

Botanica Marina
Vol. XXIV, pp. 115-124, 1981

Microstructure de l'herbier de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile

P. Panayotidis, C. F. Boudouresque et J. Marcot-Coqueugniot

Laboratoire de biologie végétale, U. E. R. des sciences de la mer et de l'environnement, faculté des sciences de Luminy, 13288 Marseille cedex 2, France

(Reçu 10 Juin 1980)

Résumé

La répartition spatiale des faisceaux et sa variabilité au sein d'une même matre d'herbier de *Posidonia oceanica* (= microdistribution) aussi bien que la représentativité des échantillons et l'erreur commise lors de l'extrapolation au m² des valeurs de densité (nombre de faisceaux/m²) et de l'indice foliaire (leaf area index) provenant de petites surfaces d'échantillonnage ont été étudiées dans la baie de Port-Cros (Var, France) et dans le golfe de Galéria (Corse, France).

La microdistribution des faisceaux paraît contagieuse (aggrégative), en taches de 800 à 3600 cm². L'erreur relative moyenne sur l'extrapolation de la densité des faisceaux et de l'indice foliaire des herbiers étudiés diminue rapidement lorsque la surface étudiée augmente, puis se stabilise relativement à partir de 1600 cm².

L'étude des histogrammes des longueurs de feuilles dans un herbier montre que sur de très courtes distances, des décalages phénologiques peuvent exister dans certaines phases du cycle annuel de *Posidonia*, décalages superposables à la structure en taches.

Abstract

Microstructure of *Posidonia oceanica* (Linnaeus) beds

Space distribution of shoots and its variability in a *Posidonia oceanica* bed (= microdistribution) have been studied in Port-Cros bay (Var, France) and Galeria gulf (Corsica, France). Moreover samples representativity and the error made by extrapolating to m² density values (number of shoots per m²) and leaf-area-index have been calculated from small sampling areas.

Shoot microdistribution seems to be contagious with a patchiness of 800 cm² to 3600 cm².

The mean relative error in extrapolating shoot density and leaf area index decreases rapidly as the sampling area is increased. A relative stabilization seems to appear beyond 1600 cm².

Histograms of leaf lengths indicate, even in short distances, that phase shifts exist in the annual cycle of *Posidonia* leaves. The patchiness is probably superposable to these phase shifts.

Introduction

Pour évaluer l'importance quantitative d'une formation végétale, on fait souvent appel à des paramètres tels que la densité des plantes au mètre-carré ou leur indice foliaire (leaf area index).

Si les méthodes d'évaluation de ces paramètres sont aujourd'hui au point pour les formations végétales terrestres, il n'en est pas de même pour les formations d'algues et de phanérogames marines: malgré le scaphandre autonome, le temps passé au fond reste en effet très limité.

L'herbier de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile constitue l'écosystème le plus caractéristique et probablement le plus important de la Méditerranée par son rôle et par les surfaces qu'il occupe dans l'étage infralittoral.

Les Posidonies sont constituées de tiges rampantes ou dressées nommées «rhizomes», terminées par des faisceaux de feuilles; l'ensemble des rhizomes et du sédiment qu'ils retiennent constitue la matre; le faisceau, point végétatif entouré par un certain nombre de feuilles, constitue l'unité structurale la plus commode pour la description d'un herbier.

0006-8055/81/0024-0115\$02.00

© by Walter de Gruyter & Co. · Berlin · New York

La macrostructure de l'herbier de *Posidonia oceanica* a été très étudiée au cours de ces dernières années: Molinier et Picard (1952), Blanc (1958) ainsi que de nombreux auteurs plus récents qui ont décrit des intermattes, chenaux, récifs, des phénomènes d'érosion et de recolonisation, etc. . . (pour ces travaux, nous renvoyons à l'analyse bibliographique de Boudouresque *et al.* 1977).

Plus récemment, les auteurs ont cherché à évaluer quantitativement les herbiers de *Posidonia*:

– surfaces couvertes par l'herbier (Augier et Boudouresque 1967, 1970a, 1970b, 1976, Meinesz et Laurent 1976, 1978)

– densité des faisceaux (Drew 1971, Cooper 1976, Drew et Jupp 1976, Giraud 1977a, 1977b, Maggi *et al.* 1977, Eugene 1978, Bay 1979)

– indice foliaire (Drew 1971, Cooper 1976, Drew et Jupp 1976, Giraud 1977a, Giraud *et al.* 1977, Maggi *et al.* 1977, Bay 1978, 1979)

– biomasse (Parenzan 1963, Drew 1971, Edward *et al.* 1975, Cooper 1976, Drew et Jupp 1976, Bay 1978, 1979)

Ces évaluations quantitatives posent deux types de problèmes:

1– la représentativité des échantillons et l'erreur commise

2– la répartition spatiale des faisceaux et sa variabilité au sein d'un herbier (= microdistribution des faisceaux).

La recherche d'un modèle de distribution des faisceaux de feuilles de *Posidonia* au sein d'un herbier est bien sûr un problème théorique, mais elle a pour nous une importance pratique. Il ne s'agit pas de trouver la formule mathématique qui décrit le peuplement, mais d'adapter la stratégie d'échantillonnage au seuil d'erreur acceptable en fonction du problème posé:

– comparaison de deux herbiers

– variation de la densité des faisceaux entre le centre et les marges d'une matre

– influence de la pollution sur la densité de l'herbier.

D'autre part, l'étude de la distribution des faisceaux devrait nous aider à comprendre les relations éventuelles entre macrostructure et microstructure. Il en va de même en ce qui concerne les autres paramètres (indice foliaire, nombre de feuilles par m²).

