

Diversité algale d'un peuplement à *Sargassum muticum* (étang de Thau, France)

Macroalgal diversity of a Sargassum muticum community (Thau Lagoon, France)

Marie-Luce De Casabianca, Olivier Molinier, Cécile Michelon

CNRS, Cefe, UPR 9056, SMEL - 1, quai de la daurade, 34200 Sète, France - mél : mlc@univ-montp2.fr

Mots clés : diversité algale, espèce envahissante, *Sargassum muticum*, étang méditerranéen.

Key-words: macroalgal diversity, invasive species, *Sargassum muticum*, Mediterranean lagoon.

RÉSUMÉ

De Casabianca M.-L., O. Molinier, C. Michelon - Diversité algale d'un peuplement à *Sargassum muticum* (étang de Thau, France). Mar. Life, 12 (1-2) : 21-26.

La diversité spécifique d'une communauté à *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt, espèce envahissante, a été étudiée vingt ans après son introduction dans l'étang méditerranéen de Thau, en analysant un peuplement sur substrat rocheux hétérogène d'une pente de 10%, durant la courte période de développement de l'espèce (mars à juillet), à trois profondeurs (0,25 ; 0,50 ; 0,75 m). Sur le plan spatial, l'espèce se localise entre 0,25 et 0,75 m de fond. Sur le plan saisonnier, elle est responsable, en juin, du pic de biomasse totale (1 236 gPS.m⁻²) et de la chute de l'index de Shannon. Cependant, les valeurs de cet indice, calculées sur l'ensemble des prélèvements et des profondeurs (2,13) se situent parmi les plus élevées des communautés bordières les plus diversifiées. En conclusion, *S. muticum*, espèce envahissante mais limitée dans son développement spatial et temporel par les conditions rudes du milieu lagunaire (substrat sableux, températures estivales élevées et lumière restreinte), réussit néanmoins son intégration dans l'étang sur substrat dur hétérogène en établissant une des plus fortes biomasses lagunaires et en maintenant la diversité du peuplement qu'elle colonise.

ABSTRACT

De Casabianca M.-L., O. Molinier, C. Michelon - [Macroalgal diversity of a *Sargassum muticum* community (Thau Lagoon, France)]. Mar. Life, 12 (1-2): 21-26.

Species diversity of a *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt community (an invasive species) has been studied twenty years after its introduction in the marine French Mediterranean Thau Lagoon, on rocky and heterogeneous substrate (slope: 10%), from March to July, short growth period on the basis of five sampling periods at three depths (0.25; 0.50; 0.75 m). On the spatial scale, *S. muticum*, is located between 0.25 and 0.75 m depth. On the seasonal scale, it is responsible for a high biomass peak 1,236 gDW.m⁻² and a depleted Shannon index in June at all the depths. But the Shannon index on the full set of dates and depths is the same as that of the most diversified macrophyte communities in the lagoon: 2.13 - a value that is also due to ecological parameters such as heterogeneous substrate. We conclude that, 20 years after its introduction, this invasive species, limited on the seasonal and spatial scale by the harsh ecological conditions of the lagoon (sand substrate, high temperature and restricted incident light) has nevertheless been successfully integrated on heterogeneous substrat (biomass and Shannon index high values in invaded community).

INTRODUCTION

Nous posons ici le problème de l'impact à long terme d'une espèce envahissante introduite sur le peuplement, en examinant ce dernier vingt ans après l'introduction de l'espèce. L'étude est réalisée dans l'étang méditerranéen de Thau à vocation conchyicole

(superficie de 7 500 ha, profondeur moyenne de 4,5 mètres), pour se focaliser sur un peuplement algal de substrat dur hétérogène dominé par la fucophycée *Sargassum muticum*, (Yendo) Fensholt. Cette espèce particulièrement envahissante (Norton, 1977 ; Tsukidate, 1984 ; Paula, Eston, 1987 ; Rueness, 1989 ; Givernaud et al., 1990), fut accidentellement introduite

dans l'étang (Belsher *et al.*, 1985 ; Knoepffler-Péguy *et al.*, 1985 ; Lauret *et al.*, 1985) avec le naissain des huîtres en provenance du Japon, dans les années 1980, période durant laquelle elle progressa en Europe (Fletcher, Fletcher, 1975 ; Critchley, 1983 a, 1983 b ; Critchley *et al.*, 1983 ; Rueness, 1989 ; Ribera *et al.*, 1992).

