACI M., FURNARI G., MAZZELLA L., 1984. Epiphytic macroflora of *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves around the island of Ischia (Gulf of Naples). *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. édit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 91-99.
- CLAIREFOND P., JEUDY DE GRISSAC A., 1979. Description et analyse de structures sédimentaires en milieu marin : recensement de quelques exemples dans l'herbier de Posidonies autour de l'île de Port-Cros (Parc National). *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 5 : 79-104.
- COLANTONI P., GALLIGNANI P., CINELLI F., FRESI E., 1979. Premières données sur la sédimentologie de *Posidonia oceanica* autour de l'île d'Ischia - Golfe de Naples (Italie). *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit*, Monaco, 25-26 (4) : 203-204.
- COLOMBO P.M., RASCIO N., CINELLI F., 1983. *Posidonia oceanica* (L.) Delile : a structural study of the photosynthetic apparatus. *Mar. Ecol.*, Germ., 4 : 133-145.
- CONAND C., 1982. Reproduction cycle and biometric relations in a population of *Actinopyga echinites* (Echinodermata : Holothuroidea) from a lagoon of New Caledonia, Western tropical Pacific.

Echinoderms, Proceedings international conference, Tampa Bay, Lawrence J., edit., Balkema A.A., Rotterdam, Netherl. : 437-442.

- CONAND C., 1983. Méthodes d'étude de la croissance des holothuries et premiers résultats d'une expérience de marquage en Nouvelle-Calédonie. *Lettre CPS d'information sur les pêches* N°26.
- CONTANDRIOPOULOS J., VERLAQUE, M., 1984. Contribution à l'étude caryologique de quelques populations de *Posidonia oceanica* (L.) Delile du littoral français. *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. édit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 211-215.
- CRISTIANI G., 1980. *Biomasse et répartition de l'herbier de Posidonia oceanica de la Côte bleue (B-d-Rh., France) et pollution marine par les métaux lourds*. Thèse 3ème Cycle, Univ. Aix-Marseille III, Fr. : 1-150 + I-IX, + 1 carte h.t.
- CROUZET A., 1981. Mise en évidence de variations cycliques dans les écailles de rhizomes de *Posidonia oceanica* (Potamogetonaceae). *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 7 : 129-135.
- CROUZET A., 1984. Contribution à l'étude anatomique des feuilles de *Posidonia oceanica* (Potamogetonaceae). Variations de la structure le long d'une écaille épaisse. *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. édit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 109-117.
- CROUZET A., BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., PERGENT G., 1983. Evidence of the annual character of cyclic changes of *Posidonia oceanica* scale thickness (erect rhizomes). *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 28 (3) : 113-114.
- DAGNELIE P., 1973-1975. *Théorie et méthodes statistiques*; 2 vol., Presses agronomiques de Gembloux publ., Fr. : 1-378, 1-463.
- DANCE C., 1987a. Patterns of activity of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck) in the bay of Port-Cros (Var, France, Mediterranean). *Mar. Ecol.*, Germ., 8 : 131-142.
- DANCE C., 1987b. Size weight relation in the sea urchin *Sphaerechinus granularis* in Port-Cros Island (Var, French Mediterranean). *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*, C.F. Boudouresque edit., GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 183-186.
- DE RIDDER C., JANGOUX M., 1982. Digestive systems : Echinoidea. *Echinoderm nutrition*, Jangoux & Lawrence edit., Rotterdam, Netherl. : 213-234.
- DE RIDDER C., LAWRENCE J.M., 1982. Food and feeding mechanisms : Echinodea. *Echinoderm nutrition*, Jangoux & Lawrence edit., Rotterdam, Netherl. : 57-115.
- DEGIOVANI C., 1973. *Etude de sédimentologie dynamique à la presqu'île de Sidi-Ferruch (ouest d'Alger)*. Thèse de 3ème Cycle, Univ. de Provence, U.E.R. des sci. Nat., Fr. : 1-105.
- DELMAS P., 1988. Evolution des populations d'échinoïdes réguliers dans la zone de Marseille-Cortiou soumise à une pollution à dominante domestique. *Vie Marine*, Fr., 10 : 23-30.
- 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*, Fr., 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. Acad. Sc. Paris*, Fr., t. 300, Série III, (4) : 143-146.

- DREW E.A., 1971. Botany. Underwater Science. An introduction to experiments by divers. Woods & Lithgoe edit., London, : 1-59.
- DREW E.A., JUPP B.P., 1976. Some aspects of the growth of *Posidonia oceanica* in Malta. *Underwater Research*, U.K. : 357-367.
- EBERT T.A., 1978. Growth and size of tropical sea cucumber *Holothuria (Halodeima) atra* Jäger at Enewetak Atoll, Marshall Islands. *Pacific Sci.*, 32 : 183-191.
- EUGENE C., 1978a. *Etude de l'épifaune des herbiers de Posidonia oceanica (L.) Delile du littoral provençal*. Thèse Doct. Océanol., Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-117 + 13 p. non num. + 11 Tabl. h.t.
- EUGENE C., 1978b. Note préliminaire sur l'épifaune de la Phanérogame marine *Posidonia oceanica* à l'île de Port-Cros : méthodes et stations. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 4 : 275-280.
- EUGENE C., 1979. Epifaune des herbiers de Posidonies du littoral provençal dans des secteurs pollués et non pollués. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 25-26 (4) : 213-214.
- FARGHALY M., DENIZOT M., 1984. *Posidonia oceanica* (L.) Delile on the eastern coasts of Libya. *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. édit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 419-422.
- FENAUX L., 1968. Maturation des gonades et cycle saisonnier des larves chez *Arbacia lixula* (L.), *Paracentrotus lividus* et *Psammechinus microtuberculatus* (Echinides) à Villefranche-sur-Mer. *Vie Milieu*, Fr., 19 : 1-52.
- FENAUX L., 1972. Modalités de la ponte chez l'oursin *Sphaerechinus granularis* (Lmk.). *Int. Revue ges. Hydrobiol. Germ.*, 57 : 551-558.
- FENAUX L., 1981. Cycles saisonniers de reproduction et croissance larvaire chez les Echinodermes . *Oceanis*, Fr., 6 : 277-307.
- FENAUX L., ETIENNE M., QUELART G., 1987. Suivi écologique d'un peuplement de *Paracentrotus lividus* dans la baie de Villefranche. *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*, Boudouresque C.F. édit., GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 187-197.
- FERNANDEZ C., 1989. *Contribution à l'élaboration des bases scientifiques de l'aquaculture de l'oursin violet Paracentrotus lividus (Lamarck)*. Mém. M.S.T. Val. Ress. Nat., Univ. Corse, Fr. : 1-40.
- FLOK R.L., WARD W.C., 1957. Brazos river bar : a study in significance of grain size parameters. *J. Sedim. Petrol.*, 27 : 3-26.
- FRANCOUR P., 1984. *Biomasse de l'herbier à Posidonia oceanica : données préliminaires pour les compartiments matte, échinodermes et poissons*. D.E.A. Océanol. biol., Univ. P. et M. Curie, Paris VI, Fr. : 1-72.
- FRANCOUR P., 1985. Root and rhizome biomass of *Posidonia oceanica* bed. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit*, Monaco, 29 (5) : 183-185.
- FRANCOUR P., 1989. Repartition and abundance of holothurians (*Holothuria polii* and *Holothuria tubulosa*) from *Posidonia oceanica* bed of Port-Cros. *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V. édit., GIS Posidonie publ., Fr., 2 : 231-241.
- FRANCOUR P., 1990. *Dynamique de l'écosystème à Posidonia oceanica dans le parc national de Port-Cros. Analyse des compartiments matte, litière, faune vagile, échinodermes et poissons*. Thèse Doct. Univ., Univ. P. et M. Curie, Paris, Fr. : 1-373.

- FRANCOUR P., PAUL O., 1987. Densité, biomasse et relation taille-poids chez l'oursin *Psammechinus microtuberculatus* de l'herbier à *Posidonia oceanica* de Port-Cros (France, Méditerranée). *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*, Boudouresque C.F. édit., Gis Posidonie publ., Marseille, Fr. : 169-181.
- FRANCOUR P., SEMROUD R., 1992. Calculation of the root area index in *Posidonia oceanica* in the western Mediterranean. *Aquat. Bot.*, Netherl., 42 : 281-286.
- FRANTZIS A., 1988. *Relations trophiques entre les oursins Arbacia lixula (L.) et Paracentrotus lividus (Echinoidea, Regularia) et le phytobenthos infralittoral superficiel dans la baie de Port-Cros (Var, France)*. Mém. D.E.A. Océanologie, Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-56.
- FRESI E., SAGGIOMO V., 1981. Phosphorus uptake and transfer in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 27 (2) : 187-188.
- GAMBI M.C., RUSSO G.F., CHESSA L.A., 1984. Fioritura di *Posidonia oceanica* (L.) Delile in una prateria superficiale delle reda di Porto Conte (Sardegna Nord-occidentale). *Rendiconti Semin. Fac. Sci. Univ. Cagliari*, Ital., 54 : 189-196.
- GAUTIER Y., 1952. Note sur la faune bryozoologique de la région de Villefranche-sur-Mer. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, Monaco, 49 (1008) : 1-16.
- GAUTIER Y., 1955. Bryozoaires de Castiglione. *Bull. Stn. Aquacult. Pêche Castiglione*, Alg., 7 : 227-271.
- GIORGI J., THELIN I., 1983. *Phénologie, biomasse et production primaire de Posidonia oceanica (feuilles et épiphytes) dans la baie de Port-Cros*. D.E.A. Ecol. médit., Univ. Aix-Marseille III, Fr. : 1-126.
- GIRAUD G., 1976a. *Enquête sur la floraison des Posidonies. Survey of the flowering periods of Posidonia oceanica (L.) Delile*. Document offset, Univ. Aix-Marseille II-Luminy, Fr. : 1-7.
- GIRAUD G., 1976b. Floraison de *Posidonia oceanica* à Port-Cros. *Trav. sci. Parc nation. Port -Cros*, Fr., 2: 191-193.
- GIRAUD G., 1977a. *Contribution à la description et à la phénologie quantitative des herbiers à Posidonia oceanica (L.) Delile*. Thèse Doct. 3ème Cycle, Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-150.
- GIRAUD G., 1977b. Recensement des floraisons de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en Méditerranée. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, Monaco, 24: 126-130.
- GIRAUD G., 1979. Polygone de fréquence de longueur des feuilles de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Rapp. P.V. Réunions Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 25-26 (4) : 215-217.
- GIRAUD G., BOUDOURESQUE C.F., CINELLI F., FRESI E., MAZZELLA L., 1979. Observations sur l'herbier de *Posidonia oceanica* (L.) Delile autour de l'île d'Ischia (Italie). *Giorn. bot. ital.*, Ital., 114 : 261-274.
- GIRAUD G., BOUDOURESQUE C.F., MARCOT-COQUEUGNIOT J., MEINESZ, A., VERLAQUE, M., 1976. Indices foliaires de *Posidonia oceanica* (Linné) Delile en Corse et dans la région marseillaise. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 24 (4) : 131-132.
- GRAS G., 1985. Exploitation de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lmck) dans le Quartier Maritime de Marseille : zones de pêche, densités des populations, indices physiologiques. Mém. D.E.A. Ecol. médit. potion Ecol. litt. Univ. aix-Marseille III, Fr. : 1-36 + annexes.
- GRENIER C., 1860. Recherches sur le *Posidonia caulini* Koenig. (fin). *Bull. Soc. bot. Fr.*, Fr., 7 : 448-452.

- GUILLE A., 1964b. Sur la présence d'*Ophiocomina nigra* (O.F.Müller) dans la région de Banyuls sur mer. *Vie Milieu*, Fr., 15 : 803-806.
- HARMELIN J.G., BOUCHON C., DUVAL C., HONG J.S., 1980. Les échinodermes des substrats durs de l'île de Port-Cros, Parc National (Méditerranée nord occidentale). *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 6 : 25-38.
- HARMELIN J.G., BOUCHON C., DUVAL C., HONG J.S., 1981. Impact de la pollution sur la distribution des échinodermes des substrats durs en Provence (Méditerranée nord occidentale). *Téthys*, Fr., 10 : 13-36.
- HARMELIN J.G., 1964. Etude de l'endofaune des "mattes" d'herbiers de *Posidonia oceanica* Delile. *Rec. Trav. Stn. mar. Endoume*, Fr., 35 (51) : 43-106.
- HARMELIN J.G., 1980. Action différentielle des pollutions industrielle et domestique sur les populations d'Echinodermes des substrats durs en Provence. Vème Journées Rtud. Pollutions, C.I.E.S.M., Cagliari : 671-678.
- HARMELIN J.G., DUVAL C., 1983. Localisation et dissémination des jeunes de l'oursin *Sphaerechinus granularis* (Lamarck) en Méditerranée. *Rapp. P.V. Reun. Commiss. internation. Explor. Sci. Médit.*, Monaco, 28 (3) : 267-269.
- HARMELIN J.G., SCHLENZ R., 1963. Contribution préliminaire à l'étude des peuplements du sédiment des herbiers de Phanérogames marines de la Méditerranée. *Rec. Trav. Stn. mar. Endoume*, Fr., 31 (47) : 149-151.
- HARTOG C. den, 1970. The sea-grasses of the world. *Koninklijke Nederl. Akad. Wetenschap., Nat Tweede Reeks*, 59 (1) : 1-275.
- HARTOG C. den, 1973. Structure, function and classification in seagrass communities. *International Seagrass Workshop*, Leiden, Netherl., : 1-23.
- HARTOG C. den, HENNEN J., NOTEN Th.M.P.A., WISK R.J. Van, 1987. Chromosome numbers of the European seagrasses. *Plant Syst. Evol*, Germ., 156 : 55-59.
- HELLAL O., HELIS L., 1988. *Structure des populations phytoplanctoniques de deux stations côtières de l'Est algérois*. Mém. D.E.S. Océanogr. Univ. Sci. Tech. H. Boumédiène, Alger, Alg. : 1-42.
- HOCKING P.J., CAMBRIDGE M.L., McCOMB A.J., 1980. The nitrogen and phosphorus nutrition of developing plants of two seagrasses *Posidonia australis* and *P. sinuosa*. *Aquat. Bot.*, Netherl., 11 : 245-261.
- ISSEL R., 1918. La vita nelle praterie di *Posidonia*. *Biologia marina*, Milano, Ital. : 405-457.
- JEUDY DE GRISSAC A., 1975. *Sédimentologie dynamique des rades d'Hyères et de Giens (Var). Problèmes d'aménagements*. Thèse Doct. Géologie, Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-86 + 40 Fig. et 11 Tabl.
- JEUDY DE GRISSAC A., BOUDOURESQUE C.F., 1985. Rôle des herbiers de phanérogames marines dans les mouvements des sédiments côtiers : les herbiers à *Posidonia oceanica*. *Colloq. fr-jap. Océanogr.*, Marseille, Fr., 1 : 143-151.
- KADA H., 1986. *Contribution à l'étude de l'oursin Paracentrotus lividus (Lmk.) de la région de Ain Chorb (ex Surcouf)*. Mém. D.E.S. Océanogr. Univ. Sci. Tech. H. Boumédiène, Alger, Alg. : 1-48.
- KEIGHERY G.J., COATES, D.J., 1981. Chromosome counts in *Posidonia* (Posidoniaceae). *Plant Syst. Evol.*, 137: 221-222.