Matériel et méthodes

Nous avons considéré, dans ce travail, trois paramètres caractéristiques de l'herbier de *Posidonia*:

– le nombre de faisceaux par m² de substrat,

– le nombre des feuilles par m² de substrat,

– l'indice foliaire (leaf area index) exprimé en m² · m⁻² de substrat; par convention, dans le calcul de l'indice foliaire, nous ne considérons qu'une seule face de chaque feuille bien que, chez *Posidonia oceanica*, les deux faces de la feuille soient occupées par un parenchyme chlorophyllien.

Dans un premier relevé, effectué en novembre 1977 dans le golfe de Galéria (Corse, Fr. 42° 25' N 8° 39' E) nous avons

délimité, vers 5 mètres de profondeur (sur un herbier subhorizontal d'apparence homogène, ayant des faisceaux à croissance verticale poussant sur matre) un carré de 1 mètre de côté, subdivisé en 25 quadrats de 20 cm de côté. Dans chaque quadrat, nous avons compté *in situ* les faisceaux, puis coupé les feuilles pour les dénombrer et mesurer leur longueur et leur surface au laboratoire (Fig. 1).

Un deuxième relevé a été effectué en mars 1978 dans la baie de Port-Cros (Var, Fr. 43° 00' N 6° 24' E). Nous avons délimité vers 1,2 m de profondeur (sur un herbier subhorizontal d'apparence homogène, ayant des faisceaux à croissance verticale poussant sur sable) un carré de 2 m de côté subdivisé en 144 quadrats de 10 cm × 10 cm et 64 quadrats de 20 cm × 20 cm. Dans chacun de ces quadrats, nous avons compté *in situ* le nombre des faisceaux (Tab. I).

Dans la suite de ce travail, nous avons regroupé les quadrats en placettes de taille croissante: 10 cm × 20 cm; 20 cm × 20 cm; 20 cm × 40 cm; 40 cm × 40 cm; 40 cm × 60 cm; 60 cm × 60 cm; 60 cm × 80 cm.

Pour le traitement des données, outre les paramètres et tests classiques, nous avons utilisé:

– la *symétrie* (skewness) des distributions suivant la formule

$$sk = \frac{\frac{1}{N} \sum (x - \bar{x})^3}{\left| \frac{1}{N} \sum (x - \bar{x})^2 \right|^{3/2}} \quad \text{(Texas Instruments 1977)}$$

– la *kurtosis* des distributions suivant la formule

$$kur = \frac{\frac{1}{N} \sum (x - \bar{x})^4}{\left| \frac{1}{N} \sum (x - \bar{x})^2 \right|^2} \quad \text{(Texas Instruments 1977)}$$

– le coefficient de corrélation suivant la formule

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{N}}{\sqrt{\left(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N} \right) \left(\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{N} \right)}} \quad \text{(Texas Instruments 1977)}$$

et nous avons comparé $t = \sqrt{\nu r^2 / (1 - r^2)}$ avec le $t(\nu)$ 0,05 donné par les tables de Student.

l'indice de dispersion suivant la formule

$$I = \frac{s^2}{\bar{x}}$$

– l'erreur relative suivant la formule

$$ER = \frac{| \text{valeur extrapolée} - \text{valeur réelle} |}{\text{valeur réelle}} \times 100$$

Dans toutes les formules:

x, y = des valeurs données

\bar{x} = la moyenne

s = l'écart type

s^2 = la variance

N = l'effectif

ν = le nombre de degrés de liberté.

La valeur extrapolée au m² est calculée à partir d'une valeur observée sur une petite surface. La valeur réelle, par contre, est observée sur l'ensemble de la surface étudiée.