L'intérêt de l'étude résidait aussi dans l'analyse d'une communauté de substrat dur naturel, les travaux réalisés sur la flore de l'étang étant des inventaires (Dubois, 1972 ; Lauret *et al.*, 1985 ; Riouall, 1985 ; Ben Maiz *et al.*, 1987, 1988), ou concernaient surtout des communautés de substrat meuble dominantes dans l'étang (De Casabianca *et al.*, 1994 ; Gerbal, Verlaque, 1995 ; De Casabianca *et al.*, 1997 b et 1997 c ; Marinho-Soriano *et al.*, 1998 ; Laugier *et al.*, 1998 ; Rigollet *et al.*, 1998) ou, plus rarement, de substrats durs naturels (De Casabianca, Posada, 1998), ou artificiels (Lamy *et al.*, 1998).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Site d'étude

L'étang méditerranéen de Thau est caractérisé par une salinité de 36 à 42 et une température élevée (4 à 28°C) (Hamon *et al.*, 1979 ; De Casabianca, 1996). L'activité conchylicole induit une richesse élevée en nutriments (De Casabianca *et al.*, 1997 b). Ses échanges avec la mer, régis par le régime des vents (Millet, 1989 ; De Casabianca, Kepel, 1999) entretiennent une faible variation de niveau (± 10 cm). La station étudiée, proche du chenal principal de communication avec la mer (figure 1), est soumise à des changements de courants fréquents. Son exposition nord en fait une station de mode battu, les vents dominants étant de nord et nord-ouest. Elle est caractérisée par un substrat dur et hétérogène (blocs

sur sable coquillier devenant sablo-vaseux à un mètre de profondeur) et par une pente d'environ 10% classiquement rencontrée dans l'étang.

Méthodologie

Cinq prélèvements mensuels ont été effectués durant la période de développement de *S. muticum* (début mars - début juillet 1999), tandis que l'observation se poursuivait jusqu'à la fin de l'année. L'échantillonnage a été effectué en plongée aux trois profondeurs (0,25 m, 0,5 m, 0,75 m) à l'aide d'un cadre de 0,25 m de côté, selon la méthode des "quadrats permanents" (Nienhuis, 1978) : pour chaque profondeur, un quadrat repérable servait de témoin durant la période d'étude. Trois échantillons correspondant à la dimension et à la physionomie du quadrat étaient récoltés et regroupés par profondeur à chaque date de prélèvement. Les échantillons étaient triés et pesés par espèce (seules les espèces dont la biomasse humide était supérieure à 1% de la biomasse totale étaient retenues, mises à l'étuve à 70°C pendant 24 heures, puis pesées).

Les biomasses spécifiques étaient exprimées en matière sèche (gPS.m⁻²) par profondeur et par date. Les indices de Shannon (Shannon, Weaver, 1948), étaient calculés à partir des biomasses spécifiques :

$$I_{sh} = -\sum (s_b/B) \cdot \log_2 (s_b/B)$$

Où, s_b est la biomasse spécifique et B, la biomasse totale de l'échantillon considéré.

L'indice d'équitabilité (h') (Daget, 1976), est le rapport de la diversité mesurée sur la diversité maximale théorique :

$$h' = I_{sh}/I_{sh \max}$$

Où, I_{sh} est l'indice de Shannon calculé et $I_{sh \max}$, la diversité maximale de l'échantillon.

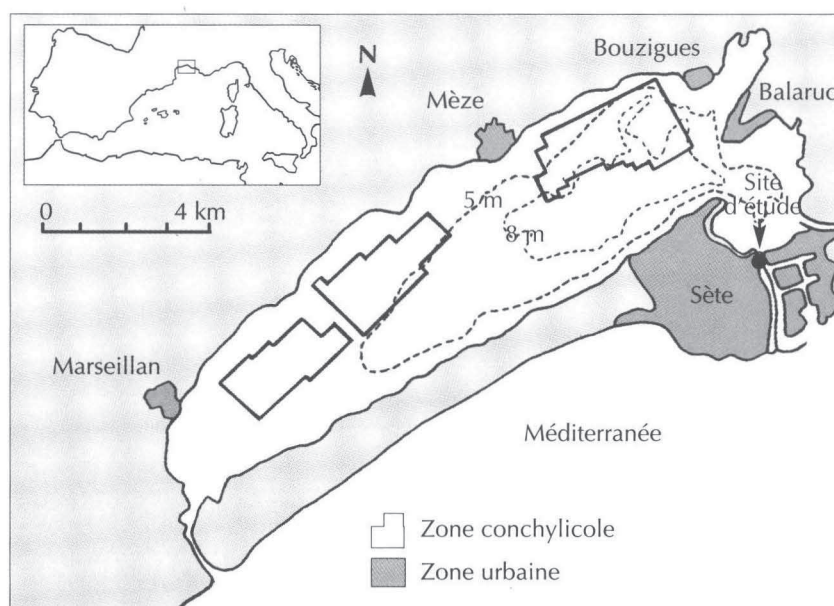


Figure 1 - Site d'étude. / Study site.