- KEMPF M., 1962. Recherches d'écologie comparée sur *Paracentrotus lividus* (Lmk.) et *Arbacia lixula* (L.). *Rec. Trav. Stn. mar. Endoume, Fr.*, 25 (39) : 47-116.
- KERNEIS A., 1960. Contribution à l'étude faunistique et écologique des herbiers de Posidonies de la région de Banyuls. *Vie Milieu, Fr.*, 11 : 145-187.
- KIKUCHI T., PERES J.M., 1977. *Consumer ecology of seagrass beds. Seagrass ecosystems*, Mc Roy & Helfferich C. edit., Dekker publ., USA : 1476194.
- KIRKMAN H., YOUNG P.C., 1981. Measurement of health and Echinoderm grazing on *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Aquat. Bot.*, Netherl., 10 : 329-338.
- KOEHLER R., 1883. Recherches sur les Echinides des côtes de Provence. *Ann. Mus. Hist. nat. Marseille, Zoologie*, 1 (3) : 5-167 + pl. 1-7.
- KOEHLER R., 1921. Faune de France. 1. Echinodermes. P. Lechevallier édit., Paris, Fr. : 1-210.
- KRUMBACH T., 1914. Mitteilungen über die Nahrung der Seeigel der nördlichen Adria. *Notizen die Fauna der Adria bei Rovigno. Zoo anz.*, 44 : 440-451.
- KRUMBEIN W.C., 1934. Size frequency distribution of sediments. *J. Sediment. Petrol.*, 4 : 65-77.
- KUO J., 1978. Morphology, anatomy and histochemistry of Australian seagrasses of the genus *Posidonia* König (Posidoniaceae). I. Leaf blade and leaf sheath of *Posidonia australis* Hook. *Aquat. Bot.*, Netherl., 5 : 171-190.
- KUO J., CAMBRIDGE M.L., 1978. Morphology, anatomy and histochemistry of Australian seagrasses of the genus *Posidonia* König (Posidoniaceae). II. Rhizome and root of *Posidonia australis* Hook. *Aquat. Bot.*, Netherl., 5 : 191-206.
- KUO J., CAMBRIDGE M.L., 1984. A taxonomic study of *Posidonia ostenfeldii* complex (Posidoniaceae), with description of four new Australian seagrasses. *Aquat. Bot.*, Netherl., 20 : 267-295.
- KUO J., JAMES S.H., KIRKMAN H., HARTOG den C., 1990. Chromosome numbers and their systematic implications in Australian marine angiosperms : the Posidoniaceae. *Plant Syst. Evol.*, 171 : 199-204.
- KUO J., McCOMB A.J., 1989. Seagrasses taxonomy, structure and development. In *Biology of seagrasses-Aquatic Plant Studies 2*. Larkum A.W.D., McComb A.J. and Shepherd S.A. edit., Elsevier publ. : 6-73.
- KUO J., McCOMB A.J., CAMBRIDGE M.L., 1981. Ultrastructure of the seagrass rhizosphere. *New Phytol.*, 89 : 139-143.
- LABOREL-DEGUEN F., LABOREL J., 1977. Broutage des Posidonies à la plage du sud. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros, Fr.*, 3 : 213-214.
- LAUBIER L., 1966. Le coralligène des Albères : Monographie biocénotique. *Ann. Inst. Océanogr.*, Fr., N.S., 43 : 137-316.
- LAWRENCE J.M., 1975. On the relationships between marine plants and sea-urchins. *Oceanogr. mar. Biol., ann. Rev.*, U.S.A., 13 : 213-286.
- LAWRENCE J.M., HUGUES-GAMES L., 1972. The diurnal rhythm of feeding and passage of food through the gut of *Diadema setosum* (Echinodermata, Echinoidea). *Israel J. Zool.*, 21 : 13-16.
- LE DIREAC'H J.P., 1985. *Dynamique des populations et évaluation des stocks de l'oursin comestible Paracentrotus lividus (Lamarck) sur l'archipel du Frioul (rade de Marseille). Cartographie des*

- peuplements benthiques du havre de Morgiret. Mém. D.E.A. Ecol. médit., Univ. Aix-Marseille III, Fr. : 1-78.
- LE DIREAC'H J.P., BACHET F., 1988. Campagne de dénombrement des oursins comestibles *Paracentrotus lividus* (Lmk) sur la côte bleue (Rade de Marseille, France). In Le Direac'h J.P., *Evaluation des stocks et dynamique des populations de l'oursin comestible Paracentrotus lividus dans la région de Marseille. Analyse des circuits de commercialisation et proposition de gestion*. Contrat ADER-PACA / Secrétariat d'état à la mer. Laboratoire d'Ecologie du Benthos édit., Univ. Aix-Marseille II, Fr. : Annexe VII.
- LE DIREAC'H J.P., CHARBONNEL E., MARCHADOUR M., 1987. Le problème de l'évaluation des stocks chez *Paracentrotus lividus* : exemple d'une campagne de dénombrement autour du Frioul. *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*, Boudouresque C.F. édit., GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 199-220.
- LE GALL P., 1987. La pêche aux oursins en Bretagne. *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*, Boudouresque C.F. édit., GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 311-324.
- LECLAIRE 1972. *La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-baléare*. Thèse Univ. Paris, Fr. : 1-382.
- LEDOYER M., 1966. Ecologie de la faune vagile des biotopes méditerranéens accessibles en scaphandre autonome. II : données analytiques sur les herbiers de Phanérogames. *Rec. Trav. Stn. mar. Endoume*, Fr., 41 (57) : 135-164.
- LEDOYER M., 1968. Ecologie de la faune vagile des biotopes méditerranéens accessibles en scaphandre autonome (région de Marseille principalement). IV : Synthèse de l'étude écologique. *Rec. Trav. Stn. mar. Endoume*, Fr., 44 (60) : 125-295.
- LEVAN A., FREGA, K., SANDBREG, A.A., 1964. Nomenclature for centromeric position for chromosomes. *Hereditas*, 52: 201-220.
- LIBES M., 1984. Teneur en pigments chlorophylliens de *Posidonia oceanica* (Potamogetonaceae) et ses épiphytes. *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. édit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 261-269.
- LIBES M., 1985. Contribution à l'étude de la production primaire des herbiers à *Posidonia oceanica* par la méthode du carbone 14 appliquée "in situ". *Stat. mar. Endoume*, Fr. : 24-28.
- LIBES M., BOUDOURESQUE C.F., 1987. Uptake and long-distance transport of carbon in the marine phanerogam *Posidonia oceanica*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, Germ., 38 : 177-186.
- MAGGI P., CRUET Y., LASSUS P., 1977. Influence de la pollution urbaine sur la vitalité des herbiers à Posidonies dans le golfe de Giens. *Sci. Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, Fr., 269 : 5-13.
- MAGGIORE F., BERTHON J.F., BOUDOURESQUE C.F., LAWRENCE J., 1987. Données préliminaires sur les relations entre *Paracentrotus lividus*, *Arbacia lixula* et le phytobenthos dans la baie de Port-Cros (Var, France, Méditerranée). *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*, Boudouresque C.F. édit., GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 65-82.
- MAOUCHE S., 1987. Mécanismes hydrosédimentaires en baie d'Alger (Algérie) : approche sédimentologique géochimique et traitement statistique. Thèse Doct., Univ. Perpignan, Fr. : 1-282.
- MARIANI P., RASCIO, N., CINELLI, F., 1981. Osservazioni sulla struttura della foglia di *Posidonia oceanica* (L.) Delile dell'isola d'Ischia. *Giorn. bot. ital.*, Ital. : 115-135.
- MASSIN C., 1982. Effects of feeding on the environment : Holothuroidea. in : *Echinoderm nutrition*, Jangoux M., Lawrence J.M., edit., Balkema A.A., publ., Rotterdam, Netherl. : 193-197.

- MAZZELLA L., 1984. Seasonal changes in some features of *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves and epiphytes at different depths. *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 119-127.
- MAZZELLA L., CINELLI F., OTT J., KLEPAL W., 1981. Studi sperimentali "in situ" sull' epifitismo della *Posidonia oceanica* Delile. *Quad. Lab. Technol. Pesca*, Ital., 3 (1suppl.) : 481-492.
- MAZZELLA L., GAMBI M.C., RUSSO G.F., BUIA M.C., 1984. Deep flowering and fruiting of *Posidonia oceanica* Beds around the island of Ischia (Gulf of Naples, Italy). *International Workshop on Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 203-209.
- MAZZELLA L., GAMBI M.C., RUSSO G.F., WITTMANN K.J., 1983. Flowering in *Posidonia oceanica* (L.) prateries around the island of Ischia (Gulf of Naples). *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 28 (3) : 117-119.
- MAZZELLA L., SCIPIONE M.B., GAMBI M.C., FREZI E., BUIA M.C., RUSSO G.F., DEMAIO R., LORENTI M., RANDO A., 1986. *Le praterie sommerse del mediterraneo*. Lab. Ecol. Benthos, Staz. zool. Napoli edit., Ital. : 1-63.
- MAZZELLA L., OTT J., 1984. Seasonal changes in some features of *Posidonia oceanica* leaves and epiphytes at different depths. *International Workshop on Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 119-127.
- MAZZELLA L., RUSSO G.F., GAMBI M.C., 1982. Fioritura di praterie profonde di *Posidonia oceanica* (L.) Delile intorno all'isola d'Ischia. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, Ital., 50 (suppl.) : 388.
- MEINESZ A., BOUDOURESQUE C.F., FALCONETTI C., ASTIER J.M., BAY D., BLANC J.J., BOURCIER M., CINELLI F., CIRIK S., CRISTIANI G., DI GERONIMO I., GIACCONE G., HARMELIN J.G., LAUBIER L., LOVRIC A.Z., MOLINIER R., SOYER J., VAMVAKAS C., 1983. Normalisation des symboles pour la représentation et la cartographie des biocénoses benthiques littorales de Méditerranée. *Ann. Inst. océanogr.*, N.S., Fr., 29 : 155-172.
- MEINESZ A., CAYE G., LOQUES F., MOLENAAR H., 1991. Growth and development in culture of orthotropic rhizomes of *Posidonia oceanica*. *Aquat. Bot.*, Netherl., 39 : 367-737.
- MEZEGRANE S., SOLTANE L., 1989. *Etude lépidochronologique de Posidonia oceanica (L) Delile dans deux stations de l'Est algérois*. Mém. D.E.S. d'Océanogr. Univ. Sci. Tech. H. Boumediene, Alger, Alg. : 1-59.
- MILLOT 1985. Some features of the Algerian current. *J. Geophys. Res.*, 90 C4 : 7169-7176.
- MOLINIER R., PICARD J., 1952. Recherches sur les herbiers de Phanérogames marines du littoral méditerranéen français. *Ann. Inst. océanogr.*, Fr., 27 : 157-234.
- MOLINIER R., PICARD J., 1953. Etudes biologiques sur les herbiers de Phanérogames marines à l'Ouest d'Alger. *Bull. Stn. Aquicult. Pêche Castiglione*, Alg., 4 : 7-34.
- MOLINIER R., PICARD J., 1954a. Eléments de bionomie marine sur les côtes de Tunisie. *Bull. Stn. océanogr. Salammbô*, Tun., 48 : 3-47.
- MOLINIER R., PICARD J., 1954b. Nouvelles recherches bionomiques sur les côtes méditerranéennes françaises. *Rec. Trav. Stn. mar. Endoume*, Fr., 13 : 9-19.
- MOLINIER R., ZEVACO C., 1962. Etudes écologiques et biocénétiques dans la baie du Brusc (Var). Fascicule 3 : étude statistique et physiologique de la croissance des feuilles de Posidonies (*Posidonia oceanica* Delile). *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, Monaco, 12(34) : 1-46.