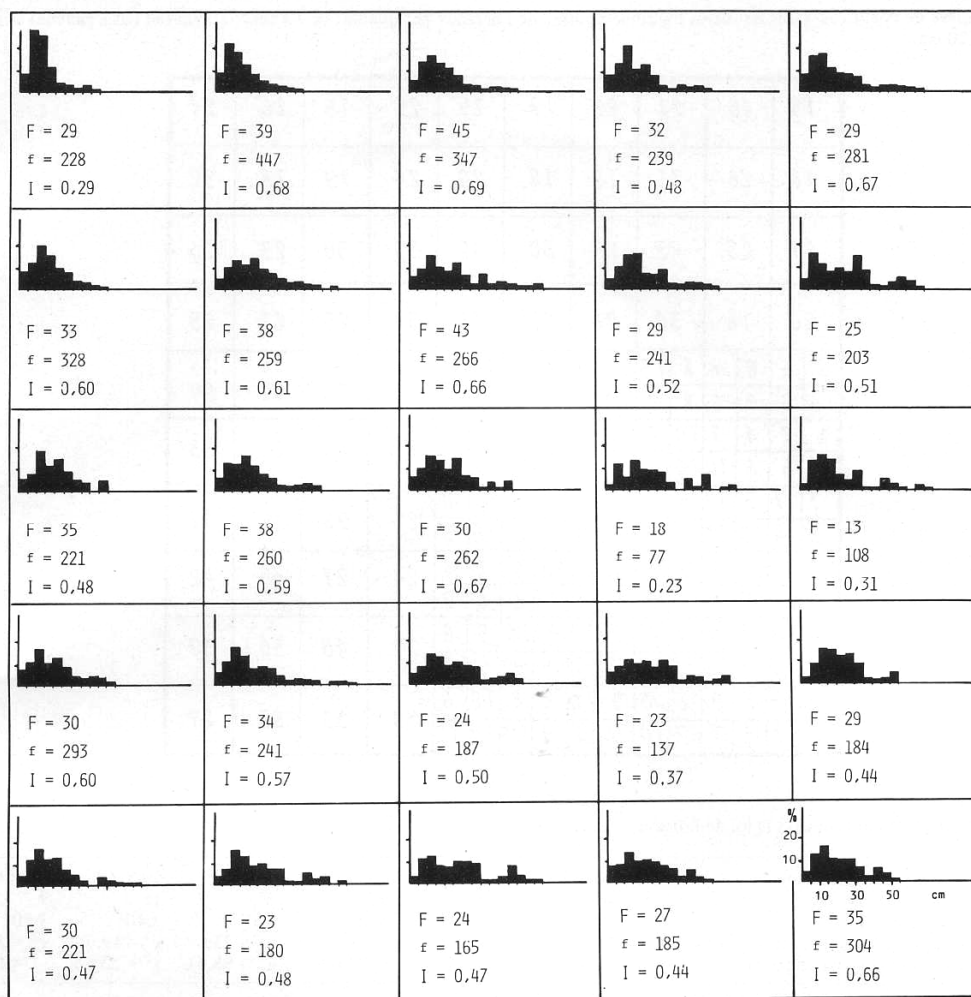


Fig. 1. Corse: Histogramme des longueurs de feuilles dans chaque quadrat de 20 cm X 20 cm.
F = Nombre de faisceaux, f = Nombre de feuilles, I = Indice foliaire en $m^2 m^{-2}$.

Resultats et discussion

Dispersion spatiale

Le but de ce travail n'étant pas de comparer des mattes et des intermattes (macrostructure de l'herbier) mais la distribution des faisceaux à l'intérieur d'une matte, chacun des deux relevés a été effectué au sein d'une matte d'herbier aussi homogène que possible (tout au moins en apparence).

Dans la réalité, comme c'était prévisible, la répartition des faisceaux est plus ou moins irrégulière.

Un test G ligne par colonne (Sokal et Rohlf 1969) permet de rejeter l'hypothèse de l'indépendance entre lignes et colonnes, au seuil de 95%, dans le cas des

placettes 20 cm X 20 cm (Port-Cros) et 40 cm X 40 cm (Port-Cros); par contre, elle n'est pas rejetée pour les quadrats 20 cm X 20 cm du relevé de Corse et les quadrats 10 cm X 10 cm (une partie du relevé de Port-Cros).

Trois types fondamentaux de distribution dans l'espace sont possibles:

- distribution régulière: $s^2 < \bar{x}$, ou I inférieur à 1;
- distribution au hasard: $s^2 = \bar{x}$, ou I égal à 1;
- distribution contagieuse: $s^2 > \bar{x}$, ou I supérieur à 1.

Les valeurs de I obtenues à Port-Cros avec des placettes de taille croissante sont toutes supérieures à l'unité (tab. II). Des tests de χ^2 (Elliott et Decamps 1973)

Tab. I. Relevé de Port-Cros. Dans les carrés Figure le nombre de faisceaux par quadrat de 10 cm x 10 cm (en bas à gauche) et de 20 cm x 20 cm.

13	45	21	20	19	25	22	16	26	24
18	26	31	15	18	20	24	19	18	22
27	23	23	23	30	32	35	30	23	26
26	18	30	26	25	33	37	25	21	25
8 6 8 7 8 13 11 9 8 7 10 5									
13 5 7 6 8 9 10 7 10 7 7 10	20	28	32	29					
6 7 4 7 10 4 6 5 1 6 4 4	15	25	29	33					
10 5 6 10 10 4 3 2 6 4 6 3									
7 7 5 10 5 4 4 5 5 6 8 0	21	23	25	32					
8 8 13 12 9 3 3 5 6 8 3 2									
8 7 9 7 9 3 1 13 10 8 7 4	24	27	39	42					
8 12 4 4 3 5 9 4 7 8 8 9									
8 6 11 8 7 4 0 10 9 10 5 8	32	40	30	37					
6 8 13 10 3 14 7 5 5 9 5 6									
7 7 7 9 6 6 9 10 9 8 10 6	30	33	35	27					
7 8 7 7 7 10 6 9 9 10 14 12									

Tab. II. Test χ^2 de conformité à la loi de Poisson

Dimensions des placettes en cm	10 x 10	20 x 20	20 x 40	40 x 40	40 x 60	60 x 60
Effectif: N	144	100	50	25	15	9
Indice de dispersion: I	1,14	1,87	3,09	3,19	3,40*	3,50*
χ^2 ou x (variable normale réduite) observés	x = 3,4	x = 5,1	x = 9,6	$\chi^2 = 75,6$	$\chi^2 = 47,6$	$\chi^2 = 28$
Valeurs de x ou χ^2 à ne pas dépasser	x = 1,96	x = 1,98	x = 2,02	$\chi^2 = 36,41$	$\chi^2 = 23,68$	$\chi^2 = 15,51$

* = plusieurs types de combinaison des quadrats étant possibles, ces valeurs représentent une moyenne.

permettent de rejeter l'hypothèse de la conformité avec une loi de Poisson; la distribution est donc contagieuse.

Les histogrammes de fréquence et les droites de Henry ont été tracés (Fig. 2). L'hypothèse de la conformité avec une loi normale est rejetée au seuil de 95% de sécurité (test χ^2). La symétrie est toujours vérifiée (skewness entre - 0,5 et + 0,5); l'aplatissement augmente avec la taille des quadrats (diminution de la kurtosis de 2,94 à 1,57).

La figure 3 montre que I croît rapidement avec la taille des quadrats jusqu'à une valeur égale à 3 puis se stabilise (quatre points entre 3 et 3,5).

Il est évident que le type de la distribution dépend de la taille des quadrats. Pour des quadrats d'une taille à peine supérieure à celle d'un faisceau, la distribution apparaît régulière. L'indice de dispersion croît avec la taille des quadrats jusqu'à une limite qui correspond à la dimension des *taches* (patchiness). Si la taille des quadrats augmentait encore, l'indice diminuerait.

Dans le cas de l'herbier étudié à Port-Cros, la dimension des *taches* serait donc comprise entre 800 et au moins 3600 cm². Compte tenu de l'allure générale de la courbe, il est permis d'émettre l'hypothèse que cette dernière taille de quadrats n'est plus très éloignée de la taille maximale des *taches*.