PEUPLEMENT À *SARGASSUM MUTICUM* / *SARGASSUM MUTICUM* COMMUNITY

Tableau I - Peuplement à *Sargassum muticum* (étang de Thau) : présence-absence des espèces aux différentes profondeurs. Biomasses moyennes des espèces par m² (toutes dates et profondeurs) et pourcentage de la biomasse totale. / The *Sargassum muticum* community (Thau Lagoon): presence-absence of different species at different depths. Species average biomass per square meter (calculations on all dates and depths). Species percentage according to the total biomass.

	Profondeur (m)			Biomasse gPS.m ²	Biomasse %
	0,25	0,50	0,75		
ULVOPHYCEAE					
<i>Bryopsis plumosa</i> (Hudson) C. Agardh	X			7,3	0,5
<i>Chaetomorpha aerea</i> (Dillwyn) Kützing	X			4,0	0,3
<i>Cladophora</i> spp.	X			3,1	0,2
<i>Codium fragile</i> (Suringar) Hariot	X	X	X	69,6	4,8
<i>Enteromorpha</i> spp.	X			10,5	0,7
<i>Monostroma obscurum</i> (kützing) J. Agardh	X	X		4,1	0,3
<i>Ulva rigida</i> C. Agardh		X	X	28,8	2,0
RHODOPHYCEAE					
<i>Ceramium ciliatum</i> (Ellis) Ducluzeau	X	X	X	145,1	10,0
<i>Corallina elongata</i> Ellis & Solander	X	X		3,5	0,2
<i>Grateloupia doryphora</i> (Montagne) Howe	X	X	X	134,0	9,2
<i>Grateloupia filicina</i> (Lamouroux) C.Agardh	X	X		2,1	0,1
<i>Osmundea ramosissima</i> (Oeder) Athanasiadis	X	X		5,0	0,3
<i>Pterosiphonia pennata</i> (C.Agardh) Sauvageau	X	X		1,3	0,1
<i>Polysiphonia mottei</i> Lauret	X	X	X	72,1	5,0
<i>Polysiphonia</i> spp.	X	X		0,5	0,0
FUCOPHYCEAE					
<i>Colpomenia peregrina</i> (Sauvageau) Hamel	X	X	X	1,4	0,1
<i>Petalonia fascia</i> (O. F. Müller) Kuntze	X	X	X	12,9	0,9
<i>Sargassum muticum</i> (Yendo) Fensholt	X	X	X	909,6	62,6
<i>Scytosiphon lomentaria</i> (Lyngbye) Link	X	X		37,0	2,5
TOTAL				1452,0	100,0

x : Présence/absence

Le diagramme rang-fréquence (Frontier, 1976) traduisait le degré de maturité du peuplement.

L'indice de Jaccard (Ij) (Jaccard, 1908), testé significativement par un test de Chi-2 matérialisait les associations spatiales entre espèces dominantes :

$$I_j = Nab / (Na + Nb - Nab)$$

où Na, Nb, et Nab étaient respectivement le nombre de relevés où coexistaient les espèces a, b, et a+b.

Le test non paramétrique de Mann & Whitney (M-W) était utilisé quand les conditions d'application de l'analyse de variance n'étaient pas remplies (comparaisons des moyennes de biomasses et des indices de Shannon).

Température et lumière incidente étaient mesurées par sondes de mars à septembre à un mètre de fond.

RÉSULTATS

Température et lumière incidente

La température de l'eau à un mètre de profondeur évoluait, de début mars à début juillet, et de début septembre à début novembre, entre 12°C et 23°C, avec un pic de 25°C en août. La lumière incidente parvenant aux peuplements variait de 100 à 300 µEm⁻².s⁻¹ au cours de la période printanière de développement de l'espèce, et de 100 à 150 µEm⁻².s⁻¹ seulement au cours de la période automnale.

