

Epífitos de las hojas de *Posidonia oceanica*: variaciones estacionales y batimétricas de biomasa en la pradera de las islas Medes (Girona).

JAVIER ROMERO

Department d'Ecologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona. Diagonal 645. 08028 Barcelona.

Recibido: abril 1987.

SUMMARY

Biomass seasonal variation of leaf epiphytes of *Posidonia oceanica* along a depth gradient in Medes Islands (NE Spain). Biomass seasonal variation of the epiphytes of the mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* was studied by means of a bi-weekly sampling program. Maxima, up to 0.5 gdw/shoot (270 gdw/m² of sea bottom) are evident in summer all along the depth gradient. A second maximum, in spring, is detected in the shallower stations. The former corresponds to the encrusting Rhodophyta-dominated community, while the latter corresponds to another assemblage dominated by Phaeophyta. The relation between epiphyte biomass and some biological features of *Posidonia* was statistically investigated. From a multiple linear regression model, it is concluded that the summer community is the endpoint of a succession interrupted by leaf fall in early autumn, while the spring one is rather photophilic and represents a seasonal aspect of the community.

KEYWORDS: epiphytes, *Posidonia oceanica*, seagrass, seasonality, biological interactions.

PALABRAS CLAVE: epífitos, *Posidonia oceanica*, fanerógamas marinas, estacionalidad, interacciones biológicas.

INTRODUCCIÓN

La fanerógama marina *Posidonia oceanica* (L.) Delile forma densas praderas en el piso infralitoral mediterráneo (entre -0.5 y -20 metros en la costa Norte de Cataluña). A primera vista, parecería tratarse de poblaciones mono-específicas de extremada monotonía. Sin embargo, estas praderas albergan una comunidad animal y vegetal diversificada. De manera tradicional, en el estudio de dicha comunidad los diversos autores coincidían en recalcar las diferencias entre el poblamiento de las hojas y el de los rizomas (véase, por ejemplo, PÉRÈS & PICARD, 1964), si bien su interpretación varía de unos a otros: distintos grupos ecológicos, distintos estratos de una misma comunidad, distintas biocenosis (BALLESTEROS *et al.*, 1984).

El interés de los investigadores parece haberse decantado sobre todo hacia las hojas, que ofrecen un sustrato adecuado para el asentamiento de organismos sésiles (algas, briozoos, hidrozoos, serpúlidos, etc.). Este sustrato presenta algunas particularidades que lo singularizan frente a otros sustratos bentónicos: inestabilidad física, duración limitada, ritmo de renovación determinado, naturaleza orgánica, etc.

Así, los epífitos de las hojas de *P. oceanica* han sido ampliamente estudiados desde el punto de vista taxonómico (PICARD, 1952; KERNEIS, 1960; BEN, 1971; EUGENE, 1978, etc.), si bien en los últimos años se ha pasado a un enfoque más ecológico del tema. Así lo demuestra, por ejemplo, el énfasis puesto en problemas estructurales (PANAYOTIDIS, 1980;