- MONOYER A., 1928. Contribution à l'anatomie et l'éthologie des Monocotylées aquatiques. *Mém. Acad. r. Belg., cl. Sci., Belg.*, 10 : 196.
- MOSSE R.A., 1983. *Variations cycliques dans les écailles de Posidonia oceanica : rhizomes plagiotropes et orthotropes*. Laboratoire Ecol. Benthos, Fac. Sci. Luminy et Parc nation. Port-Cros, Fr. : 1-276.
- MOSSE R.A., 1984. Les écailles des rhizomes plagiotropes de *Posidonia oceanica* : étude des variations cycliques. *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. édit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 217-226.
- MOSTAFA H. M., 1991. *Ecological study of marine phanerogam Posidonia oceanica and some of the associated communities in the Mediterranean sea of Alexandria*. Thesis Ph. D., Alexandria Univ., Egypt. : 1-288.
- NEDELEC H., 1982. *Ethologie alimentaire de Paracentrotus lividus dans la baie de Galeria (Corse) et son impact sur le peuplement phytobenthique*. Thèse Doct. 3ème Cycle, Océanogr. Biol., Univ. P. et M. Curie. Univ. Paris VI., Aix-Marseille II, Fr. : 1-175.
- NEDELEC H., 1983. Sur un nouvel indice de réplétion pour les oursins réguliers. *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 28 (3) : 149-151.
- NEDELEC H., VERLAQUE M., 1984. Alimentation de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lmk.) dans un herbier de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en Corse (Médit., France). *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. édit., GIS Posidonie publ., Fr. : 349-364.
- NEDELEC H., VERLAQUE M., DALLOT S., 1983. Note préliminaire sur les fluctuations de l'activité trophique de *Paracentrotus lividus* dans l'herbier de Posidonies. *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. médit.*, Monaco, 28(3) : 153-155.
- NEDELEC H., VERLAQUE M., DIAPOULIS A., 1981. Preliminary data on *Posidonia* consumption by *Paracentrotus lividus* in Corsica (France). *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 27 (2) : 203-204.
- NEEFS Y., 1952. Sur le cycle sexuel de *Sphaerechinus granularis* (Lmk.) *C. R. Acad. Sci., Paris*, Fr., 234 : 2233-2235.
- NICHOLS D., 1981. The cornish sea-urchin fishery. *Cornish studies*, U.K., 9 : 5-16.
- NICHOLS D., BISHOP G.M., SIME A.A.T., 1982. An annual reproductive and nutritional cycle of european sea-urchin *Echinus esculentus* in the Plymouth area. In *Proceedings of the Internatioal Echinoderms Conference*, Tampa Bay., J.M. Lawrence edit, Rotterdam : A.A. Balkema : 451-456.
- NICHOLS D., BISHOP G.M., SIME A.A.T., 1985. Reproductive and nutritional periodicities in populations of European sea urchin, *Echinus esculentus* (Echinodermata : Echinoidea) from the English channel. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 65 : 203-220.
- ORSILINI P., 1978. *Contribution à l'étude géomorphologique et sédimentologique des domaines côtiers de la presqu'île de Saint Tropez (Var). Définition des équilibres naturels*. Thèse de 3ème Cycle Géologie, Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-97, 12 tabl. h. t., 63 Fig. h.t.
- OTT A., MAURER L., 1977. *Strategies of transfer from marine macrophytes to consumer levels : the Posidonia oceanica example*. In *Biology of benthic organisms*, Keegan B.F., O'Ceidigh P & Boaden P.J.S edit., Pergamon Press, U.K. : 493-502.
- OTT J. A., 1980. Growth and production in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Mar. Ecol.*, 1: 47-64.

- PANAYOTIDIS P., 1979. Etude phytosociologique de deux aspects saisonniers de la flore épiphyte des feuilles de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, dans le golfe de Thessaloniki, (Mer Egée, Grèce). *Thalassographica*, Grèce, 3 : 93-104.
- PANAYOTIDIS P., 1980. *Contribution à l'étude de l'association Posidonietum oceanicae Funk, 1927*. Thèse 3ème Cycle, Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-213.
- PANAYOTIDIS P., 1981. Comparaison du peuplement algal épiphyte des feuilles de *Posidonia oceanica* avec d'autres peuplements photophiles infralittoraux. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 27 (2) : 193-194.
- PANAYOTIDIS P., 1986. Influence de la floraison sur le cycle de renouvellement des feuilles de *Posidonia oceanica* (L.) Delile, dans le golfe de Saronikos (Mer Egée, Grèce). *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 30 (2) : 6.
- PANAYOTIDIS P., GIRAUD G., 1981. Sur un cycle de renouvellement des feuilles de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile dans le golfe de Marseille. *Vie Milieu*, Fr., 31 : 129-136.
- PANAYOTIDIS P., SIMBOURA, N., 1989. Distribution and phenology of *Posidonia oceanica* in Saronikos Gulf (Aegean Sea, Greece). *International workshop on Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V. édit., GIS Posidonie publ., Fr., 2 : 43-48.
- PAUL O., 1983. *Comportement alimentaire de l'oursin Psammechinus microtuberculatus dans l'herbier à Posidonia oceanica de l'île de Port-Cros (Var)*. Lab. Ecol. Benthos, Fac. Sci. Luminy et Parc nation. Port-Cros, Fr. : 1-85.
- PERES J.M., 1953. Les formations détritiques infralittorales issues des herbiers de Posidonies. *Rec. Trav. Stn. mar. Endoume*, Fr., 9 (4) : 29-38.
- PERES J.M., 1977. Utilité et importance de l'herbier de Posidonies en Méditerranée. *Bull. Off. nation. Pêches Tunisie*, Tun., 1 (1) : 3-8.
- PERES J.M., PICARD J., 1955. Biotopes et biocénoses de la Méditerranée occidentale comparés à ceux de la Manche et de l'Atlantique nord-oriental. *Arch. Zool. exp. gén.*, Fr., 92 (1) : 1-72.
- PERES J.M., PICARD J., 1958. Manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Rec. Trav. Stn. mar. Endoume*, Fr., 14 (23) : 7-122.
- PERES J.M., PICARD J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Méditerranée. *Rec. Trav. Stn. mar. Endoume*, Fr., 31 (47) : 1-137.
- PERGENT G., 1985. Floraison des herbiers à *Posidonia oceanica* dans la région d'Izmir (Turquie). *Posidonia Newsletter*, Fr., 1 (1) : 15-21.
- PERGENT G., 1986. *Les Posidonies. Recherches des paléo-floraisons. Le Benthos de l'île de Zembra (Parc National, Tunisie)*. UNEP-IUCN-RAC/SPA, Boudouresque C.F., Harmelin J.G., Jeudy de Grissac A. édit., GIS Posidonies publ., Marseille, Fr. : 101-103.
- PERGENT G., 1987. *Recherches lépidochronologiques chez Posidonia oceanica (Potamogetonaceae). Fluctuations des paramètres anatomiques et morphologiques des écailles des rhizomes*. Thèse Doct. Océanol., Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-853.
- PERGENT G., 1990. Lepidochronological analysis of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile : a standardized approach. *Aquat. Bot.*, Nertherl., 37 : 39-54.
- PERGENT G., BEN MAIZ N., BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., 1989. The flowering of *Posidonia oceanica* over the past fifty years : a lepidochronological study. *International workshop on Posidonia*

- oceanica *Beds*, Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V. édité., GIS Posidonie publ., Fr., 2 : 69-76.
- PERGENT G., BOUDOURESQUE C.F., CROUZET A., 1982. *Mise en évidence de variations cycliques dans les écailles de Posidonia oceanica*. Lab. Ecol. Benthos, Fac. Sci. Marseille-Luminy et Parc National Port-Cros édité., Fr. : 1-193.
- PERGENT G., BOUDOURESQUE C.F., CROUZET A., 1983. Variations cycliques dans les écailles des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica*. *Trav. Sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 9 : 107-148.
- PERGENT G., BOUDOURESQUE C.F., VADIER B., 1983. Quelques observations sur les herbiers à *Posidonia oceanica* des Pyrénées-Orientales (Méditerranée, France). *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 28 (3) : 171-172.
- PERGENT G., BOUDOURESQUE C.F., VADIER B., 1985. Etude préliminaire des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile de la côte des Albères (Pyrénées-Orientales, France). *Ann. Inst. océanogr.*, Fr., N.S., 61 (2) : 97-114.
- PERGENT G., PERGENT C., 1983-1984. Floraison de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile dans le golfe d'Izmir (Turquie). *Egée Univ. Fac. Sci. J.*, Turquie, sér. B, 7 (1) : 19-24.
- PERGENT G., PERGENT C., 1985. Une nouvelle application de la lépidochronologie : le cycle de formation des feuilles de *Posidonia oceanica*. *Sci. Rep. Port-Cros nation. Park*, Fr., 11 : 187-191.
- PERGENT G., PERGENT C., 1988. Localisation et état de l'herbier de Posidonies sur le littoral PACA : Bouches-du-Rhône. DRAE PACA et GIS Posidonie édité., Marseille, Fr. : 1-53.
- PERGENT G., PERGENT C., FRANCOUR P., 1988. Cortiou état zéro. *Reconnaissance des herbiers. Mise en place des balisages*. DETSE et GIS Posidonie, Marseille, Fr. : 1-107.
- PERGENT G., PERGENT-MARTINI C., 1988. Phénologie de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile dans le bassin méditerranéen. *Ann. Inst. océanogr. Paris*, Fr., N.S., 64 : 79-100.
- PERGENT G., PERGENT-MARTINI C., 1991. Leaf renewal cycle and primary production of *Posidonia oceanica* in the bay of Lacco Ameno (Ischia, Italy) using lepidochronological analysis. *Aquat. Bot.*, Netherl., 42 : 49-66.
- PERGENT G., BOUDOURESQUE C.F., CROUZET A., MEINESZ A., 1989. Cyclic changes along *Posidonia oceanica* rhizomes (Lepidochronology) : Present state and perspectives. *Mar. Ecol.*, Germ., 10 (3) : 221-230.
- PERGENT G., BOUDOURESQUE C.F., THELIN I., MARCHADOUR M., PERGENT-MARTINI C., 1991. Map of benthic vegetation and sea-bottom types in the harbour at banuyls-sur-Mer (Pyrénées-Orientales, France). *Vie Milieu*, Fr., 41 : 165-168.
- PESSANI D., CALTAGIRONE A., PONCINI F., VETERE M., 1987. Confronto tra due praterie di *Posidonia oceanica* delle Riviera ligure di Levante et di Ponente. I. Descrizione e parametri fenologici. *Posidonia Newsletter*, Fr., 1 (2) : 5-20.
- PESSANI D., PONCINI F., VETERE M., 1984. Premières données sur la distribution de *Posidonia oceanica* Delile autour de l'île de Salina (Iles eoliennes, Sicile). *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. édité., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 129-135.
- PETIT J., 1972. Bionomie benthique à l'Est de la baie d'Alger. *Pelagos*, Alg., 4 (1) : 37-69.

- PHILBERT M., 1935. Le phénomène de stolonisation chez trois espèces d'Hydroides fixés sur des Posidonies en Méditerranée. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, Monaco, (663) : 1-8.
- PICARD J., 1951. Note sur les Hydroides littoraux de Banyuls-sur-Mer. *Vie Milieu*, Fr., 2 : 338-349.
- PICARD J., 1952. Les Hydrozoaires des herbiers de Zostéracées des côtes françaises de la Méditerranée. *Vie Milieu*, Fr., Suppl., 2 : 217-233.
- PICARD J., 1953. Les herbiers de Posidonies, important facteur de l'élévation des fonds littoraux. *Rev. Géomorphol. dynam.*, Fr., 2 : 83-84.
- PICARD J., 1965. Importance, répartition et rôle du matériel organique végétal issu des prairies de Posidonies. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 18 (2) : 91-92.
- PIGNATTI S., 1982. Flora d'Italia : Volume 3. Edagricole edit., Bologna, Ital. : 1-790.
- PIRC H., 1983. Belowground biomass of *Posidonia oceanica* (L.) Delile and its importance to the growth dynamics. *Internation. Symp. aquat. Macrophytes*, Nijmegen, 18-23 sept. : 177-181.
- PIRC H., 1984a. Depth-adaptation in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. édit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 227-234.
- PIRC H., 1984b. *Jahresrhythmische Veränderungen in Bestandesmorphologie, Anatomie und chemischer Zusammensetzung von Posidonia oceanica Beständen um die Insel Ischia*. Thesis Univ. Wien : 1-139.
- POTTIER J., 1934. Contribution à l'étude du développement de la racine, de la tige et de la feuille des Phanérogames Angiospermes. Les Monocotylédones marines méditerranéennes, *Ruppia maritima* L., *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson et *Posidonia oceanica* (L.) Delile, de la famille des Potamogetonacées. Jacques & Demontraud Impr., Besançon, Fr. : 1-125, 52 pl.
- REGIS M.B., 1978. *Croissance de deux échinoïdes du Golfe de Marseille (Paracentrotus lividus (Lmk.) et Arbacia lixula (L.)). Aspects écologiques de la microstructure du squelette et de l'évolution des indices physiologiques*. Thèse Doct. Etat, Fac. Sci. Techn. St. Jérôme, Univ. Aix-Marseille III, Fr. : 1-221.
- 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., PERES J.M., GRAS 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.
- RICO V., PERGENT G., 1990. *Evaluation de la production primaire de l'herbier à Posidonia oceanica de la baie de Porto Conte (Sardaigne) par le modèle lépidochronologique*. GIS Posidonie, Marseille, Fr. : 1 - 136.
- RIVIERE A., 1952. Expression analytique générale de la granulométrie des sédiments meubles. *Bull. Soc. Géol.*, Fr., 6 (2) : 155-167.
- ROMERO J., 1985. *Estudio ecologico de las Fanerogamas marinas de la costa Catalana : produccion primaria de Posidonia oceanica (L.) Delile en las islas Medas*. Tesis Doct. Facultad Biol. Univ. Barcelon, Esp. : 1-261.
- ROMERO J., 1988. Epifitos de las hojas de *Posidonia oceanica* : variacionales y bathimétricas de biomasa en la pradera de las islas Medas (Gerona). *Oecologia aquatica*, Esp., 9 : 19-25.
- ROMERO J., 1989. Note sur la floraison de *Posidonia oceanica* (L.) Delile dans les îles Medas (Gerona, Espagne). *Posidonia Newsletter*, Fr., 2 (2) : 15-18.