Présence-absence des taxons et biomasses sur l'ensemble de la période et des profondeurs

Au cours de cette étude, 19 taxons étaient recensés (tableau I). Sur le plan spatial, les ulvophycées prédominaient en surface, les rhodophycées prédominaient à 0,25 et 0,50 m et les fucophycées étaient présentes aux trois profondeurs. Le nombre moyen d'espèces par profondeur était homogène (10±3,12 à 0,25 m, 11,5±1,73 à 0,50 m et 9,5±3,11 à 0,75 m). La biomasse totale moyenne (sur l'ensemble de la période et profondeurs) était de 1 452 gPS.m⁻², et celle de *S. muticum*, correspondait à 62,6% de la biomasse totale. Les quatre principales sous-dominantes (*Ceramium ciliatum*, *Grateloupia doryphora*, *Polysiphonia mottei* et *Codium fragile*), réparties aux trois profondeurs, formaient respectivement 10%, 9,2%, 5% et 4,8% de la biomasse totale. Venait ensuite *Scytosiphon lomentaria* (2,5%), espèce présentant de fortes affinités avec *Sargassum muticum* (Ij=81% ; test Chi-2 : p<1%). *Petalonia fascia* et *Colpomenia peregrina* n'étaient observées qu'en épiphytes sur *S. muticum*. Aucun développement de *S. muticum* n'était observé durant la période estivale et automnale 1999.

Évolution spatiale et temporelle

La biomasse de *S. muticum*, importante à toutes profondeurs (figure 2), comme celle de ses sous-dominantes se localisait surtout dans la zone 0,75 m (moyenne de 1 982 gPS.m⁻²) et 0,50 m (558 gPS.m⁻²). *S. muticum* dominait le peuplement durant

toute la période, mais le pic pour l'ensemble des profondeurs réunies se situait début juin (1 236 gPS.m⁻²). Certaines sous-dominantes régressaient (*Polysiphonia mottei*) et d'autres se développaient (*Codium fragile* et *Ulva rigida*). Il existait une différence significative entre les valeurs de la biomasse totale concernant les profondeurs (0,25 m) et (0,50 et 0,75 m réunies) sur toute la période d'étude (Test M-W, U=42 : p<0,05), différence liée à la répartition pondérale de la dominante.

Indice de Shannon, équitabilité, et diagramme rang-fréquence

Sur le plan spatial, le gradient de diversité, lié à la répartition préférentielle de l'espèce dominante dans la tranche 0,50 - 0,75 m, décroissait en profondeur (figure 3). Sur le plan temporel, l'indice de Shannon, faible en début d'étude, diminuait en juin avec l'importance pondérale prise par *S. muticum* à toutes les profondeurs, puis remontait en juillet. L'équitabilité