Erreur relative sur l'extrapolation au m² de la densité des faisceaux en fonction de la taille des placettes

L'irrégularité de la dispersion spatiale des faisceaux au sein d'un herbier conduit à des erreurs d'estimation lorsque leur densité au mètre-carré est extrapolée à partir de petits relevés. Les auteurs ont effectué jusqu'ici leurs comptages sur des surfaces de:

- 400 cm² et 900 cm² (Giraud 1977a)
- 625 cm² (Eugene 1978)
- 700 cm² (Bay 1978)
- 2500 cm² (Maggi et al. 1977).

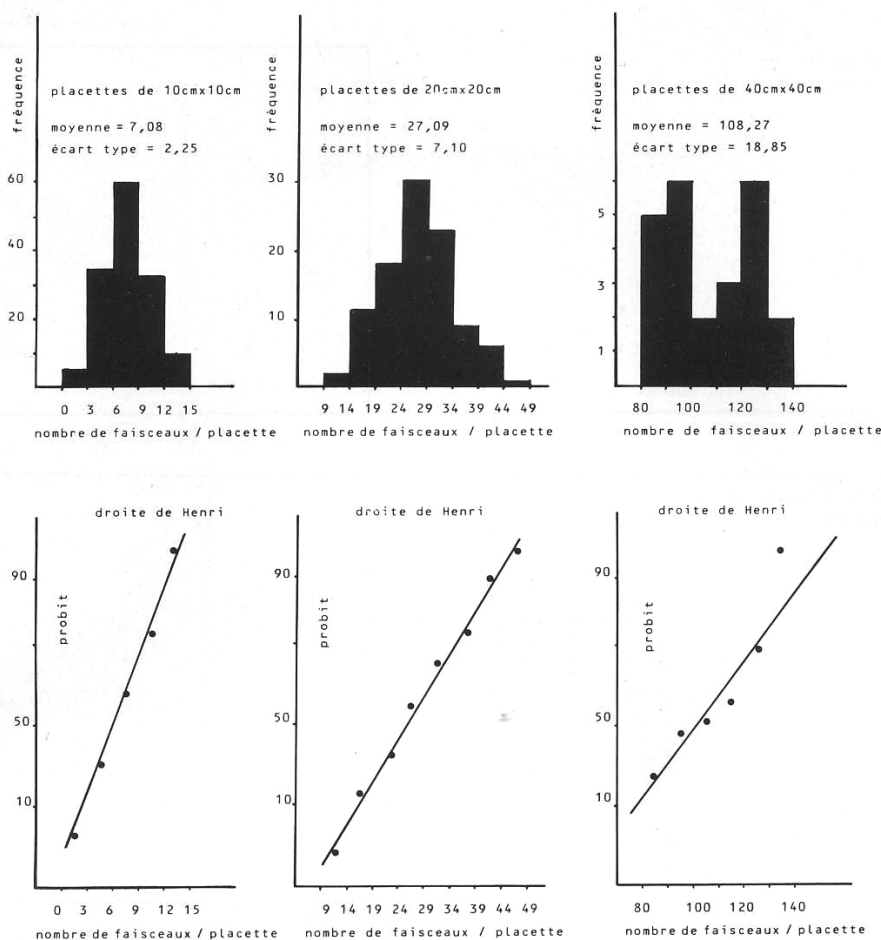


Fig. 2. Port-Cros: Histogrammes du nombre de faisceaux par quadrat; droites de Henry, moyennes, écarts-types correspondants, pour des quadrats de 10 cm \times 10 cm, 20 cm \times 20 cm et 40 cm \times 40 cm

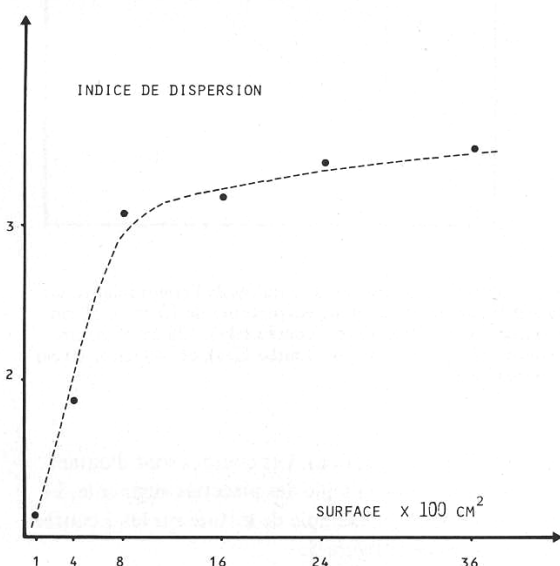


Fig. 3. Port-Cros: Variation de l'indice de dispersion de la densité des faisceaux en fonction de la surface des placettes

Drew (1971), Drew et Jupp (1976) et Cooper (1976) n'indiquent pas la taille des surfaces étudiées. La représentativité des surfaces utilisées (lorsque celles-ci sont précisées), n'est jamais indiquée.

Les comptages sous l'eau sont 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 ou, plus exactement, à préciser l'erreur probable qui s'attache à chaque taille de surface afin de choisir au mieux cette surface en fonction du but recherché.

Pour estimer la variation de l'erreur relative moyenne en fonction de la taille de placettes non imbriquées, nous avons regroupé les quadrats du relevé de Port-Cros en placettes de surface croissante (10 cm \times 10 cm, 10 cm \times 20 cm, 20 cm \times 20 cm, 20 cm \times 40 cm, 40 cm \times 40 cm, 40 cm \times 60 cm, 60 cm \times 60 cm, 60 cm \times 80 cm) et calculé pour chaque taille de placette, les valeurs extrapolées du nombre de faisceaux par m², puis l'erreur que l'on commet à chaque extrapolation.