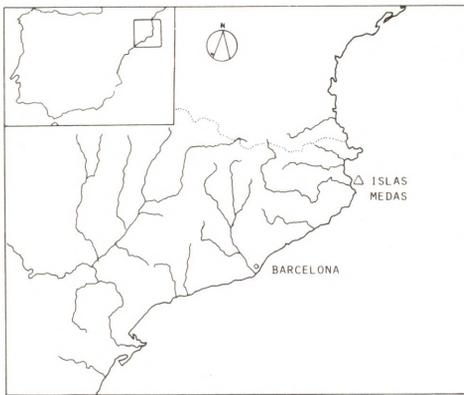


FIG. 1. Localización del área de muestreo. *Sampling site location.*

BOERO, 1981; COLOGNOLA *et al.*, 1984; RUSSO *et al.*, 1984; SCIPIONE & FRESI, 1984; GARCIA-RUBIES, 1986, entre otros). Los trabajos citados demuestran la existencia, a varios niveles, de una marcada heterogeneidad en las comunidades epífitas. Paralelamente, otro enfoque que empieza a menudear en la bibliografía es el cuantitativo, si bien es cierto que la cuantificación de los epífitos presenta ciertos problemas metodológicos; pueden citarse como ejemplo: THELIN *et al.*, 1982; MAZZELLA & OTT, 1984; BALLESTEROS, 1987. Nosotros mismos, en un trabajo preliminar (ROMERO & BALLESTEROS, 1983); presentábamos valores de biomasa de los epífitos de *Posidonia* que ponían de manifiesto una marcada pauta estacional que dependía, a su vez, de la profundidad. Estos datos preliminares nos sugirieron el interés de continuar con la cuantificación de los epífitos, dentro de un proyecto más amplio de estudio de la producción primaria de *Posidonia* (ROMERO, 1985, 1986). Los objetivos que nos propusimos pueden resumirse como:

a) establecer las pautas de variación de la biomasa correspondiente a los epífitos sésiles de las hojas de *Posidonia oceanica* a lo largo del año.

b) estudiar cómo variaban estas pautas en función de la profundidad.

c) determinar hasta qué punto las propiedades biológicas del sustrato (esencialmente, el ritmo de renovación) podían influir sobre a) y b).

MATERIAL Y MÉTODOS

Los trabajos de mar se realizaron en la pradera de las islas Medas (fig. 1). A lo largo de un transecto batimétrico, se localizaron de manera permanente cuatro estaciones, a 5, 6.5, 8.7 y 13 metros de profundidad. Con una periodicidad aproximadamente quincenal y en cada una de las estaciones, se marcaban unos 20 haces de la planta mediante dos pequeñas perforaciones en la base de las hojas. A la vez, se recogían los haces marcados en la visita anterior.

En el laboratorio, se escogían al azar un grupo de 5 de entre los 20 recolectados. Los epífitos se separaban cuidadosamente mediante una hoja de alfiler, rascándose cada una de las dos caras de cada hoja. La pesada de los epífitos se efectuaba en seco (tratamiento en la estufa a 105 °C hasta peso constante). Posteriormente, se determinaba el contenido en cenizas tras combustión a 450 °C (4 horas). En algunos casos, se realizaron calcimetrías a partir de las cenizas, mediante el calcímetro de Bernard (o método volumétrico: SIESSER & ROGERS, 1971).

Adicionalmente, para cada uno de los haces se tomaban una serie de datos biológicos: superficie foliar, número de hojas, tasa de crecimiento, edad, etc. Algunos de ellos eran de medida inmediata; los demás se deducían de las marcas referidas (para mayor información sobre estos aspectos, véase ROMERO, 1986).

El tratamiento estadístico de los resultados obtenidos (básicamente, regresión múltiple) fue hecho según SEBER (1976), empleándose el paquete estadístico BMDP (DIXON, 1981).

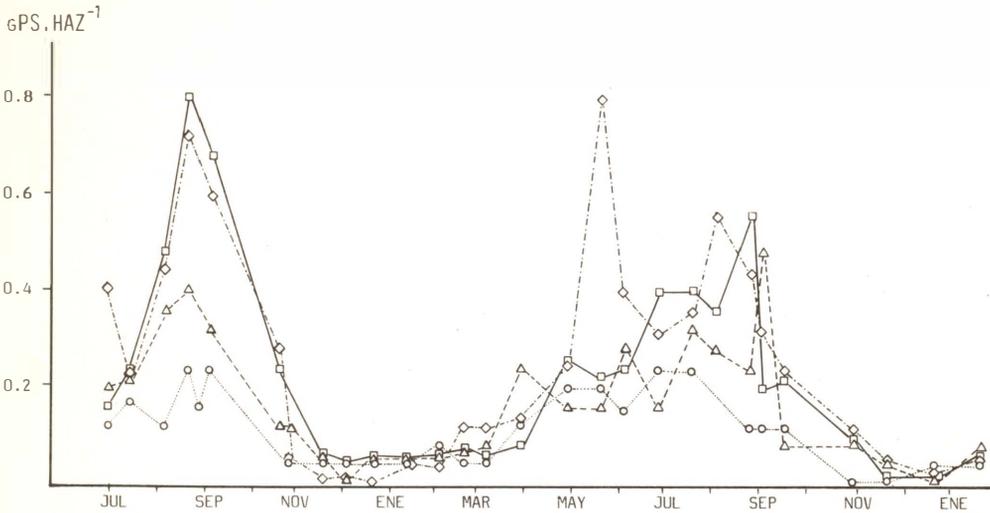


FIG. 2. Variación estacional de la biomasa de epífitos (referida a haces de *Posidonia*) en las cuatro profundidades estudiadas: círculos, 5 metros; triángulos, 6.5 metros; rombos, 8.7 metros; cuadrados: 13 m. *Seasonal evolution of epiphyte biomass. Circles, 5 m; triangles, 6.5 m.; rhombs, 8.7 m; squares, 13 m.*