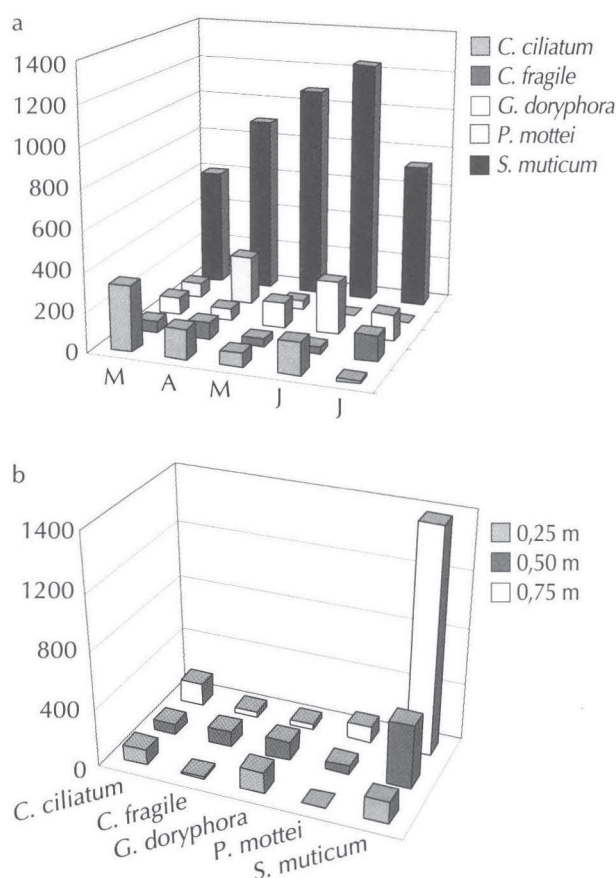


Figure 2 - Peuplement à *Sargassum muticum* ; 1999, étang de Thau : biomasses (gPS.m⁻²) des cinq dominantes. a : évolution temporelle (mars à juillet), sur les profondeurs cumulées (0,25 ; 0,50 ; 0,75 m). b : évolution par profondeur, sur l'ensemble de la période. / *Sargassum muticum* community, 1999, Thau Lagoon: biomass (gDW.m⁻²) of five dominant species. a: temporal evolution (from Mars to July), at cumulated depths (0.25, 0.50, 0.75 m). b: spatial development over the whole period.

(moyenne de 0,5), traduisait la répartition hétérogène des biomasses entre les espèces et l'allure concave des diagrammes rang-fréquence (figure 4), la présence d'un peuplement de diversité moyenne avec prédominance d'un petit nombre d'espèces.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les facteurs écologiques présidant à l'organisation bathymétrique du peuplement sont classiquement l'hydrodynamisme lié à l'exposition de la station et la lumière incidente : La zone de plus faible profondeur, soumise à l'action abrasive des vagues, était dominée par des espèces "photophiles infralittorales de milieux calmes" comme *Bryopsis plumosa* et *Enteromorpha* sp. (Boudouresque, 1984). *S. muticum*, peu résistante aux vagues (Viejo *et al.*, 1995) et à la dessiccation (Norton, 1977), ne s'y trouvait pas. Elle se développait à partir de 0,25 m et prenait de l'ampleur entre 0,50 m et 0,75 m. Sa limitation à de faibles profondeurs, alors qu'elle était couramment signalée en mer jusqu'à 1,50 m (Knoepffler *et al.*, 1985 ;

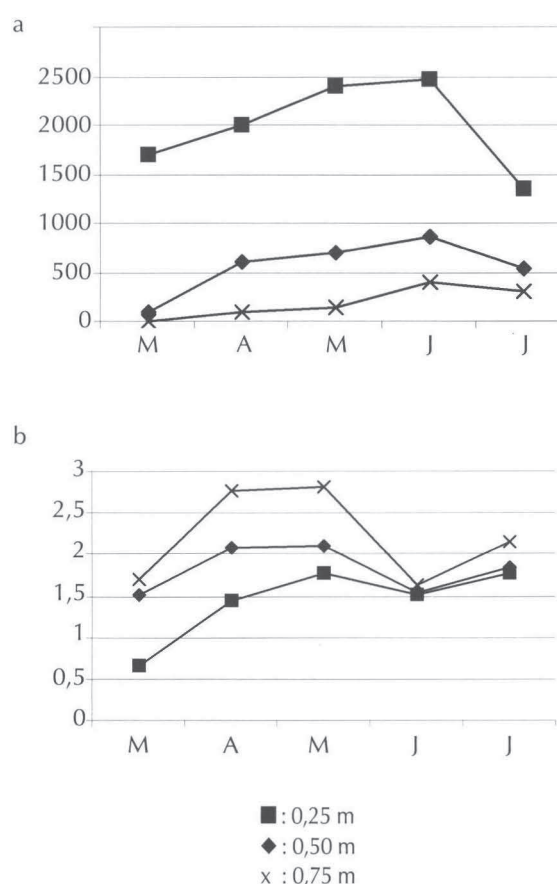


Figure 3 - Évolution de la biomasse (a) (gPS.m⁻²) de *Sargassum muticum* et de l'indice de Shannon (b) du peuplement aux profondeurs 0,25 ; 0,50 et 0,75 m. / *Sargassum muticum* biomass (a) (gDW.m⁻²) and community Shannon index (b) evolution at the depths 0.25, 0.50 and 0.75 m.

Tableau II - Peuplements de l'étang de Thau (profondeur : un mètre, pente 10%) : *Zostera noltii*, *Zostera marina*, *Gracilaria dura*, *Gracilaria bursa-pastoris*, *Ulva rigida*, *Sargassum muticum*. / Communities of Thau Lagoon (depth: 1 m, slope: 10%): *Zostera noltii*, *Zostera marina*, *Gracilaria dura*, *Gracilaria bursa-pastoris*, *Ulva rigida*, *Sargassum muticum*.