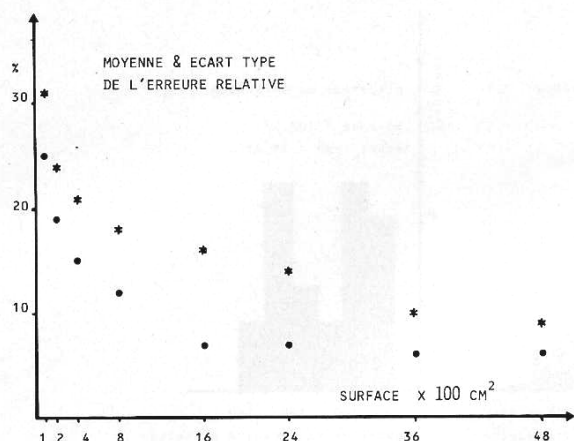


Fig. 4. Port-Cros: Variation de l'erreur relative moyenne sur la densité des faisceaux (*) et de son écart-type (●) en fonction de la surface des placettes

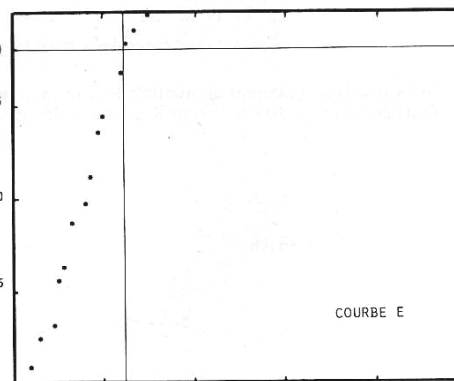
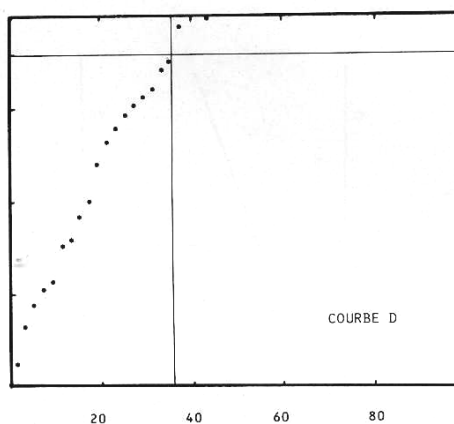
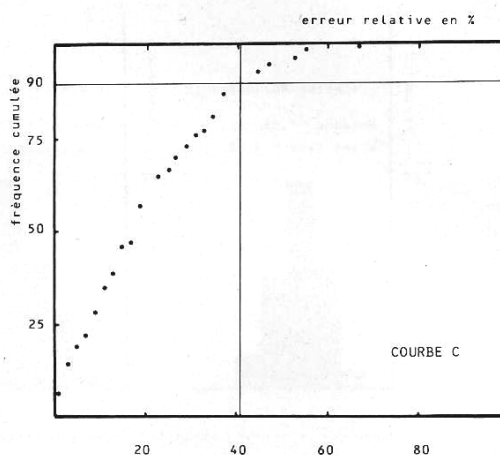
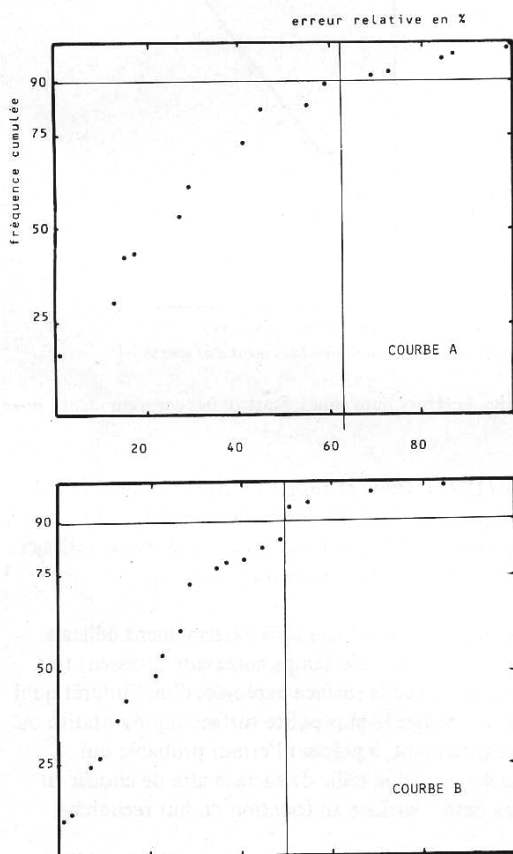


Fig. 5. Port-Cros: Fréquences cumulées de l'erreur relative sur la densité des faisceaux pour des placettes de 10 cm × 10 cm (courbe «A»), 10 × 20 cm (courbe «B»), 20 cm × 20 cm (courbe «C»), 20 × 40 cm (courbe «D»), et 40 cm × 40 cm (courbe «E»)

Comme on peut le constater sur la figure 4, l'erreur relative moyenne et son écart-type, qui diminuent lorsque la surface des placettes augmente, se stabilisent à partir de 1600 cm² (placettes de 40 cm × 40 cm).

Par la suite nous avons tracé, pour différentes tailles de placettes, la courbe de fréquences cumulées de l'erreur

relative (Fig. 7a, b, c, d, e). Les courbes sont d'autant plus redressées que la taille des placettes augmente. Le tableau 3 donne un exemple de lecture sur les 5 courbes (a, b, c, d, e) de la figure 5.

La même construction a été effectuée pour les placettes 20 cm × 20 cm du relevé de Corse (Fig. 6). Le résultat

Tab. III. Exemple de lecture sur les courbes A, B, C, D, E, de la Figure 5.