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

COMPOSICIÓN ESPECÍFICA

Desde el punto de vista específico, tenemos dos grupos de especies, fundamentalmente de algas, que dominan la comunidad epífita de las hojas:

a) una comunidad constituida por pequeños feófitos (*Castagnea irregularis*, *C. cylindrica*, *Giraudia sphacelarioides*, etc.); estas especies aparecen entre marzo y junio, y faltan en la estación más profunda.

b) una comunidad dominada por pequeños rodófitos incrustantes, de los géneros *Fosliella* y *Dermatolithon*. Especies de ambos géneros aparecen durante todo el año, alcanzando un desarrollo máximo en verano.

Adicionalmente, en invierno puede haber una dominancia efímera de animales, sobre todo briozoos (*Electra posidoniae* y otros). Pueden hallarse comentarios más extensos sobre estos aspectos referidos a la pradera de las islas Medes en BALLESTEROS *et*

al., 1984 y GARCIA- RUBIES, 1986. Una lista de las especies vegetales halladas fue presentada por BALLESTEROS & ROMERO, 1983.

BIOMASA. CARBONATOS

En la fig. 2 aparecen los valores de biomasa hallados a lo largo de 19 meses de muestreo. En todas las profundidades aparece un máximo de biomasa a finales de verano, máximo menos patente en las curvas de 5 y 6.5 metros que en las otras dos. A 8.7 metros aparece otro máximo en el mes de mayo, que también es perceptible a 5 y 6.5 metros. El máximo estival corresponde a la comunidad de rodófitos incrustantes, y el primaveral a la comunidad de pequeños feófitos.

Tratándose de comunidades tan "miniaturizadas", los valores de biomasa pueden considerarse elevados; en efecto, en algunos momentos son incluso del mismo orden que la biomasa foliar de *Posidonia*. A fines comparativos, en la tabla I aparecen

TABLA I. Valores de biomasa (máxima anual) de epífitos, referidos a haces (g/haz) y a metro cuadrado de sustrato (g/m^2). Se da también la densidad de la pradera a cada profundidad (haces/ m^2), los valores medios de cenizas (CZ) y carbonatos, así como una estima anual de la producción de carbonatos. *Maximum annual biomass of epiphytes, expressed per unit shoot (g/haz) and per unit area of sea bottom (g/m^2). Posidonia density in shoots/ m^2 (haces/ m^2) and average ash content (CZ) and carbonate content are also given. Carbonate production (last column) is assimilated to maximum annual mineralomass.*

Prof.	g/haz	haces/ m^2	g/m^2	%CZ	% CO_3	gCO_3/m^2
5	0.225	628	141	.	.	82
6.5	0.292	540	158	.	.	92
				72	81	
8.7	0.597	455	271	.	.	158
13	0.465	340	158	.	.	92

valores de biomasa referidos a metro cuadrado de sustrato (sedimento).

Otro aspecto a destacar es que una parte importante de esta "biomasa" corresponde a componentes minerales (véase tabla I), la mayor parte de los cuales son carbonatos. La pradera de *Posidonia* se revela, de resultados de estos datos, como un lugar de elevada producción de carbonatos. Si consideramos como valor mínimo de producción anual al máximo de biomasa hallado y realizamos las oportunas conversiones, llegamos a valores del orden de 1 $\text{tm}/\text{ha.año}$, lo cual, sobre todo tratándose de una subestima, podría resultar una cifra significativa a escala geológica si tales carbonatos fueran a parar al sedimento. Este extremo no está claro, ya que si bien las condiciones de la masa de agua no son favorables a su redisolución (pH alto), también es cierto que podrían darse condiciones más ácidas a pequeña escala (en el sedimento, o a nivel de hojas en descomposición). WEHREN *et al.* (1981) y FRANKIGNOULLE & DISTECHE (1984), tras un estudio detallado del balance del carbono inorgánico en el agua sobre la pradera, concluyen que no es probable una acumulación de carbonatos en este sistema.

