

Distribution longitudinale des bryophytes d'un fleuve méditerranéen du N.E. de l'Espagne : Le Fluvià.

Josep Peñuelas¹

Jordi Catalan¹

La végétation bryophytique du Fluvià, fleuve méditerranéen à bassin calcaire, a été étudié. 19 espèces aquatiques (submergées) et 27 espèces hygrophiles (entre 0 et 20 cm au dessus du niveau de l'eau) ont été trouvées. Les premières suivent une distribution zonale, qui a permis de diviser la rivière en trois secteurs : le cours supérieur, dominé par *Barbula ehrenbergii*, le cours moyen, dominé par *Rhynchostegium riparioides* et le cours inférieur, qui constitue le domaine des phanérogrames aquatiques du genre *Potamogeton*. Les espèces hygrophiles, au contraire, se distribuent plus régulièrement tout au long de la rivière.

Longitudinal distribution of bryophytes in the Fluvià, a mediterranean river in the north-east of Spain.

The bryophyte vegetation was studied in the Fluvià, a mediterranean river in a calcareous area. 19 aquatic species (submerged) and 27 hygrophilic species (between 0 and 20 cm above the water surface) have been found. The aquatic species followed a zonal distribution that could be used to divide the river into three sections : the upper course, dominated by *Barbula ehrenbergii*, the middle course, dominated by *Rhynchostegium riparioides*, and the lower course which was dominated by phanerograms of the genus *Potamogeton*. In contrast, the hygrophilic species were distributed more regularly along the course of the river.

1. — Introduction

Ce travail est une nouvelle contribution à la connaissance de la végétation bryophytique des fleuves de l'Espagne et s'inscrit à la suite de celui de Penuelas (1983). Cet auteur citait divers travaux sur les mousses de fleuves et de torrents, notamment : Wilson (1968) pour l'Amérique, Bonnard & Michon (1981) pour la France, Empain (1973) pour la Belgique, Muhle *et al* (1979) pour l'Europe centrale, Watson (1919), Holmes & Whitton (1977), Merry *et al* (1981) pour l'Angleterre, et, finalement, pour l'Espagne, Allorge (1947), Vigón (1977) et Gil & Varó (1981). Les fleuves objets des études ici référencées coulent dans des régions dont le climat est soit atlantique soit continental humide. Dans le présent travail, les recherches ont été menées dans le Fluvià, fleuve typiquement méditerranéen. Notre but principal a été d'étudier la végétation bryophytique submergée et ses variations au long de l'année ; on a

cherché aussi à la comparer aux mousses hygrophiles qui poussent sur les rives, sous un régime d'humidité très élevée et soumises à des périodes d'immersion lorsque le débit augmente.

2. — Caractéristiques du fleuve étudié

Le Fluvià naît dans les pré-Pyrénées, à 1000 mètres d'altitude ; il a une longueur de 97 km et la surface de son bassin peut être estimée à quelques 1100 km². L'apport qu'il reçoit est de 225 Hm³ en moyenne annuelle. Les terrains qu'il traverse sont calcaires et d'origine alluviale. Il présente une légère pollution (Tableau 1) dans son cours supérieur, dans la région de la Garrotxa ; cette pollution est due aux nombreux effluents urbains, industriels et agricoles qu'il reçoit à quelques kilomètres de sa source, dans les vallées d'en Bas et d'Olot. Dans cette région, le climat est humide avec plus de 1000 mm de précipitation annuelle. Plus tard, le fleuve pénètre dans les régions du Gironès et de l'Empordà, dont le climat est nettement méditerranéen (600 mm de précipitation annuelle), et où il ne rencontre que peu de centres urbains ou industriels.

¹ Departament d'Ecologia, Facultat de Biologia, Diagonal 645, Barcelona, Espagne.

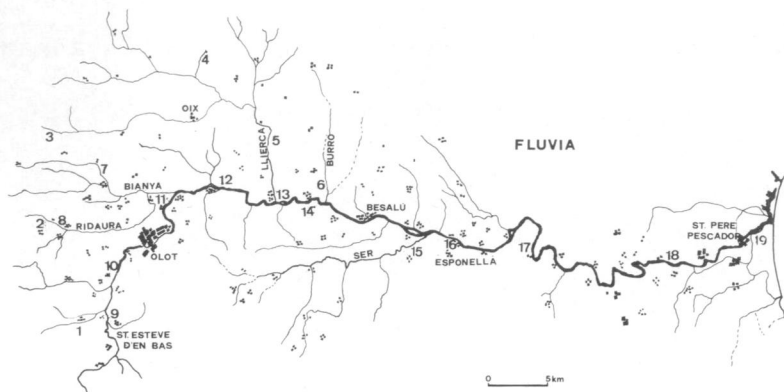


FIG. 1. Carte de la zone étudiée, avec la localisation des stations et des principales agglomérations urbaines.

TABLEAU I. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau à Olot et Esponellà.