Dimensions des placettes en cm	Dans 90% des cas, l'erreur relative sur la valeur extrapolée du nombre de faisceaux/m ² est inférieure à:
10 x 10	62%
10 x 20	50%
20 x 20	41%
20 x 40	36%
40 x 40	25%

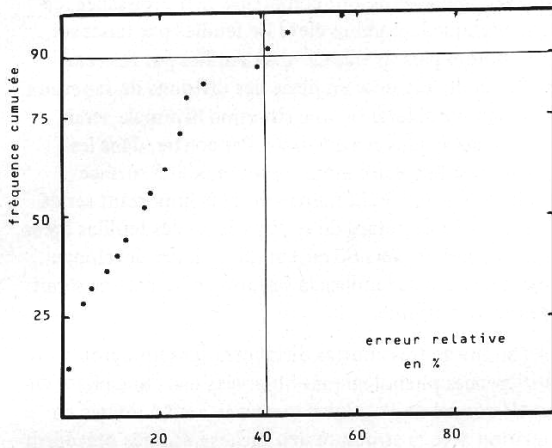


Fig. 6. Corse: Fréquences cumulées de l'erreur relative sur la densité des faisceaux pour des placettes de 20 cm x 20 cm. Comparez avec la courbe «C» de la Figure 5.

est tout à fait comparable à celui de Port-Cros: il y a 90% de chances pour que l'erreur relative sur l'extrapolation soit inférieure à 41%.

Erreur relative sur l'extrapolation de l'indice foliaire en fonction de la taille des placettes

Tous les calculs présentés ci-dessous portent sur le relevé de Corse; ses dimensions (1 m x 1 m) limitent les possibilités de recombinaison des quadrats en placettes. Les résultats, toutefois, concordent, dans l'ensemble avec ceux du chapitre précédent, et nous les exposons avec moins de détails.

Pour estimer la variation de l'erreur relative moyenne en fonction de la taille des placettes non imbriquées, nous avons regroupé les quadrats de 20 cm x 20 cm, 20 cm x 40 cm, 40 cm x 40 cm, 40 cm x 60 cm et calculé, pour chaque taille de placette, la valeur extrapolée de l'indice foliaire puis, l'erreur relative que l'on commet à chaque extrapolation (Fig. 7).

Nous avons tracé, pour les placettes de 20 cm x 20 cm et de 20 cm x 40 cm, la courbe des fréquences cumulées de l'erreur relative. Sur la figure 8 on lit qu'il y a 90% de chances pour que l'erreur relative commise soit inférieure

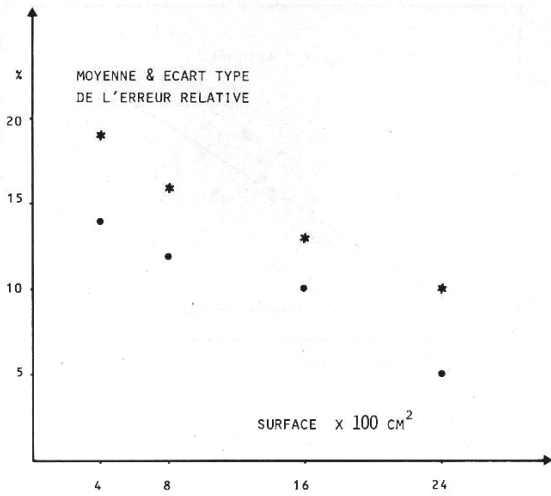


Fig. 7. Corse: Variation de l'erreur relative moyenne sur l'indice foliaire (*) et de son écart-type (●), en fonction de la surface des placettes

à 37% lorsque l'on extrapole l'indice foliaire à partir des placettes de 20 cm x 20 cm (Fig. 8, courbe a), et inférieure à 31% lorsque les placettes sont de 20 cm x 40 cm (Fig. 8, courbe b).

Corrélations entre paramètres caractéristiques de l'herbier

Pour le relevé de Corse (quadrats de 20 cm x 20 cm, distributions très proches de la loi normale), nous avons calculé le coefficient de corrélation (r) entre:

- le nombre des faisceaux par quadrat et le nombre des feuilles par quadrat (Fig. 9)

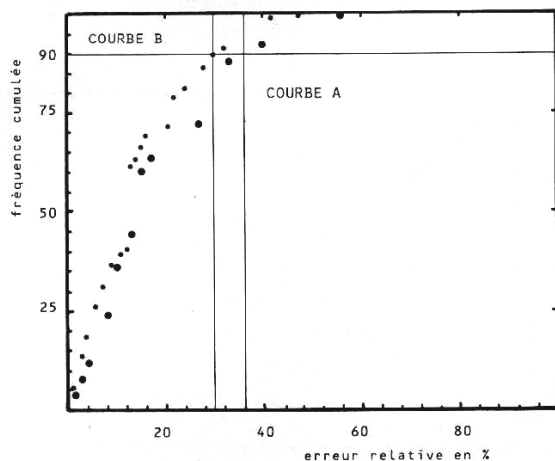


Fig. 8. Corse: Fréquences cumulées de l'erreur relative sur l'indice foliaire pour des placettes de 20 cm x 20 cm (●) et de 20 cm x 40 cm (●)

*petit rond
à l'île cicle*

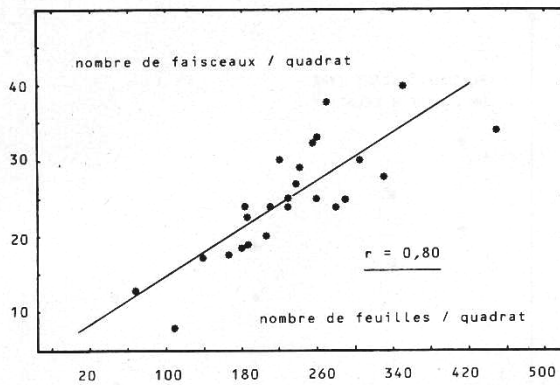


Fig. 9. Corse: Corrélation entre le nombre de feuilles et le nombre de faisceaux par quadrat de 20 cm × 20 cm

— le nombre des faisceaux par quadrat et l'indice foliaire du quadrat (Fig. 10)

Dans les deux cas, il y a corrélation positive significative. Ceci démontre que, dans l'herbier étudié, la densité des faisceaux n'est jamais assez grande pour qu'il y ait compétition entre eux et il n'y a pas de début de saturation de la courbe ascendante.