- ROMERO-MARTINENGO J., 1981. Biomasa de comunidades de algas bentónicas de las islas Medes (Girona). *Oecologia aquatica*, Esp., 5 : 87-93.
- ROMERO-MARTINENGO J., 1989. Premières données sur la production primaire d'un herbier de *Posidonia oceanica* en Méditerranée occidentale (côtes catalanes). *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit*, Monaco, 28 (3) : 129-130.
- SADOUD L., 1988. *Contribution à l'étude de la biologie de l'oursin Paracentrotus lividus des régions d'Ain Chorb et du port d'Alger*. Mém. D.E.S., Univ. Sci. Tech. H. Boumédiène, Alger, Alg. : 1-70.
- SAMSON-KECHACHA L.F., 1981. *Variations saisonnières des matières nutritives de la baie d'Alger. Recherche des facteurs contrôlant le développement du phytoplancton*. Thèse 3ème Cycle. Univ. Sci. Tech. H. Boumédiène, Alger, Alg., : 1-98.
- SAN MARTIN G., 1986. *Contribution à l'étude du comportement trophique de l'échinoïde Paracentrotus lividus (Lmk.) dans l'étang de Thau (Hérault)*. Mém. D.E.A. Océanol., Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-42.
- SAN MARTIN G., 1987. Comportement alimentaire de *Paracentrotus lividus* (Lmk) (Echinodermata : Echinoidea) dans l'étang de Thau (Hérault, France). *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*, Boudouresque C. F. édit., GIS Posidonie Publ., Marseille, Fr. : 37-57.
- SAN MARTIN G., 1990. Suivi d'une opération de transplantation de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lmk.) (Echinodermata : Echinoidea) dans la région de Marseille. *Rapp. Contrat IFREMER / GIS Posidonie*, N°87343 0066, Fr. : 1-16.
- SANCHEZ LIZANO J.L., 1989. Aplicacion de la lepidochronologia al estudio de una pradera superficial de *Posidonia oceanica* (L.) Delile de la reserva marina de Tabarca (Alicante). *Act. IX Bienal. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, Esp. : 87-94.
- SAUVAGEAU C., 1889. Contribution à l'étude du système mécanique dans la racine des plantes aquatiques. Les *Zostera*, *Cymodocea* et *Posidonia*. *J. Bot. Paris*, Fr., 3 : 169-181.
- SAUVAGEAU C., 1890a. Observations sur la structure des feuilles des plantes aquatiques. *J. Bot.*, Fr., 4 : 41-50, 129-135, 221-229, 237-245.
- SAUVAGEAU C., 1890b. Sur une particularité de structure des plantes aquatiques. *C. R. Acad. Sc. Paris*, Fr., 111 : 313-315.
- SAUVAGEAU C., 1891. *Sur la feuille de quelques Monocotylédones aquatiques. Chapitre III : Posidonées Aschs.* Thèse Doct. Etat, Masson édit., Paris, Fr., : 63-77.
- SCIPIONE M.B., FRESI E., 1984. Distribution of amphipod crustaceans in *Posidonia oceanica* (L.) Delile foliar stratum. *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. édit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 319-329.
- SEGUY E., 1949. Le microscope. Emploi et applications. II. Lechevalier édit., Paris, Fr. : 321-1062.
- SELLEM F., 1990. *Données sur la biométrie de Paracentrotus lividus, Arbacia lixula et Sphaerechinus granularis et sur la biologie de Paracentrotus lividus dans le golfe de Tunis*. Mém. D.E.A., Univ. Tunis, Tun. : 1-123.
- SEMROUD R., 1991. Données sur des floraisons anciennes de *Posidonia oceanica* (Linneaus) Delile dans la région d'Alger (Algérie). *Posidonia Newsletter*, Fr., 4 (2) : 31-36.

- SEMROUD R., BENKORTEBY N., TAMOUZA F.Z., 1990a. Phénologie de *Posidonia oceanica* dans la région d'Alger (Algérie) : données préliminaires sur la biométrie foliaire. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. Internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 32 (1) B-116 : p 10.
- SEMROUD R., KADA H., 1987. Contribution à l'étude de *Paracentrotus lividus* (Lmk.) dans la région d'Alger (Algérie) : Indice de réplétion et indice gonadique. *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*, Boudouresque C.F. édit., Gis Posidonie publ., Marseille, Fr. : 117-124.
- SEMROUD R., MEZEGRANE S., SOLTANE L., 1990b. Etude lépidochronologique de *Posidonia oceanica* dans la région d'Alger (Algérie). *Rapp. P.V. Réun. Commiss. Internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 32 (1) B-115 : p 10.
- SEMROUD R., SENOUISSI Y., 1988. Données préliminaires sur l'indice de réplétion, l'indice gonadique et le sex-ratio de *Sphaerechinus granularis* (Lam.) (Echinodermata, Echinoïdea) de la baie d'Alger. *Vie Marine*, Marseille, Fr., H.S., 10 : 86-94.
- SEMROUD R., VERLAQUE R., CROUZET A., BOUDOURESQUE C.F., (sous presse). On a broad-leaved form of the seagrass *Posidonia oceanica* (Posidoniaceae) from Algiers (ALgeria). *Aquat. Bot.*, Netherl.
- SENOUISSI Y., 1988. Contribution à la connaissance de la biologie de l'oursin régulier *Sphaerechinus granularis* (Lmk) de la Baie d'Alger. *Mém. D.E.S. Océanog. Univ. Sci. Tech. H. Boumédiène*, Alger, Alg. : 1-98.
- SHEPHERD S.A., 1987. Grazing by the sea urchin *Paracentrotus lividus* in *Posidonia oceanica* beds at Banyuls-sur-Mer, France. *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*, Boudouresque C.F. édit., Gis Posidonie publ., Marseille, Fr. : 83-96.
- SHEPHERD S.A., BOUDOURESQUE C.F., 1979. A preliminary note on the movement of the sea urchin *Paracentrotus lividus*. *Trav. sci. Parc Natl. Port-Cros*, Fr., 5 : 155-158.
- SMITH G.W., HAYASAKA S.S., THAYER G.W., 1979. Root surface area measurements of *Zostera marina* and *Halodule wrightii*. *Bot. Mar.*, 22 : 347-358.
- STOCKMANS F., 1932. *Posidonia perforata* Saporta et Marion des marnes de Gelinden (Paléocène). *Bull. Mus. Hist. nat. belg.*, Belg., VIII, 27: 1-9.
- TALEB R., LALAMI Y., 1970. Etude des phénomènes physico-chimiques et météorologiques au large de la baie d'Alger. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*. Alg., 61 (3-4) : 121-153.
- TAMOUZA F.Z., 1988. Données préliminaires sur la phénologie de *Posidonia oceanica* (L.) Delile de la région Est algéroise. *Mém. D.E.S. Océanogr.*, Univ. Sci. Tech. H. Boumédiène, Alger, Alg. : 1-42.
- THELIN I., BEDHOMME A.L., 1983. Biomasse des épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* dans un herbier superficiel. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 28 (3) : 125-126.
- THELIN I., BEDHOMME A.L., BOUDOURESQUE C.F., JEUDI DE GRISSAC A., 1982. Sur la calcification des feuilles de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Thalassographica*, Grèce, 5 : 27-32.
- THELIN I., BOUDOURESQUE C.F., 1983. Longévité des feuilles de *Posidonia oceanica* dans l'herbier de la baie de Port-Cros (Var, France). *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 28 (3) : 115-116.
- THELIN I., BOUDOURESQUE C.F., 1985. *Posidonia oceanica* flowering and fruiting recent data from an international inquiry. *Posidonia Newsletter*, Fr., 1 (1) : 5-14.

- THELIN I., GIORGI J., 1984. Production de feuilles dans un herbier superficiel à *Posidonia oceanica*, évaluée par une méthode dérivée de la méthode de Zieman. *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. édit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 271-276.
- THELIN I., MOSSE R.A., BOUDOURESQUE C.F., LION R., 1985. Le benthos littoral d'El Dabaa (Méditerranée, Egypte). II. L'herbier à *Posidonia oceanica*. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 29 (5) : 247-248.
- TORTONESE E., 1965. Fauna d'Italia Vol. VI. Echinodermata. Calderini, Bologna, edit., i-xiii + 1-422.
- TRAER K., 1980. *The consumption of Posidonia oceanica Delile by echinoids at the Isle of Ischia*. In Jangoux, M. édit. *Echinoderms : Present and Past*. A.A. Balkema, Rotterdam : 241-244.
- UNDERWOOD A.J., 1981. Techniques of analysis of variance in experimental marine biology and ecology. *Oceanogr. mar. Biol., Annu. Rev.*, USA, 19 : 513-605.
- VARGUES H., 1956. Etude des organismes nitrificateurs des "mattes" de Castiglione. *Bull. Stn. Aquicult. Pêche Castiglione, Alg.*, 8 : 61-71.
- VERLAQUE M., 1981. Preliminary data on some *Posidonia* feeders. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 27 (2) : 201-202.
- 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 : 401-424.
- VERLAQUE M., 1987a. Relations entre *Paracentrotus lividus* (Lmk.) et le phytobenthos de Méditerranée occidentale. *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*, Boudouresque C.F. édit., Gis Posidonie publ., Marseille, Fr. : 5-36.
- VERLAQUE M., 1987b. *Contribution à l'étude du phytobenthos d'un écosystème photophile thermophile marin en Méditerranée occidentale. Etude structurale et dynamique du phytobenthos et analyse des relations faune-flore*. Thèse Doct. Sci. nat., Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-396.
- VERLAQUE M., NEDELEC H. 1983a. Note préliminaire sur les relations biotiques *Paracentrotus lividus* (Lmk.) et herbier de Posidonies. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 28 (3) : 157-158.
- VERLAQUE M., NEDELEC H., 1983b. Biologie de *Paracentrotus lividus* (Lmk) sur un substrat rocheux en Corse (Méditerranée, France) : alimentation des adultes. *Vie Milieu*, Fr., 33 (3-4) : 1-30.
- WEYDERT P., 1971. Etude sédimentologique et hydrodynamique d'une coupe de la partie médiane du Grand Récif de Tuléar (SW de Madagascar). *Téthys*, Suppl. 1 : 237-280.
- WEYDERT P., 1973. Morphologie et sédimentologique de la partie méridionale du Grand Récif de Tuléar (SW de Madagascar) : les ensembles sédimentaires de la pente externe *Téthys*, Suppl. 5 : 133-156.
- WILLSIE A., 1987. *Structure et fonctionnement de la macrofaune associée à la matte morte et d'herbier vivant de Posidonia oceanica (L.) Delile : influence des facteurs abiotiques et biotiques*. Thèse Doct. Océanol., Univ. Aix-Marseille II : 1-647.
- WILLSIE A., 1987. *Structure et fonctionnement de la macrofaune associée à la matte morte et l'herbier vivant de Posidonia oceanica (L.) Delile : influence des facteurs abiotiques et biotiques*. Thèse Doct. Océanol., Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-647.

- WITTMANN K., MAZZELLA, L., FRESI, E., 1981. Age specific patterns of leaf growth : their determination and importance for epiphytic colonization in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, Monaco, 27: 189-191.
- ZANOUN H., 1987. *Etude des variations de l'indice de réplétion et de l'indice gonadique chez l'oursin Paracentrotus lividus (Lmk.), dans la région d'Aïn Chorb.* Mém. D.E.S. d'Océanogr. Univ. Sci. Tech. H. Boumédiene, Alger, Alg. : 1-26.
- ZAR J.H., 1984. *Biostatistical analysis.* 2ème édition, Prentice-Hall International edit. : 1-718.
- ZIEMAN J.C., 1974. Methods for the study of the growth and production of turtle grass, *Thalassia testudium* König. *Aquaculture*, Netherl., 4 : 139-143.

**LISTE DES FIGURES**

## LISTE DES FIGURES

- Fig 1. Carte de la baie d'Alger et de ses environs (d'après Leclaire, 1972 in Maouche, 1987) modifiée. Page 8.
- Fig.2. Rose des directions des vents (A) et histogrammes récapitulatifs (Pourcentage-Direction des vents dans les directions 60° - 120° - 260°) (D'après Maouche, 1987). Page 11.
- Fig. 3. Localisation ( ) des trois stations situées dans la partie Est de la région d'Alger. Page 12.
- Fig. 4. transect de la station d'Aïn-Chorb. Site de prélèvement de *Paracentrotus lividus*. (pour les faibles profondeurs, les mesures sont corrigées par rapport au zéro biologique). Page 14.
- Fig. 5. Transect topographique réalisé à La Marsa. Les peuplements ainsi que la nature du fond sont représentés. Page 15.
- Fig. 6. Transect topographique réalisé à Tamentfoust. Les peuplements ainsi que la nature du fond sont représentés. Page 17.
- Fig. 7. Plan du port d'Alger (A) et profile bathymétrique de la station du port d'Alger. Les peuplements sont représentés. = station de prélèvement, G = jetée de Guelma, ES = club ESPADON, BM = bassin Mustapha. Page 18.
- Fig. 8. Rhizome de *Posidonia oceanica* et ses différents types de feuilles. A = rhizome, B et C = feuilles adultes, D = feuille intermédiaire et E = feuille juvénile. Page 23.
- Fig. 9. A = schéma indiquant le mode d'insertion des écailles le long d'un rhizome de *Posidonia oceanica*, les numéros correspondent au rang des écailles (d'après Pergent et al., 1982)  
B = coupe transversale schématique d'une écaille de *P. oceanica*. Les lacunes aérifères n'ont pas été représentées (d'après Pergent et al., 1982). Page 27.
- Fig.10. Représentation schématique d'un pédoncule floral, intercalé entre les écailles, le long d'un rhizome orthotrope, et correspondance avec les cycles de variation d'épaisseur des écailles. L'épaisseur du pédoncule floral n'est pas mesurée, seule sa position (rang) est prise en compte. (d'après Pergent, 1987). Page 29.
- Fig. 11. Modèle de cycle de variation d'épaisseur des écailles sur un rhizome de La Marsa. (-2 m) récolté en avril 1989. Page 30.
- Fig. 12. A = stations étudiées. 1 = La Marsa, 2 = Sausset et 3 = Port-Cros. B = Détail de la région d'Alger (\* = La Marsa). Page 46.
- Fig. 13. Histogramme de fréquence (en pourcentage) de la largeur des feuilles adultes de *P. oceanica* à La Marsa (profondeur = 8-10 m) et à Port-Cros (profondeur = 10-11 m). Page 48.
- Fig. 14. Aspect des feuilles et des gaines de *P. oceanica* au mois d'avril. A = La Marsa et B = Port-Cros. 1 = feuilles juvéniles, 2 = feuilles intermédiaires, 3 = feuilles adultes et 4 = gaines. Page 49.
- Fig. 15. Coupes transversales à 1.5 cm de la base des gaines de *P. oceanica* à La Marsa (A) et à Port-Cros (B). Page 51.
- Fig. 16. Figures des métaphases (A, C) et des anaphases somatiques (B, D) de *P. oceanica* à La Marsa (A et B) et à Port-Cros (C et D). Page 52.