FACTORES QUE DETERMINAN LAS VARIACIONES OBSERVADAS

A priori, pueden postularse dos grupos de factores que expliquen las variaciones estacionales y batimétricas que hemos puesto de manifiesto:

a) factores intrínsecos, propios de los epífitos (por ejemplo: disponibilidad de esporas o larvas, requerimientos de irradiancia, nutrientes, etc.)

b) factores extrínsecos, asociados a la naturaleza del forófito (edad de la hoja, posición de la hoja en el haz, etc.).

En la fig. 3 aparece un intento de relacionar algunas de estas características del forófito con la biomasa de epífitos. Puede apreciarse una buena concordancia en algunas fases del ciclo (verano), y mayor discrepancia en otras (primavera). En particular, parecería que el máximo desarrollo de las comunidades epífitas del verano se relaciona con un mayor tiempo de exposición del sustrato (las hojas), mientras que su desaparición estaría asociada a la caída de las mismas (y a un consiguiente rejuvenecimiento del material foliar).

Con objeto de objetivizar un poco más estos aspectos, recurrimos a abordar el problema mediante un análisis de regresión múltiple. Como primera aproximación, consideramos todos los datos (independientemente de la época y la profundidad) como un único colectivo. La variable dependiente fue, obviamente, la biomasa de epífitos, y las independientes:

a) superficie foliar;

b) edad foliar (número de días que, por término medio, llevaba expuesto al agua un cm^2 de hoja);

c) edad del haz (factor de tipo general que crece monótonamente de noviembre a septiembre);