Variabilité de la longueur des feuilles

Les histogrammes de longueurs de feuilles intermédiaires et adultes (au sens de Giraud 1977a) ont été établis pour les 25 quadrats du relevé de Corse. Dans l'ensemble (Fig. 1), ces histogrammes présentent une certaine homogénéité.

On remarque toutefois que certains d'entre eux présentent un seul pic, vers 15 cm, et ont moins de 25% de feuilles dont la longueur est supérieure à 30 cm (nous les nommons «à feuilles courtes»), tandis que les autres ont plus de 25% de feuilles supérieures à 30 cm et parfois même un pic secondaire autour de 60 cm (nous les nommons «à feuilles longues»).

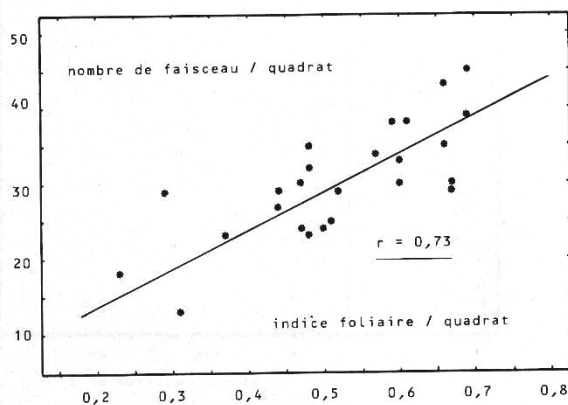


Fig. 10. Corse: Corrélation entre l'indice foliaire et le nombre de faisceaux par quadrat de 20 cm × 20 cm

Une série de tests non paramétriques (Mann et Whitney in Texas instruments) montrent que ces différences dans les histogrammes se superposent à des différences significatives d'un certain nombre d'autres paramètres (Tab. IV).

Une hypothèse peut être formulée: dans les quadrats à nombreux faisceaux et à surface foliaire élevée, la quantité de lumière parvenant aux points végétatifs serait diminuée; de nombreuses feuilles âgées sont déjà brisées (ne laissant subsister qu'une dizaine de cm au dessus de leur base); par ailleurs les jeunes feuilles de la nouvelle génération ont commencé leur croissance, ce qui explique le nombre élevé de feuilles par faisceau. Le nombre parfois très élevé de feuilles par faisceau est aussi dû à la mise en place des divisions de faisceaux. On peut considérer qu'une situation hivernale serait déjà réalisée dans ces quadrats. Par contre, dans les quadrats à faisceaux moins nombreux et à surface foliaire plus faible, l'éclaircissement plus important serait responsable du retard de la disparition des feuilles âgées (pic secondaire vers 60 cm) et du moindre développement des jeunes feuilles: la situation hivernale ne serait pas encore atteinte.

Ainsi, sur de très courtes distances, dans un herbier, les différences phénologiques observées dans une phase du cycle annuel de *Posidonia oceanica*, sont à mettre en relation avec la structure «en taches» étudiée précédemment).

Conclusions

La structure discontinue des herbiers de *Posidonia oceanica* (alternance de mattes et d'intermattes = macrostructure) a été décrite par de nombreux auteurs. La genèse de cette structure discontinue n'a pas toujours été comprise.

Au sein d'une matte en apparence homogène, nous sommes attachés à mettre en évidence, puis à

Tab. IV. Test Mann et Whitney sur les différences des histogrammes de longueurs de feuilles de la figure 1

	Histogrammes «à feuilles courtes»	Histogrammes «à feuilles longues»	Rejet de l'hypothèse $\bar{x} = \bar{y}$ au seuil de sécurité
Moyenne du nombre de faisceaux par quadrat (F)	34,1	27,1	99,1%
Moyenne du nombre de feuilles par faisceau (f/F)	8,5	7,1	96,4%
Moyenne de l'indice foliaire par quadrat (I)	0,56	0,48	93,3%

décrire, l'hétérogénéité de la répartition des faisceaux et des longueurs des feuilles (microstructure): il s'agit d'une part de rechercher une éventuelle liaison entre microstructure et macrostructure (dynamique de l'herbier) et, d'autre part, d'adapter les techniques d'échantillonnage à la problématique des recherches.

L'étude de la distribution des faisceaux (test χ^2 , droite de Henry, indice de dispersion) montre qu'elle n'est jamais conforme ni à la loi normale ni à la loi de Poisson. La surdispersion augmente avec la taille des placettes tandis que l'on s'éloigne de la normalité. La taille des taches semble se situer entre 800 et au moins 3600 cm². Il est curieux de constater que lorsque les faisceaux sont peu nombreux, le nombre des feuilles par faisceau n'augmente pas. L'indice foliaire et le nombre de feuilles par unité de surface sont corrélés positivement au nombre de faisceaux. Donc, dans les limites de densité des herbiers étudiés, il ne semble pas exister de compétition entre les faisceaux.

Des différences statistiquement significatives existent entre des taches «à feuilles courtes» (à surface foliaire, densité des faisceaux et nombre de feuilles par faisceau plus élevé) et des taches «à feuilles longues» (à surface foliaire, densité des faisceaux et nombre de feuilles par faisceau plus faible). Ces différences peuvent correspondre à un simple décalage physiologique dans le temps, dû à la quantité de lumière parvenant aux points végétatifs, les taches «à feuilles courtes» se trouvant déjà en situation hivernale, alors que les taches «à feuilles longues» n'y sont pas encore. Une autre hypothèse consisterait à attribuer ce décalage

à la juxtaposition de groupes de faisceaux portés par des rhizomes organiquement liés entre eux et présentant des différences de vitalité¹. Ces taches pourraient aussi correspondre à des caractéristiques pédologiques de la matre, variations qu'il conviendrait de rechercher.