Fig. 17. Représentation des idiogrammes de *P. oceanica* : A = La Marsa et B = Port-Cros. ou = position instable (6<sup>ème</sup> et 9<sup>ème</sup> paire) d'un satellite. Page 54.

Fig. 18. Schéma (A, B) d'une portion de coupes transversales de gaines de *P. oceanica*, et dessin histologiques des fibres de soutien des faces abaxiale et adaxiale (C, D), à La Marsa (A et C) et à Port-Cros (B et D). Page 55.

Fig. 19. Courbes cummulées granulométriques du sédiment intermatte à La Marsa (-2 m) et à La Marsa (-8 m). Page 61.

Fig. 20. Courbes cummulées granulométriques du sédiment intermatte à Tamentfoust (-2 m) et à Tamentfoust (-8 m). Page 62.

Fig. 21. courbes cummulées granulométriques du sédiment de la matte dans les herbiers de La Marsa (-2 m) et (-8 m). Page 63.

Fig. 22. courbes cummulées granulométriques du sédiment de la matte dans les herbiers de Tamentfoust (-2 m) et (-8 m). Page 64.

Fig. 23. Evolution saisonnière du nombre moyen de feuilles adultes, intermédiaires, juvéniles et globales par faisceau dans les stations de La Marsa à (-2 m) et (-8 m). Page 68.

Fig. 24. Evolution saisonnière du nombre moyen de feuilles adultes, intermédiaires, juvéniles et globales par faisceau dans les stations de Tamentfoust à (-2 m) et (-8 m). Page 69.

Fig. 25. Variation saisonnière de la largeur moyenne des feuilles adultes, intermédiaires et juvéniles dans les stations de La Marsa à (-2m) et (-8 m). Page 73.

Fig. 26. Variation saisonnière de la largeur moyenne des feuilles adultes, intermédiaires et juvéniles dans les stations de La Marsa à (-2m) et (-8 m). Page 74.

Fig. 27. Longueur moyenne des pétioles des feuilles adultes de *P. oceanica* des herbiers de La Marsa (-2 m et -8 m) et de Tamentfoust (-2 m et -8 m). Page 76.

Fig. 28. Variation saisonnière de la longueur moyenne des feuilles adultes, intermédiaires, juvéniles et (adultes + intermédiaires) de *P. oceanica* de l'herbier des stations de La Marsa (-2 m et -8 m). Page 80.

Fig. 29. Variation saisonnière de la longueur moyenne des feuilles adultes, intermédiaires, juvéniles et (adultes + intermédiaires) de *P. oceanica* de l'herbier des stations de Tamentfoust à (-2 m et -8 m). Page 81.

Fig. 30. Distribution spatiotemporelle des fréquences de longueur des feuilles de *P. oceanica* à La Marsa (-2 m) : (A) = feuilles adultes, (I) = feuilles intermédiaires et (A+I) = feuilles adultes et intermédiaires. Page 84.

Fig. 31. Distribution spatiotemporelle des fréquences de longueur des feuilles de *P. oceanica* à La Marsa (-8 m) : (A) = feuilles adultes, (I) = feuilles intermédiaires et (A+I) = feuilles adultes et intermédiaires. Page 85.

Fig. 32. Distribution spatiotemporelle des fréquences de longueur des feuilles de *P. oceanica* à Tamentfoust (-2 m) : (A) = feuilles adultes, (I) = feuilles intermédiaires et (A+I) = feuilles adultes et intermédiaires. Page 86.

Fig. 33. Distribution spatiotemporelle des fréquences de longueur des feuilles de *P. oceanica* à Tamentfoust (-8 m) : (A) = feuilles adultes, (I) = feuilles intermédiaires et (A+I) = feuilles adultes et intermédiaires. Page 87.

Fig. 34. Variation saisonnière de l'indice foliaire [Leaf Area Index (L.A.I)]. moyen par faisceau ( $\text{cm}^2$ ) des feuilles adultes, intermédiaires et globales (adultes + intermédiaires) de *P. oceanica* des herbiers des stations de La Marsa (-2 m et -8 m) et de Tamentfoust (-2 m et -8 m). Page 92.

Fig. 35. Variation saisonnière de l'indice foliaire [Leaf Area Index (L.A.I)]. moyen par  $\text{m}^2$  ( $\text{m}^2$ ) des feuilles adultes intermédiaires et globales (adultes + intermédiaires) de *P. oceanica* des herbiers des stations de La Marsa (-2 m et -8 m) et de Tamentfoust (-2 m et -8 m). Page 93.

Fig. 36. Evolution saisonnière de la biomasse moyenne de toutes les feuilles de *P. oceanica* (en gramme de poids sec par faisceau) dans les herbiers de La Marsa et de Tamentfoust. Page 106.

Fig. 37. Evolution saisonnière de la biomasse moyennes des épiphytes de toutes feuilles de *P. oceanica* (en gramme de poids sec par faisceau) dans les herbiers de La Marsa et de Tamentfoust. Page 109.

Fig. 38. Relations biométriques établies entre la surface racinaire (ordonnées en millimètres carrés) et le poids d'un fragment de racine (abscisse en milligrammes de poids humide) pour les racines *P. oceanica* aux stations de La Marsa et de Tamentfoust. Page 118.

Fig. 39. Evolution saisonnière des densités moyennes de *Paracentrotus lividus* dans les stations de La Marsa et Tamentfoust (-2 m) et de La Marsa et Tamentfoust (-8 m) durant la période d'étude. Page 123.

Fig. 40. Histogrammes de fréquence de taille (diamètre du test sans les piquants) de *Paracentrotus lividus* dans l'herbier à *Posidonia oceanica* de la station superficielle de La Marsa (-2 m). Page 125.

Fig. 41. Histogrammes de fréquence de taille (diamètre du test sans les piquants) de *Paracentrotus lividus* dans l'herbier à *Posidonia oceanica* de la station superficielle de Tamentfoust (-2 m). Page 126.

Fig. 42. Relations biométriques chez *Paracentrotus lividus* d'Aïn-Chorb (A) et du port d'Alger (B) entre la poids sec total (en grammes) et le diamètre du test sans les radioles (en millimètres). Les limites de confiance et de précision (à 95 %) sont également représentées. Page 130.

Fig. 43. Variations saisonnières de l'indice de réplétion moyen (IRm) et de l'indice gonadique moyen (IGm) exprimés en milligrammes de poids sec par centimètres cube de la population de *Paracentrotus lividus* d'Aïn-Chorb durant la période octobre 1985 à Août 1986. Page 132.

Fig. 44. Variations saisonnières de l'indice de réplétion moyen (IRm) par classe de taille exprimé en milligrammes de poids sec par centimètres au cube de la population de *Paracentrotus lividus* d'Aïn-Chorb durant la période octobre 1985 à Août 1986. La classe 11-20 ( ), la classe 21-30 ( ), la classe 31-40 ( ), la classe 41-50 ( ) et la classe 51-60 ( ). Page 133.

Fig. 45. Variations saisonnières de l'indice gonadique moyen (IGm) par classe de taille exprimé en milligrammes de poids sec par centimètres au cube de la population de *Paracentrotus lividus* d'Aïn-Chorb durant la période octobre 1985 à Août 1986. La classe 11-20 ( ), la classe 21-30 ( ), la classe 31-40 ( ), la classe 41-50 ( ) et la classe 51-60 ( ). Page 133.

Fig. 46. Variations saisonnières de l'indice de réplétion moyen (IRm) et de l'indice gonadique moyen (IGm) exprimé en milligrammes de poids sec par centimètres cube de la population de *Paracentrotus lividus* d'Aïn-Chorb durant la période Février 1987 à Mai 1988. Page 136.

Fig. 47. Variations saisonnières de l'indice de réplétion moyen (IRm) et de l'indice gonadique moyen (IGm) exprimé en milligrammes de poids sec par centimètres cube de la population de *Paracentrotus lividus* d'Aïn-Chorb durant la période Février 1987 à Avril 1987. Page 137.

Fig. 48. Variations saisonnières de l'indice de réplétion moyen (IRm) et de l'indice gonadique moyen (IGm) par classe de taille exprimé en milligrammes de poids sec par centimètres cube de la population de

*Paracentrotus lividus* d'Aïn-Chorb durant la période Février 1987 à Avril 1987. La classe 11-20 ( ), la classe 21-30 ( ), la classe 31-40 ( ), la classe 41-50 ( ) et la classe 51-60 ( ). Page 139.

Fig. 49. Histogrammes des classes de taille établis sur l'ensemble de la population de *Sphaerechinus granularis* échantillonnée à -5 m et -10 m au port d'Alger. Page 144.

Fig. 50. Variation saisonnière du diamètre moyen du test sans les piquants de *Sphaerechinus granularis* dans les stations de La Marsa (-2 m) et de Tamentfoust (-2 m et -8 m). Page 145.

Fig. 51. Histogrammes de fréquence de taille (diamètre du test sans les piquants) de *Sphaerechinus granularis* de l'herbier superficiel de Tamentfoust (-2 m). Page 146.

Figures 52. Variations saisonnières des densités de *Sphaerechinus granularis* dans les stations de La Marsa et de Tamentfoust (-2 m) et de La Marsa et de Tamentfoust (-8 m) durant la période de l'étude. Page 147.

Fig. 53. Histogrammes des classes de taille établis sur l'ensemble de la population de *Sphaerechinus granularis* échantillonnée à -5 m et -10 m au port d'Alger. Page 151.

Fig. 54. Histogramme des classes de taille établis sur l'ensemble de la population de *Sphaerechinus granularis* échantillonnée entre -3 m et -4 m à Tamentfoust. Page 152.

Fig. 55. Relations biométriques chez *Sphaerechinus granularis* du port d'Alger (A) et de Tamentfoust (B) entre la poids total (en grammes) et le diamètre du test sans les piquants (en millimètres). Les limites de confiance et de précision (à 95%) sont également représentées. Page 153.

Fig. 56. Variations saisonnières des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm), des mâles (M) et des femelles (F) de *Sphaerechinus granularis* du port d'Alger à -5m. Page 155.

Fig. 57. Variations saisonnières des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm), des mâles (M) et des femelles (F) de *Sphaerechinus granularis* du port d'Alger à -10m. Page 155.

Fig. 58. Variations saisonnières des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm), des mâles (M) et des femelles (F) de *Sphaerechinus granularis* de l'herbier de Tamentfoust. Page 156.

Fig. 59. Variations de l'indice de réplétion et de l'indice gonadique moyens pour l'ensemble du prélèvement de *Sphaerechinus granularis* (tous sexes confondus) des stations du port d'Alger et de Tamentfoust. Page 158.

Fig. 60. Variations de l'indice de réplétion et de l'indice gonadique moyens par classe de taille de *Sphaerechinus granularis* (tous sexes confondus) de la station du port d'Alger. Page 160.

Fig. 61. Variations de l'indice de réplétion et de l'indice gonadique moyens par classe de taille de *Sphaerechinus granularis* (tous sexes confondus) de la station de Tamentfoust. Page 161.

Fig. 62. Histogrammes des classes de tailles établis pour les mâles (M) et femelles (F) de *Sphaerechinus granularis* au port d'Alger à (-5 m) et à (-10 m), et à Tamentfoust (-4 m). Page 164.

Fig. 63. Variations du sex-ratio en fonction de la taille de *Sphaerechinus granularis* sur substrat rocheux (R) au port d'Alger et dans l'herbier à *P. oceanica* (H) à Tamentfoust. Page 165.

Fig. 64. Variations mensuelles du pourcentage (%) des femelles de *Sphaerechinus granularis* sur le substrat rocheux (R) au port d'Alger et dans l'herbier à *P. oceanica* (H) à Tamentfoust. Page 167.

Fig. 65. Variations saisonnières de la densité ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ) et de la biomasse moyennes ( $\text{g}/\text{m}^2$  de poids humide) de *Holothuria polii* dans les stations de La Marsa et de Tamentfoust (-2 m). Page 173.

Fig. 66. Relations biométriques chez *Holothuria polii* de de La Marsa (A) et de Tamentfoust (B) entre la longueur contractée (en centimètres) et le poids humide (en grammes). Les limites de confiance et de précision (à 95%) sont également représentée. Page 176.

Fig. 67. Relations biométriques chez *Holothuria polii* toutes stations confondues (La Marsa et Tamentfoust) entre la longueur contractée (en centimètres) et le poids humide (en grammes). Les limites de confiance et de précision (à 95%) sont également représentées. Page 177.

**LISTE DES TABLEAUX**

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Calculs, à partir des valeurs de  $\sigma$ , des cinq indices utilisés dans ce travail pour l'analyse sédimentologique. Page 20.

Tableau 2. Stations et calendriers des prélèvements effectués au cours de notre étude sur *P. oceanica*. Page 21.

Tableau 3 : Variation saisonnière de la largeur des feuilles adultes de *P. oceanica* à La Marsa (-8 m) et comparaison avec Port-Cros (données in Pergent, 1987).  $\bar{x}$  = moyenne,  $s$  = écart-type,  $v$  = variance et  $n$  = nombre de feuilles adultes. Page 47.

Tableau 4. Données bibliographiques sur la largeur moyenne des feuilles (feuilles adultes et intermédiaires réunies) de *Posidonia oceanica*. Page 49.

Tableau 5. Comparaison des 10 paires de chromosomes de *P. oceanica* dans les 3 stations étudiées : L = longueurs extrêmes; Centro/Sat = centromères et satellites; ( ) = cas rares ou fluctuants; \* = caractères distinctifs des populations. Le trait horizontal sépare le groupe des grands chromosomes des plus petits. Page 52.

Tableau 6. Comparaison des valeurs extrêmes des dimensions des cellules épidermiques en coupes transversales de *P. oceanica* dans les deux stations étudiées. Page 56.

Tableau 7. Valeurs des indices sédimentaires et valeurs en % des différentes fractions obtenues sur le sédiment de l'intermatte de *P. oceanica* dans les stations étudiées. Page 59.

Tableau 8. Données obtenues sur le sédiment de la matte de *P. oceanica* dans les stations étudiées. Page 60.