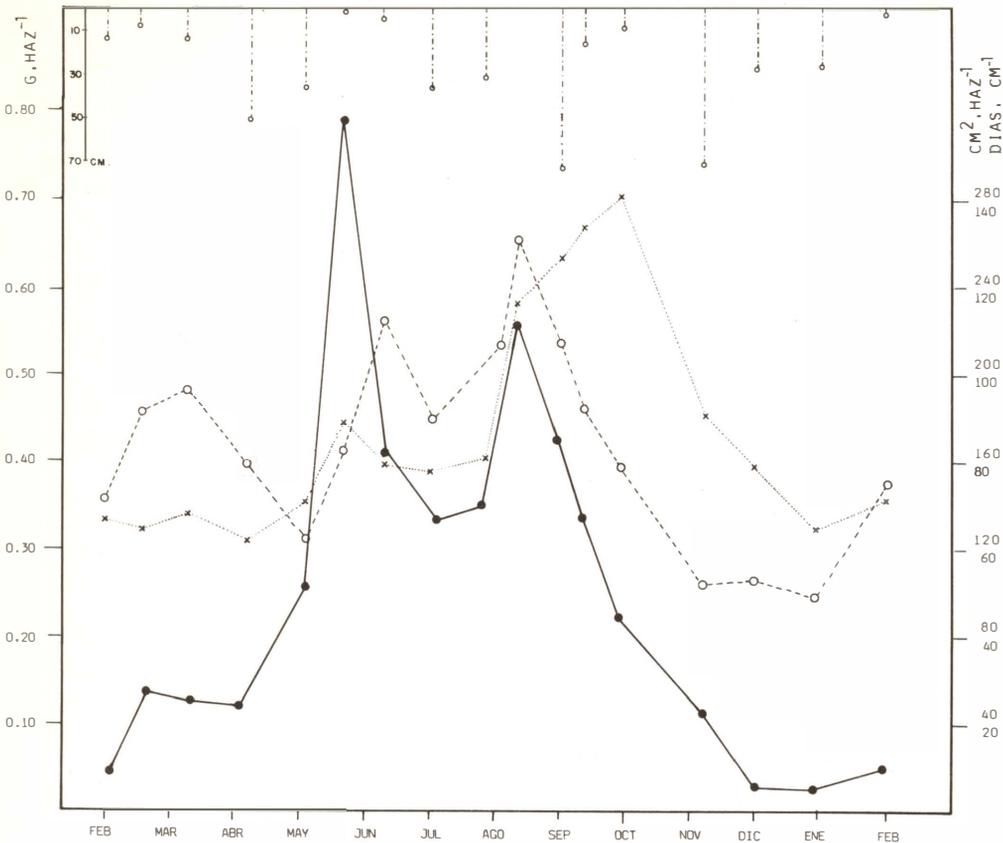


FIG. 3. Evolución de la biomasa de epífitos (trazo continuo) en la estación de 8.7 metros, comparada con: pérdidas de material foliar (parte superior, en cm), superficie foliar (trazo discontinuo, en cm²) y la edad media del material foliar (línea de puntos, días/cm). *Seasonal evolution of epiphyte biomass related to some biological features of Posidonia: losses of leaf material (vertical bars), leaf area (broken line) and age of leaves (dotted line).*

d) pérdidas de material foliar desde la campaña anterior;

e) la varianza de edades entre distintas partes del haz;

f) la longitud media de las hojas y su varianza.

Mediante el criterio CP de Mallows (SEBER, 1976), se seleccionó el subconjunto de variables con mejor poder predictivo, que resultaron ser a), b) y c). El ajuste obtenido ($r^2=0.559$), aunque ampliamente significativo, no resultaba particularmente bueno, hecho que podía ser atribuido a:

i) el modelo lineal es una simplificación excesiva de los fenómenos biológicos;

ii) el efecto de los factores es desigual a lo largo del gradiente batimétrico de la zona estudiada;

iii) el efecto de los factores considerados es desigual a lo largo del año;

iv) existe un componente ajeno a las características biológicas del material foliar.

Respecto al primero de estos puntos, cabe decir que intentamos ajustar modelos en base a transformadas logarítmicas y de otros tipos, sin que se incrementara la bondad del ajuste resultante.

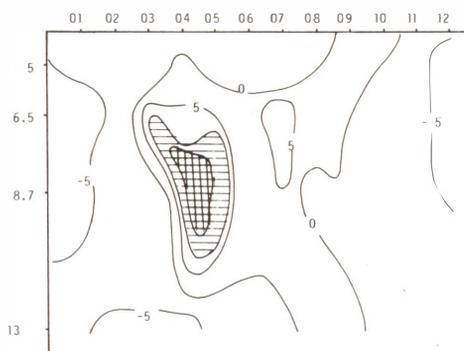


FIG. 4. Representación espaciotemporal de los residuos del modelo predictivo lineal. Plot of residuals of the linear model fitted.

Asimismo, estudiamos por separado los datos de cada una de las cuatro profundidades, si bien ni se incrementaron los respectivos coeficientes de determinación ni se hallaron diferencias significativas entre los ajustes obtenidos.

Sin embargo, al tratar por separado los datos de primavera y verano, llegamos a un resultado más esclarecedor: en las primeras, el ajuste era considerablemente malo ($r^2 = 0.34$, $n=28$), mientras que para las segundas subía espectacularmente ($r^2 = 0.79$, $n=40$). La representación de los residuos del modelo general (fig. 4) resulta también interesante, por cuanto los mayores errores en la predicción de la biomasa tienen lugar en primavera y precisamente en las estaciones donde tiene mayor importancia la comunidad de pequeños feófitos.

A partir de estos hechos, y con las debidas prevenciones debidas a la naturaleza puramente observacional de los datos aportados, parecería poder concluirse que:

a) la comunidad de verano (rodofíceas) constituye el estado más avanzado de una sucesión que se ve truncada por la caída de las hojas con los temporales de otoño

b) la comunidad de primavera (feofíceas) es una fase estacional dentro del desarrollo de las comunidades epífitas, además probablemente de carácter fotófilo.