En tout état de cause, ces taches, dont l'origine semble interne à la matre, représentent des points de moindre résistance susceptibles, dans certaines conditions d'hydrodynamisme, de donner naissance aux intermatres qui ponctuent la surface des herbiers: elles constituent ainsi le lien entre microstructure et macrostructure de l'herbier de Posidonies.

Enfin, compte tenu de cette irrégularité dans la distribution des faisceaux, nous avons cherché à apprécier l'erreur commise lorsque l'indice foliaire ou le nombre de faisceaux au m² sont extrapolés à partir de petites surfaces: il devient ainsi possible d'adapter la surface d'échantillonnage au problème posé.

Remerciements

Ce travail a été fait dans le cadre de contrats avec le Parc National de Port-Cros et avec le Parc Régional de Corse. Nous remercions les directeurs et l'ensemble du personnel de ces Parcs, en particulier MM. Feracci, Mariani et Miniconi (Corse) et M. Maffre (Port-Cros).

¹ Un phénomène analogue est mentionné dans les prairies à *Spartina* de l'ouest européen, sous le nom de «die back» (Beefink et Gehu 1973).

Bibliographie

- Augier, H. et C. F. Boudouresque. 1967. Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc National). I – La baie de La Palu. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille* 27: 93–124.
- Augier, H. et C. F. Boudouresque. 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* 30: 145–164.
- Augier, H. et C. F. Boudouresque. 1970b. Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc National). VI – Le récif-barrière de Posidonies. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille* 30: 221–228.
- Augier, H. et C. F. Boudouresque. 1976. Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc National). XIII – Documents pour la carte des peuplements benthiques. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros, Fr. 2*: 9–22 + 1 h. t.
- 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. Thèse de doctorat, Université de Liège (Belgique): 251 p.
- 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. Comm. int. Mer Médit.* 25/26, 4: 201–202.
- Beefink, W. G. et J. M. Gehu. 1973. *Spartinetea maritima*. *Prodrome des groupements végétaux d'Europe* 1: 1–63 + 6 cartes h. t.
- Blanc, J. J. 1958. Recherches de sédimentologie littorale et sous-marine en Provence occidentale. Thèse de doctorat d'état, Université de Paris, Masson et C^{ie} ed.: 140 p.
- Boudouresque, C. F., G. Giraud et M. Perret. 1977. *Posidonia oceanica*: bibliographie. Université d'Aix-Marseille II, sur contrat du Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO): 191 p.
- Cooper, G. 1976. La Posidonie, plante étonnante. La pêche ou la mariculture...? Association Fondation G. Cooper, *Jardinier de la Mer, Cahier* 1: 1–57.
- Drew, E. A. 1971. Botany. Underwater science. An introduction to experiments by divers. Woods et Lithgoe éd.: 59 p.
- Drew, E. A. et B. P. Jupp. 1976. Some aspects of the growth of *Posidonia oceanica* in Malta. *Underwater Res.* Academic Press: 357–367.
- Edwards, P., E. Bird, B. Cotgreave, A. Cossins, K. Crompton, W. Fowler, D. Herdson et J. Hudson. 1975. Marine phyto-benthos of the Castellabate (Cilento) Natural Park, Salerno, Italy. *Phytocoenologia* 1: 403–426.
- Elliott, J. M. et H. Decamps. 1973. Guide pour l'analyse statistique des échantillons d'invertébrés benthiques. *Ann. Limnol.* 9: 79–120.
- Eugène, C. 1978. Etude de l'épifaune des herbiers de *Posidonia oceanica* (L.) Delile du littoral provençal. Thèse de doctorat de spécialité, Marseille: 130 p.
- Giraud, G. 1977a. Contribution à la description et à la phénologie quantitative des herbiers de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Thèse de doctorat de spécialité, Marseille: 150 p.
- Giraud, G. 1977b. Essai de classement des herbiers de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Bot. Mar.* 20: 487–491.

- Giraud, G., C. F. Boudouresque, J. Marcot, A. Meinesz et M. Verlaque. 1977. Indices foliaires de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en Corse et dans la région Marseillaise. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 24,4: 127-130.
- Maggi, P., Y. Gruet et P. Lassus. 1977. Influence de la pollution urbaine sur la vitalité des herbiers à Posidonies dans le golfe de Giens (Var). *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.* 269: 5-13.
- Meinesz, A. et R. Laurent. 1976. Compte-rendu de l'opération «Poseidon 1976». Campagne de cartographie de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes maritimes. Direction départementale de l'Équipement, Marine nationale, Université de Nice. Cellule d'intervention contre la pollution dans les Alpes maritimes: 1-29 + 5 cartes h. t.
- Meinesz, A. et R. Laurent. 1978. Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes maritimes (France). Campagne «Poseidon 1978». *Bot. Mar.* 21: 513-526.
- Molinier, R. et J. Picard. 1952. Recherche sur les herbiers de Phanérogames marines du littoral méditerranéen français. *Ann. Inst. océanogr.* 27: 157-234.
- Parenzan, P. 1963. Distribuzione quantitativa dello *Psammichinus tuberculatus* nel Mar Grande di Taranto (Jonio). *Rapp. P. V. Réunions Commiss. internation. Explor. sci. Mer Médit.* 17: 277-282.
- Sokal, R. R. et F. J. Rohlf. 1969. *Biometry*. W. H. Freeman, San Francisco, XXII: 776 p.
- Texas Instruments. Statistiques appliquées. TI 58. 1977.