Tableau 9. Densité moyenne par m<sup>2</sup> des faisceaux de *P. oceanica* dans les différentes stations étudiées ( $n = 10$ ). Page 66.

Tableau 10. Nombre moyen de feuilles (adultes et intermédiaires) par faisceau dans les différentes stations étudiées. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = moyennes minima. moy. La moyenne annuelle est calculée d'après les valeurs d'octobre 1988 à juillet 1989. Page 67.

Tableau 11. Nombre moyen de feuilles adultes (f.A) et de feuilles intermédiaires (f.I) par faisceau dans les différentes stations étudiées. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs minimales. Page 67.

Tableau 12. Nombre moyen de feuilles juvéniles par faisceau dans les différentes stations étudiées. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = les valeurs minimales. Page 67.

Tableau 13. Quelques données sur le nombre moyen de feuilles (adultes et intermédiaires) par faisceau de *Posidonia oceanica* dans la littérature. (\*) = nombre moyen de feuilles (adultes+intermédiaires+juvéniles); \*\* = valeur moyenne annuelle. Pages 70 et 71.

Tableau 14. Largeur moyenne des feuilles adultes dans les différentes stations en fonction du mois de récolte des rhizomes :  $\bar{x}$ =moyenne (mm), (s.e)=erreur standard. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes minimales. Page 72.

Tableau 15. Largeur moyenne (en mm) des feuilles intermédiaires dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes maximales. Page 72.

Tableau 16. Largeur moyenne (en mm) des feuilles (adultes et intermédiaires) dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes minimales. Page 75.

Tableau 17. Largeur moyenne (en mm) des feuilles juvéniles dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. Page 75.

Tableau 18. Longueur moyenne des pétioles dans les différentes stations pour les périodes de prélèvement.  $x$  = moyenne, (s.e) = erreur standard. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) les valeurs minimales. Page 75.

Tableau 19. Longueur maximum (en mm) des pétioles dans les différentes stations pour les périodes de prélèvement. Le chiffre en caractère gras représente le maximum. ( ) = valeurs moyennes minimales. Page 76.

Tableau 20. Longueur moyenne (en mm) des pétioles (Lp) et des feuilles adultes de 1<sup>er</sup> rang (Lf) dans les différentes stations étudiées. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes minimales. Page 77.

Tableau 21. Données sur la longueur des pétioles (bases) de *Posidonia oceanica* relevées dans la littérature. Page 77.

Tableau 22. Longueur moyenne des feuilles (adultes et intermédiaires) dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes :  $x$  = moyenne, (s.e) = erreur standard. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes minimales. Page 78.

Tableau 23. Longueur moyenne des feuilles adultes dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes :  $x$  = moyenne, (s.e) = erreur standard. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes minimales. Page 78.

Tableau 24. Longueur moyenne des feuilles intermédiaires dans les différentes stations en fonction du mois de récolte des rhizomes :  $x$  = moyenne (mm), (s.e) = erreur standard. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes minimales. Page 79.

Tableau 25. Etude des polygones de fréquence des feuilles adultes obtenus à La Marsa pour les périodes de prélèvements. Aux deux extrémités des courbes, ont été calculés, pour un même nombre (nb.) de feuilles, la moyenne ( $x$ ) de la longueur des pétioles des feuilles adultes et un coefficient "A" (Coef. "A"). Page 83.

Tableau 26. Etude des polygones de fréquence des feuilles adultes obtenus à Tamentfoust pour les périodes de prélèvements. Aux deux extrémités des courbes, ont été calculés, pour un même nombre (nb.) de feuilles, la moyenne ( $x$ ) de la longueur des pétioles des feuilles adultes et un coefficient "A" (Coef. "A"). Page 83.

Tableau 27. Tableau synthétique du cycle phénologique de *Posidonia oceanica*. Page 88.

Tableau 28. Données de la littérature sur la longueur moyenne des feuilles. M = maximum, m = minimum. Page 89.

Tableau 29. Coefficient "A" moyen des feuilles adultes (en pourcentage), dans les différentes stations, en fonction du mois des récoltes des rhizomes. ( ) = valeurs moyennes minimales. Page 90.

Tableau 30. Coefficient "A" moyen des feuilles intermédiaires (en pourcentage), dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes minimales. Page 90.

Tableau 31. Coefficient "A" moyen global (feuilles adultes et intermédiaires) (en pourcent), dans les différentes stations en fonction de la du mois des récoltes des rhizomes. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima, (x) = moyenne d'octobre 1988 à juillet 1989. Page 90.

Tableau 32. Quelques données sur le coefficient "A" (feuilles adultes+feuilles intermédiaires) de *Posidonia oceanica* trouvées dans la littérature. Page 91.

Tableau 33. Indice foliaire moyen global (feuilles adultes + feuilles intermédiaires) par faisceau (en cm<sup>2</sup>) et par m<sup>2</sup> d'herbier (en m<sup>2</sup>) dans les différentes stations en fonction du mois de récolte des rhizomes. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes maximales. Page 94.

Tableau 34. Valeurs de l'indice foliaire global (LAI) de *Posidonia oceanica* relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs comparables. M = maximum, m = minimum. Pages 94 et 95.

Tableau 35. Valeurs moyennes des paramètres mesurés sur les rhizomes orthotropes de *P. oceanica*. Page 96.

Tableau 36. Exemple de tableau regroupant les valeurs moyennes d'épaisseur des cycles des écailles des dix rhizomes (Rh) orthotropes de la station de Tamentfoust (-2 m). Page 97.

Tableau 37. Données de la littérature sur l'épaisseur moyenne des écailles. Page 98.

Tableau 38. Nombre moyen d'écailles formées par cycle dans les rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* d'après la littérature. (\*) La valeur a été obtenue par une méthode de marquage des feuilles. Page 100.

Tableau 39. Pourcentage de rhizomes dont l'inversion du cycle est réalisé dans le prélèvement d'Avril 1989 dans les stations d'Alger et de Port-Cros, Banyuls (France) et à Urla (Turquie) en avril 1986 (in Pergent, 1987). Page 101.

Tableau 40. Vitesse moyenne de croissance des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* d'après les données de la littérature. Page 102.

Tableau 41. Production moyenne de rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* dans différentes station étudiées du bassin méditerranéen.  
(mg PS/Rh.an) = biomasse en poids sec du rhizome en milligrammes par rhizome et par an, (g PS/m<sup>2</sup>.an) = biomasse en poids sec du rhizome en milligrammes par mètre carré et par an, m = profondeur en mètre. Page 103.

Tableau 42 : Résultats de la recherche de floraisons anciennes à la station La Marsa (- 8 m) au cours des cinq dernières années.  
(\*) Plants destinés au Prof. A. Meinesz pour le Posidonium du Parc National de Port-Cros (Var, France). Page 104.

Tableau 43. Biomasse moyenne des feuilles par faisceau (en g de PS) et par m<sup>2</sup> d'herbier (en g/m<sup>2</sup>) dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes. La valeur en caractère gras représente le maximum et en ( ) le minimum. Page 107.

Tableau 44. Quelques données sur la biomasse moyenne de toutes les feuilles de *P. oceanica* relevées dans la littérature. \* = Feuilles décalcifiées. Pages 107 et 108.

Tableau 45. Biomasse moyenne des épiphytes par faisceau (en g de PS) et par m<sup>2</sup> d'herbier (en g PS/m<sup>2</sup>) dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes La valeur en caractère gras représente le maximum et en ( ) le minimum. Page 110.

Tableau 46. Biomasse totale moyenne (bT) (feuilles et épiphytes) par faisceau (en g de PS) et pourcentage de la biomasse moyenne des épiphytes (%bE) par rapport à la biomasse totale moyenne dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des faisceaux. La valeur en caractère gras représente le maximum et en ( ) = valeurs moyennes minimales. Page 110.

Tableau 47. Données de la littérature sur la biomasse moyenne des épiphytes. Page 111.

Tableau 48. Pourcentage de la biomasse des épiphytes par rapport à la biomasse totale (feuilles et épiphytes) relevé dans la littérature. Page 112.

Tableau 49. Biomasses et nécromasses (en g de poids sec/carotte) des différents compartiments de la matre de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans les stations étudiées (données brutes).

Rh = rhizomes, R = racines, Nb = nombre, F = faisceaux. La biomasse des rhizomes = (biomasses rhizomes épigés+endogés). Pages 113 et 114.

Tableau 50. Biomasses et nécromasses (en g de poids sec) des différents compartiments de la matre de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans les stations étudiées.

RHV = rhizomes vivants (épigés+endogés); RV = racines vivantes; M = ensemble du matériel mort (racines et rhizomes); T = totalité du matériel, rhizomes et racines, mort et vivant. F = faisceau de feuilles de *Posidonia oceanica*. Page 114.

Tableau 51. Biomasses et nécromasses (en g de poids sec) des différents compartiments de la matre de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans les stations étudiées.

RHV = rhizomes vivants (endogés uniquement); RV = racines vivantes; M = ensemble du matériel mort (racines et rhizomes); T = totalité du matériel, rhizomes et racines, mort et vivant. F = faisceau de feuilles de *Posidonia oceanica*. Page 115.

Tableau 52. Comparaison d'après FRANCOUR (1990) complétée par nos données. Page 115.

Tableau 53. Biomasse épigée et endogée ainsi que le rapport biomasse épigée/biomasse endogée dans l'herbier des stations étudiées. La biomasse des rhizomes ne concerne que les rhizomes endogés.

Epi/Endo = biomasse épigée/biomasse endogée. Page 116.

Tableau 54. Equations de régression établies pour chaque station entre la surface racinaire (ordonnées en mm<sup>2</sup>) et le poids d'un fragment de racine (abscisse en mg PH).

a = ordonnée à l'origine, b = pente, erreur standard entre parenthèse, r = coefficient de corrélation, n = nombre de mesures. Page 117.

Tableau 55. Indice racinaire (RAI) de *Posidonia oceanica*, exprimé en surface de racine (m<sup>2</sup>) par unité de surface d'herbier (m<sup>2</sup>) ou par (Faisceau), pour les différentes stations. L'indice foliaire (LAI) est également indiqué pour chaque station. Page 119.

Tableau 56. Indice racinaire (RAI) de *Posidonia oceanica*, exprimé en surface de racine (m<sup>2</sup>) par unité de surface d'herbier (m<sup>2</sup>) ou par (Faisceau), à différentes profondeurs à Port-Cros. L'indice foliaire (LAI) est également indiqué pour chaque station. - : donnée manquante (d'après FRANCOUR (1990)). Page 119.

Tableau 57. Dénombrement, densités moyennes, fréquences et diamètres moyens de l'oursin *Paracentrotus lividus* dans les stations de La Marsa (-2 m et -8 m) et de Tamentfoust (-2 m et -8 m) durant la période d'étude. Page 124.

Tableau 58. Données de la littérature sur les densités de *Paracentrotus lividus* aux profondeurs comprises entre 3 et 12 m, complétées par nos données. Densité valeurs moyennes extrêmes ou valeurs moyennes. Roche P = secteur pollué à très pollué. Page 128.

Tableau 59. Synthèse des valeurs de diamètre moyen, de densité et de biomasse pour *Paracentrotus lividus* pour les stations superficielles des différentes localités. (mm) = diamètre du test sans les piquants en millimètres; (g PH) = poids humide total en grammes; (g PS) = poids sec total en grammes; (ind./m<sup>2</sup>) = nombre d'individus par mètre carré. Page 128.

Tableau 60. Equations de biométrie pour *Paracentrotus lividus* établies par méthodes de moindres carrés Prof. = profondeur (m); n = effectifs; r = coefficient de corrélation; D = diamètre du test sans les piquants (en mm), PS = poids sec (en g.); a = Log a (Logarithme népérien); l'erreur standart pour chaque coefficient est donnée entre parenthèses. Page 129.

Tableau 61. Les relations biométriques de *P. lividus* relevées dans la littérature. PH = poids humide (en g), PS = poids sec (en g), D = diamètre du test sans les radioles (en mm) r = coefficient de corrélation, n = nombre d'individus, Prof. = profondeur (en m), R = Roche, H = herbier; AP = Algues photophiles, \* = poids sec du test sans les radioles; \*\* = poids sec total. Page 131.

Tableau 62. Maxima et minima des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm) par classe de taille et pour l'ensemble des prélèvements de *P. lividus* au cours de la période d'Octobre 1985 à Août 1986. Page 134.

Tableau 63. Maxima et minima des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm) pour l'ensemble des prélèvements de *P. lividus* au cours de la période de Février 1987 à Mai 1988. Page 135.

Tableau 64. Maxima et minima des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm) par classe de taille de *P. lividus* au cours de la période de Août 1987 à Mai 1988 (d'après SADOUD, 1988). Page 136.

Tableau 65. Maxima et minima des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm) par classe de taille et pour l'ensemble des prélèvements de *P. lividus* au cours de la période de Février, Mars et Avril 1987. Les chiffres entre parenthèses correspondent aux dates des prélèvements. Page 139.

Tableau 66. Indice de réplétion moyen (en gras) (en mg/cm<sup>3</sup>) et indice gonadique moyen ( ) (en mg/cm<sup>3</sup>) par classe de taille et pour l'ensemble des prélèvements de *P. lividus* au cours de la période d'Avril, Mai et Juin 1988 dans la station du Port d'Alger. - ou (-) données manquantes. Page 141.

Tableau 67. Indice de réplétion moyen (en gras) (en mg/cm<sup>3</sup>) et indice gonadique moyen ( ) (en mg/cm<sup>3</sup>) par classe de taille et pour l'ensemble des prélèvements de *P. lividus* au cours de la période Mars, Avril et Mai 1988 dans la station d'Aïn-Chorb. - ou (-) données manquantes. Page 141.

Tableau 68. Maxima et minima des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm) par classe de taille et pour l'ensemble des prélèvements de *P. lividus* au cours de la période d' Avril, Mai et Juin 1988 dans le Port d'Alger. Les chiffres entre parenthèses correspondent aux dates des prélèvements. Page 142.

Tableau 69. Maxima et minima des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm) par classe de taille et pour l'ensemble du prélèvement de *P. lividus* au cours de la période de Mars, Avril et Mai 1987 à Aïn-Chorb. Les chiffres entre parenthèses correspondent aux dates des prélèvements. Page 142.