Communautés	<i>Z. noltii</i>	<i>Z. marina</i>	<i>G. dura</i>	<i>G. b.-pastoris</i>	<i>U. rigida</i>	<i>S. muticum</i>
Biomasse totale (gPS.m ⁻²)	126	339	66	209	500	1 452
% d'espèces dominantes	80	28	39	85	80	63
Index de Shannon	0,72	2,33	2,30	0,5	1,1	2,13
Substrat (%) :						
Vase: >100 µm	14	20	40	80	3	0
100 µm < sable <1,5 mm	86	50	20	0	3	5
Sable coquillier >1,5 mm	1	30	40	20	4	25
Roche					90	70

Fernandez *et al.*, 1990), semblait due à l'ensablement des roches et à une lumière incidente réduite entraînant une compression de l'étagement décrit en mer (Péres, Picard, 1964).

S. muticum est observée entre 10 et 25°C avec un preferendum bas (15°C) et un arrêt de la croissance à 30°C (Fletcher, Fletcher, 1975 ; Norton, 1977 ; Critchley *et al.*, 1983 ; Tsukidate, 1984 ; Paula, Eston, 1987 ; Givernaud *et al.*, 1990). Dans l'étang de Thau, la chute de biomasse apparaît donc précocement. En automne, à la reprise des températures clémentes, la turbidité élevée résultant de la dégradation estivale (De Casabianca *et al.*, 1997 b) ne permettait pas sa reprise sur le site. En effet, les valeurs de la lumière incidente enregistrées oscillaient entre 100 et 300 µEm⁻².s⁻¹, valeurs inférieures à l'optimum (400 à 700 µEm⁻².s⁻¹) défini chez les trois espèces *S. natans*, *S. fluitans* et *S. filipendul* (Phlips *et al.*, 1986). Il serait donc intéressant d'établir les courbes de taux de croissance de *S. muticum* en relation avec la température et la lumière incidente.

La croissance de la dominante est responsable en juin du pic de biomasse totale et de la chute et de l'homogénéisation des valeurs du Shannon aux trois profondeurs, mais l'effet d'ombrage semble moins aigu

qu'en mer où les thalles peuvent se développer dans une hauteur d'eau supérieure (Rueness, 1989). D'autre part, parmi les peuplements de zone peu profonde (De Casabianca *et al.*, 1997 a), la biomasse de *S. muticum* est l'une des plus élevée (1 439 gPS.m⁻²), et la valeur du Shannon (2,13) est comparable à celles des communautés de substrat meuble avec particules supérieures à 1,5 mm, favorisant la fixation des algues (tableau II). En effet, la pente faible de la station d'étude permet un dépôt de particules tout en limitant l'effet d'ombrage. On note également que *S. muticum* sert de support aux épiphytes durant la phase décroissante de son développement.

On conclut, vingt ans après l'introduction de l'algue envahissante dans l'étang, à son intégration : malgré une limitation de son extension spatiale et temporelle due aux conditions du milieu lagunaire (substrat ensablé, température élevée, et lumière incidente faible), elle parvient à instaurer dans l'étang, sur substrats naturels, une biomasse printanière importante, avec une diversité comparable aux valeurs les plus fortes observées dans l'étang.

BIBLIOGRAPHIE

- Belsher T., C.-F. Boudouresque, M. Lauret, R. Riouall, 1985 - L'envahissement de l'étang de Thau (France) par la grande Phaeophyceae *Sargassum muticum*. *Rapp. P.-v. Réun. CIESM*, **29** (4) : 33-36.
- Ben Maiz N., C.-F. Boudouresque, R. Riouall, M. Lauret, 1987 - Flore algale de l'étang de Thau (France, Méditerranée) : sur la présence d'une Rhodymeniale d'origine japonaise, *Chrysomenia wrightii* (Rhodophyta). *Botanica mar.*, **30** (5) : 357-364.
- Ben Maiz N., C.-F. Boudouresque, R. Riouall, M. Lauret, 1988 - Inventaire bibliographique des macrophytes (Algues, Phanérogames) signalés dans l'étang de Thau (Hérault, France). *Nat. monspel.*, **52** : 71-84.
- Boudouresque C.-F., 1984 - Groupes écologiques d'algues marines et phytocénoses benthiques en Méditerranée Nord-occidentale. *G. bot. ital.*, **118** : 7-42.
- Critchley A.T., 1983 a - *Sargassum muticum*, a taxonomic history including word-wide and western Pacific distributions. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **63** : 617-625.
- Critchley A.T., 1983 b - *Sargassum muticum*, a morphological description of european material. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **63** : 813-824.