BIBLIOGRAFÍA

- BALLESTEROS, E., 1987. Estructura i dinàmica del poblament algal de les fulles de *Posidonia oceanica* (L.) Delile als herbeis de Tossa de Mar (Girona). *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 54 (Sec. Botànica, 6): 19-30.
- BALLESTEROS, E.; GARCIA, A.; LOBO, A. & ROMERO, J., 1984. L'alguer de *Posidonia oceanica* de les illes Medes. In: ROS *et al.* (eds.), *Els sistemes naturals de les illes Medes*, 739-60. Institut d'Estudis Catalans. Barcelona.
- BEN, D. Van Der, 1971. Les épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* Delile sur les cotes françaises de la Méditerranée. *Mem. Inst. Roy. Sci. Nat. Belgique*, 168:1-101.
- BOERO, F., 1981. Systematics and ecology of the hydroid population of two *Posidonia oceanica* meadows. *P.S.Z.N. Marine Ecology*, 2: 181-197.
- COLOGNOLA, R.; GAMBI, M.C. & CHESSA, L., 1984. Polychaetes of the *Posidonia oceanica* (L.) Delile foliar stratum: comparative observations. *Int. Workshop on Posidonia oceanica beds*, 1: 101-108.
- DIXON, W.J., 1981. *BMDP statistical software*. University of California. Berkeley.
- EUGENE, C., 1978. *Etude de l'épifaune des herbiers de Posidonia oceanica* (L.) Delile du littoral provençal. Thèse 3ème cycle. Université Aix-Marseille II.
- FRANKIGNOULLE, M. & DISTECHE, A., 1984. CO₂ chemistry in the water column above a *Posidonia* seagrass bed and related air-sea exchanges. *Oceanol. Acta*, 7(2): 209-219.
- GARCIA-RUBIES, A., 1986. *Estudi sistemàtic i ecològic dels cnidaris associats a les fulles de Posidonia oceanica* (L.) Delile. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Barcelona.
- KERNEIS, A., 1960. Contribution à l'étude faunistique et écologique des herbiers de Posidonies de la région de Banyuls. *Vie Milieu*, 11: 145-187.
- MAZZELLA, L. & OTT, J.A., 1984. Seasonal changes in some features of *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves and epiphytes at different depths. *Int. Workshop on Posidonia oceanica beds*, 1: 119-127.
- PANA Y O'IDIS, P., 1980. *Contribution à l'étude qualitative et quantitative de l'association Posidonietum oceanicae Funk*, 1927. Thèse 3ème cycle. Université d'Aix-Marseille.
- PÉRÈS, J.M. & PICARD, J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. Sta. Mar. Endoume*, 31(47): 1-247.
- PICARD, J., 1952. Les hydrozoaires des herbiers de zostéracées des côtes françaises de la Méditerranée. *Vie Milieu*, suppl. 2: 217-223.
- ROMERO, J., 1985. *Estudio ecológico de las fanerógamas marinas de la costa catalana*:

- producción primaria de Posidonia oceanica en las islas Medas*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.
- ROMERO, J., 1986. Primary production of *Posidonia oceanica* beds in the Medes Is. (Girona, NE Spain). *Int. Workshop on Posidonia oceanica beds*, 2: en prensa.
- ROMERO, J. & BALLESTEROS, E., 1983. Etude quantitative des épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* dans deux stations de la Costa Brava (NE de l'Espagne). *Com. Pres. I Int. Workshop on Posidonia oceanica beds* (inédito).
- RUSSO, G.F.; FRESI, E.; VINCI, D. & CHESSA, L.A., 1984. Mollusk syntaxon of foliar stratum along a depth gradient in a *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadow: seasonal variability. *Int. Workshop on Posidonia oceanica beds*, 1: 311-318.
- SCIPIONE, M.B. & FRESI, E., 1984. Distribution of amphipod crustaceans in *Posidonia oceanica* (L.) Delile foliar stratum. *Int. Workshop on Posidonia oceanica beds*, 1:319-329.
- SEBER, G.A.F., 1976. *Linear regression analysis*. John Wiley. Nueva York.
- SIESSER, W.G. & ROGERS, J., 1971. An investigation on the suitability of four methods used in routine carbonate analysis of marine sediments. *Deep-Sea Research*, 18: 135-139.
- THÉLIN, I. & BEDHOMME, A.L., 1983. Biomasse des épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* dans un herbier superficiel. *Rapp. Com. Int. Mer Médit.*, 28(3):125-126.
- WEHREN, J.C.; BOUQUEGNEAU, J.M.; GILLAIN, G. & DISTECHE, A., 1981. Mesure en continu de l'évolution nyctémérale du pH de l'eau de mer au niveau des herbiers de posidonies (*Posidonia oceanica* (L.) Delile) dans la baie de Calvi. *Bull. Soc. R. Sci. Liège*, 11-12: 549-551.