Tableau 70. Dénombrement, densités moyennes, fréquences et diamètres moyens de *Sphaerechinus granularis* dans les stations de La Marsa (-2 m et -8 m) et de Tamentfoust (-2 m et -8 m) durant la période d'étude. Page 144.

Tableau 71. Données de la littérature sur les densités de *Sphaerechinus granularis* pour les profondeurs comprises entre 3 et 12 m, complétées par nos données. Densité valeurs moyennes extrêmes ou valeurs moyennes. Roche P = zone très polluée à polluée. Page 148.

Tableau 72. Synthèse des valeurs de diamètre moyen, de densité et de biomasse pour *Sphaerechinus granularis* pour les stations superficielles des différentes localités. (mm) = diamètre du test sans les piquants en millimètres; (g PH) = poids humide total en grammes; (g PS) = poids sec total en grammes; (ind./m<sup>2</sup>) = nombre d'individus par mètre carré. Page 149.

Tableau 73. Equations de biométrie pour *Sphaerechinus granularis*. Prof. = profondeur (m); n = effectifs; r = coefficient de corrélation; D = diamètre du test sans les piquants (en mm), PS = poids sec (en g.); a = Log a (Logarithme népérien); l'erreur standart pour chaque coefficient est donnée entre parenthèses. Page 154.

Tableau 74. Données de la littérature concernant les relations biométriques de *Sphaerechinus granularis* PH = poids humide (en g), PS = poids sec (en g), D = diamètre du test sans les radioles (en mm) r = coefficient de corrélation, n = nombre d'individus, Prof. = profondeur (en m), R = Roche, H = herbier. \* = poids sec du test sans les radioles; \*\* = poids sec total. Page 154.

Tableau 75. Maxima et minima des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm) par classe de taille et pour l'ensemble des prélèvements chez *S. granularis* sur substrat rocheux et dans l'herbier à *P. oceanica* durant la période de Mars à Juin 1988. Page 162.

Tableau 76. Fréquence en nombre et pourcentage des femelles et des mâles en fonction de la taille chez *S. granularis*.

% + Ic = pourcentage et intervalle de confiance. Page 166.

Tableau 77. Variations mensuelles du sex-ratio chez *S. granularis* du 22 Mars au 04 Juin 1988.

% + Ic = pourcentage et intervalle de confiance. Page 167.

Tableau 78. Dénombrement, densités moyennes et fréquences d'*Holothuria polii* dans les stations de La Marsa (-2 m et -8 m) et de Tamentfoust (-2 m et -8 m) durant la période d'étude. Page 171.

Tableau 79. Valeurs moyennes saisonnières de la densité (individus/m<sup>2</sup>) (individus dont le poids a été mesuré), de la biomasse (g. de PH/m<sup>2</sup>) et de la taille (longueur contractée en cm des holothuries). La valeur entre parenthèses représente l'écart-type. Page 172.

Tableau 80. Densité et biomasse moyennes relevées dans la littérature d'*Holothuria polii* (d'après les données de FRANCOUR (1989) complétées)

R = roche, H = herbier à *Posidonia oceanica*, S = sable, S+H = sable et herbier, H+R = herbier et roche, S+A = sable et algues, (g PH/m<sup>2</sup>) = biomasse en gramme par mètre carré, (ind./m<sup>2</sup>) = individus par mètre carré, m = mètres. Page 174.

Tableau 81. Relations biométriques chez *Holothuria polii* et *Holothuria tubulosa* entre la longueur contractée (cm) et le poids humide (PH en grammes)

a,b = ordonnée à l'origine et pente de la droite (erreurs standart entre parenthèses); r = coefficient de corrélation; n = nombre d'individus; l'intervalle de taille est indiqué, logarithmes décimaux. Page 174.

Tableau 82. Données de la littérature pour *Holothuria polii* Page 175.

Tableau 83. Synthèse des données de biomasses (en g PS/m<sup>2</sup>) estimées pour le compartiment végétal et le compartiment animal des stations superficielles (-2 m) de La Marsa et de Tamentfoust. Total 1 = biomasse épigée; Total 2 = biomasse de la matre. \* = poids sec établi à partir du rapport PS/PH = 19.9 de Francour (1990). Page 178.

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Calculs, à partir des valeurs de  $\sigma$ , des cinq indices utilisés dans ce travail pour l'analyse sédimentologique. Page 20.

Tableau 2. Stations et calendriers des prélèvements effectués au cours de notre étude sur *P. oceanica*. Page 21.

Tableau 3 : Variation saisonnière de la largeur des feuilles adultes de *P. oceanica* à La Marsa (-8 m) et comparaison avec Port-Cros (données in Pergent, 1987).  $\bar{x}$  = moyenne,  $s$  = écart-type,  $v$  = variance et  $n$  = nombre de feuilles adultes. Page 47.

Tableau 4. Données bibliographiques sur la largeur moyenne des feuilles (feuilles adultes et intermédiaires réunies) de *Posidonia oceanica*. Page 49.

Tableau 5. Comparaison des 10 paires de chromosomes de *P. oceanica* dans les 3 stations étudiées : L = longueurs extrêmes; Centro/Sat = centromères et satellites; ( ) = cas rares ou fluctuants; \* = caractères distinctifs des populations. Le trait horizontal sépare le groupe des grands chromosomes des plus petits. Page 52.

Tableau 6. Comparaison des valeurs extrêmes des dimensions des cellules épidermiques en coupes transversales de *P. oceanica* dans les deux stations étudiées. Page 56.

Tableau 7. Valeurs des indices sédimentaires et valeurs en % des différentes fractions obtenues sur le sédiment de l'intermatte de *P. oceanica* dans les stations étudiées. Page 59.

Tableau 8. Données obtenues sur le sédiment de la matte de *P. oceanica* dans les stations étudiées. Page 60.

Tableau 9. Densité moyenne par m<sup>2</sup> des faisceaux de *P. oceanica* dans les différentes stations étudiées ( $n = 10$ ). Page 66.

Tableau 10. Nombre moyen de feuilles (adultes et intermédiaires) par faisceau dans les différentes stations étudiées. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = moyennes minima. moy. La moyenne annuelle est calculée d'après les valeurs d'octobre 1988 à juillet 1989. Page 67.

Tableau 11. Nombre moyen de feuilles adultes (f.A) et de feuilles intermédiaires (f.I) par faisceau dans les différentes stations étudiées. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs minimales. Page 67.

Tableau 12. Nombre moyen de feuilles juvéniles par faisceau dans les différentes stations étudiées. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = les valeurs minimales. Page 67.

Tableau 13. Quelques données sur le nombre moyen de feuilles (adultes et intermédiaires) par faisceau de *Posidonia oceanica* dans la littérature. (\*) = nombre moyen de feuilles (adultes+intermédiaires+juvéniles); \*\* = valeur moyenne annuelle. Pages 70 et 71.

Tableau 14. Largeur moyenne des feuilles adultes dans les différentes stations en fonction du mois de récolte des rhizomes :  $\bar{x}$ =moyenne (mm), (s.e)=erreur standard. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes minimales. Page 72.

Tableau 15. Largeur moyenne (en mm) des feuilles intermédiaires dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes maximales. Page 72.

Tableau 16. Largeur moyenne (en mm) des feuilles (adultes et intermédiaires) dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes minimales. Page 75.

Tableau 17. Largeur moyenne (en mm) des feuilles juvéniles dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. Page 75.

Tableau 18. Longueur moyenne des pétioles dans les différentes stations pour les périodes de prélèvement.  $\bar{x}$  = moyenne, (s.e) = erreur standard. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) les valeurs minimales. Page 75.

Tableau 19. Longueur maximum (en mm) des pétioles dans les différentes stations pour les périodes de prélèvement. Le chiffre en caractère gras représente le maximum. ( ) = valeurs moyennes minimales. Page 76.

Tableau 20. Longueur moyenne (en mm) des pétioles ( $L_p$ ) et des feuilles adultes de 1<sup>er</sup> rang ( $L_f$ ) dans les différentes stations étudiées. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes minimales. Page 77.

Tableau 21. Données sur la longueur des pétioles (bases) de *Posidonia oceanica* relevées dans la littérature. Page 77.

Tableau 22. Longueur moyenne des feuilles (adultes et intermédiaires) dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes :  $\bar{x}$  = moyenne, (s.e) = erreur standard. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes minimales. Page 78.

Tableau 23. Longueur moyenne des feuilles adultes dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes :  $\bar{x}$  = moyenne, (s.e) = erreur standard. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes minimales. Page 78.

Tableau 24. Longueur moyenne des feuilles intermédiaires dans les différentes stations en fonction du mois de récolte des rhizomes :  $\bar{x}$  = moyenne (mm), (s.e) = erreur standard. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes minimales. Page 79.

Tableau 25. Etude des polygones de fréquence des feuilles adultes obtenus à La Marsa pour les périodes de prélèvements. Aux deux extrémités des courbes, ont été calculés, pour un même nombre (nb.) de feuilles, la moyenne ( $\bar{x}$ ) de la longueur des pétioles des feuilles adultes et un coefficient "A" (Coef. "A"). Page 83.

Tableau 26. Etude des polygones de fréquence des feuilles adultes obtenus à Tamentfoust pour les périodes de prélèvements. Aux deux extrémités des courbes, ont été calculés, pour un même nombre (nb.) de feuilles, la moyenne ( $\bar{x}$ ) de la longueur des pétioles des feuilles adultes et un coefficient "A" (Coef. "A"). Page 83.

Tableau 27. Tableau synthétique du cycle phénologique de *Posidonia oceanica*. Page 88.

Tableau 28. Données de la littérature sur la longueur moyenne des feuilles. M = maximum, m = minimum. Page 89.

Tableau 29. Coefficient "A" moyen des feuilles adultes (en pourcentage), dans les différentes stations, en fonction du mois des récoltes des rhizomes. ( ) = valeurs moyennes minimales. Page 90.

Tableau 30. Coefficient "A" moyen des feuilles intermédiaires (en pourcentage), dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes minimales. Page 90.

Tableau 31. Coefficient "A" moyen global (feuilles adultes et intermédiaires) (en pourcent), dans les différentes stations en fonction de la du mois des récoltes des rhizomes. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima, (x) = moyenne d'octobre 1988 à juillet 1989. Page 90.

Tableau 32. Quelques données sur le coefficient "A" (feuilles adultes+feuilles intermédiaires) de *Posidonia oceanica* trouvées dans la littérature. Page 91.

Tableau 33. Indice foliaire moyen global (feuilles adultes + feuilles intermédiaires) par faisceau (en cm<sup>2</sup>) et par m<sup>2</sup> d'herbier (en m<sup>2</sup>) dans les différentes stations en fonction du mois de récolte des rhizomes. Les chiffres en caractères gras représentent les maxima. ( ) = valeurs moyennes maximales. Page 94.

Tableau 34. Valeurs de l'indice foliaire global (LAI) de *Posidonia oceanica* relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs comparables. M = maximum, m = minimum. Pages 94 et 95.

Tableau 35. Valeurs moyennes des paramètres mesurés sur les rhizomes orthotropes de *P. oceanica*. Page 96.

Tableau 36. Exemple de tableau regroupant les valeurs moyennes d'épaisseur des cycles des écailles des dix rhizomes (Rh) orthotropes de la station de Tamentfoust (-2 m). Page 97.

Tableau 37. Données de la littérature sur l'épaisseur moyenne des écailles. Page 98.

Tableau 38. Nombre moyen d'écailles formées par cycle dans les rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* d'après la littérature. (\*) La valeur a été obtenue par une méthode de marquage des feuilles. Page 100.

Tableau 39. Pourcentage de rhizomes dont l'inversion du cycle est réalisé dans le prélèvement d'Avril 1989 dans les stations d'Alger et de Port-Cros, Banyuls (France) et à Urla (Turquie) en avril 1986 (in Pergent, 1987). Page 101.

Tableau 40. Vitesse moyenne de croissance des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* d'après les données de la littérature. Page 102.

Tableau 41. Production moyenne de rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* dans différentes station étudiées du bassin méditerranéen.

(mg PS/Rh.an) = biomasse en poids sec du rhizome en milligrammes par rhizome et par an, (g PS/m<sup>2</sup>.an) = biomasse en poids sec du rhizome en milligrammes par mètre carré et par an, m = profondeur en mètre. Page 103.

Tableau 42 : Résultats de la recherche de floraisons anciennes à la station La Marsa (- 8 m) au cours des cinq dernières années.

(\*) Plants destinés au Prof. A. Meinesz pour le Posidonium du Parc National de Port-Cros (Var, France). Page 104.

Tableau 43. Biomasse moyenne des feuilles par faisceau (en g de PS) et par m<sup>2</sup> d'herbier (en g/m<sup>2</sup>) dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes. La valeur en caractère gras représente le maximum et en ( ) le minimum. Page 107.

Tableau 44. Quelques données sur la biomasse moyenne de toutes les feuilles de *P. oceanica* relevées dans la littérature. \* = Feuilles décalcifiées. Pages 107 et 108.

Tableau 45. Biomasse moyenne des épiphytes par faisceau (en g de PS) et par m<sup>2</sup> d'herbier (en g PS/m<sup>2</sup>) dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des rhizomes La valeur en caractère gras représente le maximum et en ( ) le minimum. Page 110.

Tableau 46. Biomasse totale moyenne (bT) (feuilles et épiphytes) par faisceau (en g de PS) et pourcentage de la biomasse moyenne des épiphytes (%bE) par rapport à la biomasse totale moyenne dans les différentes stations en fonction du mois des récoltes des faisceaux. La valeur en caractère gras représente le maximum et en ( ) = valeurs moyennes minimales. Page 110.

Tableau 47. Données de la littérature sur la biomasse moyenne des épiphytes. Page 111.

Tableau 48. Pourcentage de la biomasse des épiphytes par rapport à la biomasse totale (feuilles et épiphytes) relevé dans la littérature. Page 112.

Tableau 49. Biomasses et nécromasses (en g de poids sec/carotte) des différents compartiments de la matre de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans les stations étudiées (données brutes).