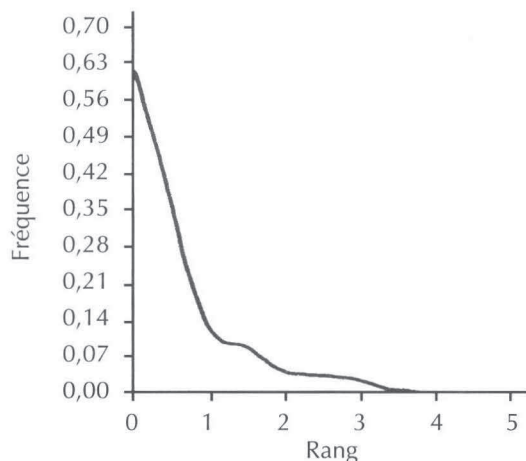


Figure 4 - Peuplement à *Sargassum muticum*, 1999, étang de Thau : diagramme rang-fréquence. / *Sargassum muticum* community, 1999, Thau Lagoon: Rank-Frequency diagram.

- Critchley A.T., W.F. Farnam, S.L. Morrel, 1983 - A chronology of new European sites of attachment for the invasive brown alga *Sargassum muticum*, 1973-1981. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **63** : 799-811.
- Daget J., 1976 - *Les modèles mathématiques en écologie*. Masson, Paris. 172 pp.
- De Casabianca M.-L., 1996 - France - The Mediterranean Lagoons. In : *Marine Benthic Vegetation. Recent changes and the Effects of Eutrophication*. W. Schramm, P.-H. Nienhuis (eds), Ecological Studies Vol. 123, Springer Verl., Berlin, pp : 307-329.
- De Casabianca M.-L., T. Laugier, D. Collart, V. Rigollet, 1994 - Macrophytes populations and eutrophication (Thau lagoon, France). First results. In : *Villes des Rivages et Environnement Littoral en Méditerranée*, Proceedings of Okeanos at Montpellier, Maison de l'Environnement Ed., pp : 50-54.
- De Casabianca M.-L., T. Laugier, D. Collart, 1997 a - Impact of shellfish farming eutrophication on benthic macrophyte communities in the Thau lagoon, France. *Aquacult. int.*, **5** (4) : 301-314.
- De Casabianca M.-L., T. Laugier, E. Marhino-Soriano, 1997 b - Seasonal changes of nutrients in water and sediment in a Mediterranean lagoon with shellfish farming activity, Thau lagoon, France. *ICES J. mar. Sci.*, **54** : 905-916.
- De Casabianca M.-L., E. Marhino-Soriano, T. Laugier, 1997 c - Growth of *Gracilaria bursa-pastoris* in a Mediterranean lagoon: Thau, France. *Botanica mar.*, **40** : 29-37.
- De Casabianca M.-L., F. Posada, 1998 - Effect of environmental parameters on the growth of *Ulva rigida*, Thau lagoon, France. *Botanica mar.*, **41** : 157-165.
- De Casabianca M.-L., R.-C. Kepel, 1999 - Impact of dominant winds on hydrological variables in a Mediterranean lagoon: Thau lagoon, France. *Oebalia*, **25** : 3-16.
- Dubois A., 1972 - Le peuplement végétal du bassin de Thau *Rapp. P.-v. Réun. CIESM*, **20** : 495-497.
- Fernandez C., L.-M. Gutierrez, J.M. Rico, 1990 - Ecology of *Sargassum muticum* on the North Coast of Spain preliminary observations. *Botanica mar.*, **33** : 423-428.
- Fletcher R.L., S.M. Fletcher, 1975 - Studies on the recently introduced brown alga *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. *Botanica mar.*, **18** : 149-162.
- Frontier S., 1976 - Utilisation des diagrammes rang-fréquence dans l'analyse des écosystèmes. *J. Rech. océanogr.*, **1** : 35-48.
- Gerbal M., M. Verlaque, 1995 - Macrophytobenthos de substrat meuble de l'étang de Thau (France, Méditerranée) et facteurs environnementaux associés. *Oceanologica Acta*, **18** (5) : 557-571.
- Givernaud T., J. Cosson, A. Givernaud-Mouradi, 1990 - Régénération de la Phéophycée *Sargassum muticum* (Phaeophyceae Fucale). *Cryptogam. Algol.*, **11** : 293-304.
- Hamon P.-Y., H. Tournier, P. Arnaud, 1979 - Les cycles annuels de quelques paramètres physico-chimiques de l'étang de Thau. *Rapp. P.-v. Réun. CIESM*, **25-26** : 99-100.
- Jaccard P., 1908 - Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.*, **44** : 223-270.
- Knoepffler-Péguy M., T. Belsher, C.-F. Boudouresque, M. Lauret, 1985 - *Sargassum muticum* begins to invade the Mediterranean. *Aquat. Bot.*, **23** : 291-295.
- Lamy N., M. Lauret, O. Guelorget, 1998 - Structure et mise en place des peuplements macrophytiques de substrats durs d'une table conchylicole de l'étang de Thau (Hérault, France). *Vie Milieu*, **48** : 171-181.
- Laugier T., V. Rigollet, M.-L. De Casabianca, 1998 - Seasonal dynamics in mixed eelgrass beds of *Zostera marina* L. and *Zostera noltii* Horneman in a Mediterranean coastal lagoon (Thau lagoon, France). *Aquat. Bot.*, **63** : 51-69.
- Lauret M., R. Riouall, A. Dubois, 1985 - L'acclimatation et la croissance de *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt (Phaeophyceae) dans l'étang de Thau. In : *Proceeding of 110^e Cong. Nat. Soc. Savantes, Sciences*, Montpellier, pp : 223-231.
- Marhino-Soriano E., T. Laugier, M.-L. De Casabianca, 1998 - Reproductive strategy of two *Gracilaria* species, *G. bursa-pastoris* and *G. gracilis* in a Mediterranean lagoon (Thau lagoon, France). *Botanica mar.*, **41** : 559-564.
- Millet B., 1989 - Fonctionnement hydrodynamique du bassin de Thau. Validation écologique d'un modèle numérique de circulation. (Programme Ecothau). *Oceanologica Acta*, **12** (1) : 37-46.
- Nienhuis P.-H., 1978 - Dynamics of benthic algal vegetation and environment in dutch estuarine salt marshes studied by means of permanent quadrats. *Vegetatio*, **38** : 103-112.
- Norton T.A., 1977 - The varied dispersal mechanisms of an invasive seaweed, *Sargassum muticum*. *Phycologia*, **20** : 101-110.
- Paula E.J., V.R. Eston, 1987 - Are there other *Sargassum* species potentially invasive as *Sargassum muticum*? *Botanica mar.*, **30** : 405-410.
- Pérès J.-M., J. Picard, 1964 - Nouveau manuel de bionomie benthique de la Méditerranée. *Recl Trav. Stn mar. Endoume*, **31** : 137 pp.
- Philips E.J., M. Willis, A. Verchick, 1986 - Aspects of nitrogen fixation in *Sargassum* communities of the coast of Florida. *J. expl mar. Biol. Ecol.*, **102** : 99-119.
- Ribera M.A., A. Gomez-Garetta, T. Gallardo, M. Cormaci, G. Furnari, G. Giaccone, 1992 - Check list of Mediterranean seaweeds. 1. Fucophyceae (Warming 1984). *Botanica mar.*, **35** : 109-130.
- Rigollet V., T. Laugier, M.-L. De Casabianca, A. Sfriso, A. Marcomini, 1998 - Seasonal biomass and nutrient dynamics of *Zostera marina* L. in two Mediterranean lagoons: Thau lagoon (France) and Venice (Italy). *Botanica mar.*, **41** : 167-179.
- Riouall R., 1985 - Sur la présence dans l'étang de Thau de *Sphaerotrichia divaricata* (C. Ag.) Kylin et *Chorda filum* (L.) Stackhouse. *Botanica mar.*, **28** : 83-86.
- Rueness S.J., 1989 - *Sargassum muticum* and other introduced japanese macroalgae: biological pollution of European coasts. *Mar. Pollut. Bull.*, **20** : 173-176.
- Shannon C.E., W. Weaver, 1948 - *The mathematical theory of communication*. Urbana Univ. Press, Illinois, 125 pp.
- Tsukidate J., 1984 - Studies of the brown algae *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt and *Sargassum totile* C. Agardh. *Hydrobiologia*, **116/117** : 393-397.
- Viejo R.M., J. Arrontes, N.L. Andrew, 1995 - An experimental evaluation of the effect of wave action on the distribution of *Sargassum muticum* in Northern Spain. *Botanica mar.*, **38** : 437-441.

Reçu en mai 2000 ; accepté en octobre 2001.
Received May 2000; accepted October 2001.