Rh = rhizomes, R = racines, Nb = nombre, F = faisceaux. La biomasse des rhizomes = (biomasses rhizomes épigés + endogés). Pages 113 et 114.

Tableau 50. Biomasses et nécromasses (en g de poids sec) des différents compartiments de la matre de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans les stations étudiées.

RHV = rhizomes vivants (épigés + endogés); RV = racines vivantes; M = ensemble du matériel mort (racines et rhizomes); T = totalité du matériel, rhizomes et racines, mort et vivant. F = faisceau de feuilles de *Posidonia oceanica*. Page 114.

Tableau 51. Biomasses et nécromasses (en g de poids sec) des différents compartiments de la matre de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans les stations étudiées.

RHV = rhizomes vivants (endogés uniquement); RV = racines vivantes; M = ensemble du matériel mort (racines et rhizomes); T = totalité du matériel, rhizomes et racines, mort et vivant. F = faisceau de feuilles de *Posidonia oceanica*. Page 115.

Tableau 52. Comparaison d'après FRANCOUR (1990) complétée par nos données. Page 115.

Tableau 53. Biomasse épigée et endogée ainsi que le rapport biomasse épigée/biomasse endogée dans l'herbier des stations étudiées. La biomasse des rhizomes ne concerne que les rhizomes endogés.

Epi/Endo = biomasse épigée/biomasse endogée. Page 116.

Tableau 54. Equations de régression établies pour chaque station entre la surface racinaire (ordonnées en mm<sup>2</sup>) et le poids d'un fragment de racine (abscisse en mg PH).

a = ordonnée à l'origine, b = pente, erreur standard entre parenthèse, r = coefficient de corrélation, n = nombre de mesures. Page 117.

Tableau 55. Indice racinaire (RAI) de *Posidonia oceanica*, exprimé en surface de racine (m<sup>2</sup>) par unité de surface d'herbier (m<sup>2</sup>) ou par (Faisceau), pour les différentes stations. L'indice foliaire (LAI) est également indiqué pour chaque station. Page 119.

Tableau 56. Indice racinaire (RAI) de *Posidonia oceanica*, exprimé en surface de racine (m<sup>2</sup>) par unité de surface d'herbier (m<sup>2</sup>) ou par (Faisceau), à différentes profondeurs à Port-Cros. L'indice foliaire (LAI) est également indiqué pour chaque station. - : donnée manquante (d'après FRANCOUR (1990)). Page 119.

Tableau 57. Dénombrement, densités moyennes, fréquences et diamètres moyens de l'oursin *Paracentrotus lividus* dans les stations de La Marsa (-2 m et -8 m) et de Tamentfoust (-2 m et -8 m) durant la période d'étude. Page 124.

Tableau 58. Données de la littérature sur les densités de *Paracentrotus lividus* aux profondeurs comprises entre 3 et 12 m, complétées par nos données. Densité valeurs moyennes extrêmes ou valeurs moyennes. Roche P = secteur pollué à très pollué. Page 128.

Tableau 59. Synthèse des valeurs de diamètre moyen, de densité et de biomasse pour *Paracentrotus lividus* pour les stations superficielles des différentes localités. (mm) = diamètre du test sans les piquants en millimètres; (g PH) = poids humide total en grammes; (g PS) = poids sec total en grammes; (ind./m<sup>2</sup>) = nombre d'individus par mètre carré. Page 128.

Tableau 60. Equations de biométrie pour *Paracentrotus lividus* établies par méthodes de moindres carrés. Prof. = profondeur (m); n = effectifs; r = coefficient de corrélation; D = diamètre du test sans les piquants (en mm), PS = poids sec (en g.); a = Log a (Logarithme népérien); l'erreur standart pour chaque coefficient est donnée entre parenthèses. Page 129.

Tableau 61. Les relations biométriques de *P. lividus* relevées dans la littérature. PH = poids humide (en g), PS = poids sec (en g), D = diamètre du test sans les radioles (en mm) r = coefficient de corrélation, n = nombre d'individus, Prof. = profondeur (en m), R = Roche, H = herbier, AP = Algues photophiles, \* = poids sec du test sans les radioles; \*\* = poids sec total. Page 131.

Tableau 62. Maxima et minima des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm) par classe de taille et pour l'ensemble des prélèvements de *P. lividus* au cours de la période d'Octobre 1985 à Août 1986. Page 134.

Tableau 63. Maxima et minima des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm) pour l'ensemble des prélèvements de *P. lividus* au cours de la période de Février 1987 à Mai 1988. Page 135.

Tableau 64. Maxima et minima des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm) par classe de taille de *P. lividus* au cours de la période de Août 1987 à Mai 1988 (d'après SADOUD, 1988). Page 136.

Tableau 65. Maxima et minima des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm) par classe de taille et pour l'ensemble des prélèvements de *P. lividus* au cours de la période de Février, Mars et Avril 1987. Les chiffres entre parenthèses correspondent aux dates des prélèvements. Page 139.

Tableau 66. Indice de réplétion moyen (en gras) (en mg/cm<sup>3</sup>) et indice gonadique moyen ( ) (en mg/cm<sup>3</sup>) par classe de taille et pour l'ensemble des prélèvements de *P. lividus* au cours de la période d'Avril, Mai et Juin 1988 dans la station du Port d'Alger. - ou (-) données manquantes. Page 141.

Tableau 67. Indice de réplétion moyen (en gras) (en mg/cm<sup>3</sup>) et indice gonadique moyen ( ) (en mg/cm<sup>3</sup>) par classe de taille et pour l'ensemble des prélèvements de *P. lividus* au cours de la période Mars, Avril et Mai 1988 dans la station d'Aïn-Chorb. - ou (-) données manquantes. Page 141.

Tableau 68. Maxima et minima des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm) par classe de taille et pour l'ensemble des prélèvements de *P. lividus* au cours de la période d'Avril, Mai et Juin 1988 dans le Port d'Alger. Les chiffres entre parenthèses correspondent aux dates des prélèvements. Page 142.

Tableau 69. Maxima et minima des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm) par classe de taille et pour l'ensemble du prélèvement de *P. lividus* au cours de la période de Mars, Avril et Mai 1987 à Aïn-Chorb. Les chiffres entre parenthèses correspondent aux dates des prélèvements. Page 142.

Tableau 70. Dénombrement, densités moyennes, fréquences et diamètres moyens de *Sphaerechinus granularis* dans les stations de La Marsa (-2 m et -8 m) et de Tamentfoust (-2 m et -8 m) durant la période d'étude. Page 144.

Tableau 71. Données de la littérature sur les densités de *Sphaerechinus granularis* pour les profondeurs comprises entre 3 et 12 m, complétées par nos données. Densité valeurs moyennes extrêmes ou valeurs moyennes. Roche P = zone très polluée à polluée. Page 148.

Tableau 72. Synthèse des valeurs de diamètre moyen, de densité et de biomasse pour *Sphaerechinus granularis* pour les stations superficielles des différentes localités. (mm) = diamètre du test sans les piquants en millimètres; (g PH) = poids humide total en grammes; (g PS) = poids sec total en grammes; (ind./m<sup>2</sup>) = nombre d'individus par mètre carré. Page 149.

Tableau 73. Equations de biométrie pour *Sphaerechinus granularis*. Prof. = profondeur (m); n = effectifs; r = coefficient de corrélation; D = diamètre du test sans les piquants (en mm), PS = poids sec (en g.); a = Log a (Logarithme népérien); l'erreur standart pour chaque coefficient est donnée entre parenthèses. Page 154.

Tableau 74. Données de la littérature concernant les relations biométriques de *Sphaerechinus granularis* PH = poids humide (en g), PS = poids sec (en g), D = diamètre du test sans les radioles (en mm) r = coefficient de corrélation, n = nombre d'individus, Prof. = profondeur (en m), R = Roche, H = herbier. \* = poids sec du test sans les radioles; \*\* = poids sec total. Page 154.

Tableau 75. Maxima et minima des indices moyens de réplétion (IRm) et gonadique (IGm) par classe de taille et pour l'ensemble des prélèvements chez *S. granularis* sur substrat rocheux et dans l'herbier à *P. oceanica* durant la période de Mars à Juin 1988. Page 162.

Tableau 76. Fréquence en nombre et pourcentage des femelles et des mâles en fonction de la taille chez *S. granularis*.  
% + Ic = pourcentage et intervalle de confiance. Page 166.

Tableau 77. Variations mensuelles du sex-ratio chez *S. granularis* du 22 Mars au 04 Juin 1988.  
% + Ic = pourcentage et intervalle de confiance. Page 167.

Tableau 78. Dénombrement, densités moyennes et fréquences d'*Holothuria polii* dans les stations de La Marsa (-2 m et -8 m) et de Tamentfoust (-2 m et -8 m) durant la période d'étude. Page 171.

Tableau 79. Valeurs moyennes saisonnières de la densité (individus/m<sup>2</sup>) (individus dont le poids a été mesuré), de la biomasse (g. de PH/m<sup>2</sup>) et de la taille (longueur contractée en cm des holothuries). La valeur entre parenthèses représente l'écart-type. Page 172.

Tableau 80. Densité et biomasse moyennes relevées dans la littérature d'*Holothuria polii* (d'après les données de FRANCOUR (1989) complétées)  
R = roche, H = herbier à *Posidonia oceanica*, S = sable, S+H = sable et herbier, H+R = herbier et roche, S+A = sable et algues, (g PH/m<sup>2</sup>) = biomasse en gramme par mètre carré, (ind./m<sup>2</sup>) = individus par mètre carré, m = mètres. Page 174.

Tableau 81. Relations biométriques chez *Holothuria polii* et *Holothuria tubulosa* entre la longueur contractée (cm) et le poids humide (PH en grammes)  
a,b = ordonnée à l'origine et pente de la droite (erreurs standart entre parenthèses); r = coefficient de corrélation; n = nombre d'individus; l'intervalle de taille est indiqué, logarithmes décimaux. Page 174.

Tableau 82. Données de la littérature pour *Holothuria polii* Page 175.

Tableau 83. Synthèse des données de biomasses (en g PS/m<sup>2</sup>) estimées pour le compartiment végétal et le compartiment animal des stations superficielles (-2 m) de La Marsa et de Tamentfoust. Total 1 = biomasse épigée; Total 2 = biomasse de la matre. \* = poids sec établi à partir du rapport PS/PH = 19.9 de Francour (1990). Page 178.

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

RESUME

En Algérie, les travaux consacrés jusqu'ici à l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile sont rares, ponctuels et très anciens. Nous présentons ici le premier travail d'ensemble concernant les herbiers à *P. oceanica* des côtes algériennes en étudiant les compartiments fonctionnels les plus importants de l'écosystème.

Le choix des stations s'est fait sur la base de critères écologiques et anthropiques. Deux types d'herbier ont été considérés. Le premier est installé sur roche, à l'extérieur de la baie d'Alger, dans une zone où les conditions locales (hydrodynamisme important, exposition aux vents) maintiennent des eaux relativement propres (La Marsa). Le second se développe sur matre (Tamentfoust), dans la baie d'Alger et correspond à un herbier dégradé, localisé dans un site semi-fermé, bien protégé, qui reçoit les rejets telluriques des oueds avoisinants et les effluents urbains. Pour l'étude biologique des oursins, les stations sont représentées par deux substrats durs : l'un recouvert d'une biocénose photophile à faciès de broutage peu marqué (Aïn-Chorb); l'autre, dans le port d'Alger, occupé par un peuplement d'algues encroûtantes soumis à une pollution marquée.

La première partie concerne la taxonomie de *Posidonia* de La Marsa. La découverte d'une population nettement individualisée par rapport à la description classique de l'espèce *P. oceanica* (largeur des feuilles et nombre de nervures des écailles nettement supérieurs, caryotype original, particularités anatomiques et histologiques) montre que le genre *Posidonia* en Méditerranée n'est pas aussi homogène qu'on a pu le penser auparavant.

L'étude biométrique et phénologique de *Posidonia oceanica* apporte des éléments nouveaux et permet de confirmer plusieurs résultats établis par différents auteurs dans d'autres secteurs de Méditerranée. La phénologie est étudiée au cours d'un cycle annuel, à deux profondeurs (2 et 8 m). L'utilisation de la lépidochronologie nous a permis de montrer que le nombre de feuilles produites par an est nettement supérieur à ce qui est connu dans d'autres régions de la Méditerranée. Des données précises sont fournies sur la longueur des feuilles, sur le "Leaf Area Index" (généralement modeste par rapport aux données de la littérature), sur la biomasse des feuilles, des épiphytes, des rhizomes et des racines. Il faut noter que pour ces deux derniers compartiments les données sont rares; la biomasse des racines et des rhizomes apparaît comme considérable, plusieurs fois supérieure à celles des feuilles. Enfin, les premières données sur l'indice racinaire (RAI) sont discutées.

Dans le compartiment Echinodermes, nous avons étudié les oursins *Paracentrotus lividus* et *Sphaerechinus granularis* ainsi que les holothuries du genre *Holothuria*. Nous décrivons les effectifs des populations, leur structure démographique, leur biomasse et l'évolution des indices physiologiques (indice gonadique et indice de réplétion) le long d'un ou de plusieurs cycles annuels. Les densités sont très importantes, surtout dans le cas de *Sphaerechinus granularis*, pour lequel de telles densités n'avaient pas été signalées en Méditerranée. Lorsque les ressources trophiques ne sont pas limitatives, il existe une corrélation négative entre l'indice de réplétion et l'indice gonadique de ces deux oursins. Pour la première fois sur les côtes Nord africaines le cycle de reproduction de ces deux espèces a pu être établi.

Enfin, une comparaison des biomasses totales des compartiments Posidonie et Echinodermes à faible profondeur est entreprise. Le rapport de 1/25 à 1/30 confirme les résultats obtenus dans le Nord de la Méditerranée occidentale..

Mots-clés :	Ecosystème à <i>Posidonia oceanica</i>	-	Taxonomie	Phénologie
Lépidochronologie	Biomasse		Echinodermes	<i>Paracentrotus lividus</i>
<i>Sphaerechinus granularis</i>	<i>Holothuria polii</i>		Structure démographique	
Indices physiologiques				