	Olot			Esponellà		
	Moyen	Maximum	Minimum	Moyen	Maximum	Minimum
Débit m ³ /s	1.8	7.9	0.1	6.7	28	1.3
T°C	14	23	7	16	24	10
O ₂ mg/l	10	12	7	10	12	8
Matière particulaire mg/l	6	26	2	8	16	4
pH	7.8	8.2	7.5	7.7	8	7.4
DBO mg/l	2.3	4	1.6	1.7	2.7	0.4
Coliformes/100 cm ³	50 000	90 000	10 000	2 000	4 000	100
Cl ⁻ mg/l	29	38	19	35	44	28
SO ₄ ⁼ mg/l	40	48	29	270	364	194
SiO ₃ ⁼ mg/l	8.8	9.5	8	7.7	12	6
Alcalinité mg CaCO ₃ /l	185	256	25	187	230	66
PO ₄ ⁼ mg/l	1.8	3.4	1.1	0.2	0.3	0.1
Ca ⁺⁺ mg/l	97	100	96	157	182	111
Mg ⁺⁺ mg/l	14	18	11	19	28	14
NO ₂ ⁻ mg/l	0.04	0.05	0.03	0.0004	0.01	0.000
NO ₃ ⁻ mg/l	14	16	13	6	9	4

Le régime du Fluvia est pluvial, avec une légère tendance nivo pluviale, à cause de l'origine prépyrénéenne de ses affluents de la rive gauche : Biánya, LLierca et Burro.

3. — Méthodologie

Quatre campagnes d'échantillonnages ont été effectuées, en Novembre, Février, Mai et Août 1983. A chaque sortie, 19 stations étaient visitées (fig. 1). Les données physico-chimiques de l'eau pour Olot et pour Esponellà ont été fournies par le Commissariat des Eaux des Pyrénées Orientales (M.O.P., 1983). Pour les autres stations, ces données furent obtenues à l'aide d'un conductimètre YSI et d'un pHmètre Metrohm E488.

Dans chaque station, la végétation bryophytique submergée fut échantillonnée intensivement ; pour chaque espèce fut notée son abondance relative, selon une échelle conventionnelle +, 1, 2, 3, 4, 5.

Pour les espèces hygrophiles habitant les rives, entre 0 et 20 cm au dessus du niveau de l'eau, seules furent notées la présence (+) ou l'absence (.)

La nomenclature utilisée pour les mousses est celle de Casas (1981) et pour les hépatiques celle de Duell (1983).

4. — Résultats et Discussion

Les caractéristiques physico-chimiques (Tableau 1) montrent qu'il s'agit d'une rivière dont les eaux sont alcalines, avec une légère pollution organique au début de son cours.

Les espèces trouvées complètement submergées sont récapitulées dans le tableau 2, selon un ordre décroissant d'abondance. L'absence de bryophytes aquatiques à la station 9 peut être sûrement attribuée à la pollution organique. Elles sont également absentes dans les stations 13, 17, 18, dans le cours inférieur de la rivière, sur des substrats de galets ou de sédiments, là où le courant est faible. La station 10 où les rejets urbains sont déjà assez dilués par l'eau des divers affluents, nous surprend par sa végétation bryophytique exubérante et diversifiée, dominée par *Fontinalis antipyretica*. Cette espèce forme des grandes masses (fructifiées au mois de février) qui recouvrent presque totalement le lit rocheux de la rivière, se trouvant à leur tour recouvertes de *Sphaerotilus natans*, bactérie indicatrice de matière organique. Plus tard, au printemps et pendant l'été, cette bactérie se trouve bien moins

développée. Ce fait s'accorde bien avec les expériences de Peñuelas (1984a), selon lesquelles *Fontinalis antipyretica* se révélait comme l'une des mousses les plus résistantes à la contamination organique. Une autre espèce également résistante est *Rhynchostegium riparioides*. En effet, de la station 2 à la station 8, séparées d'à peine 1 Km, mais recevant des effluents agricoles (élevage de bétail), la communauté à *Barbula ehrenbergii* caractéristique des têtes de fleuve calcaire, se voit remplacée par le communauté des secteurs moyen et inférieur, dominée par *Rhynchostegium riparioides*.

Très peu de changements stationnels ont été notés au cours de cette étude. On a pu remarquer la récupération progressive des stations qui furent dévastées par des inondations antérieures au début de nos campagnes : la station 7 qui ne présentait pas de bryophytes lors des premières visites, se trouvait colonisée vers la fin par des populations encore peu développées, tandis que le point 13 avait totalement récupéré sa végétation rivulaire.

D'une façon globale, à partir de la végétation bryophytique et en suivant les idées de certains limnologues (Margalef 1983), on peut subdiviser la rivière en trois secteurs correspondant avec les trois secteurs traditionnels appelés cours supérieur, moyen et inférieur (fig. 2) :

1) Zone proche de la source du fleuve et des affluents, sur terrains calcaire avec des eaux propres, avant la traversée des centres urbains importants (stations 1,2,3,4,5,6). La végétation bryophytique est dominée par *Barbula ehrenbergii*, fréquemment accompagnée par *Cratoneuron commutatum*, *Bryum pseudotriquetrum* et *Jungermannia atrovirens*. Ces espèces sont communes dans les fleuves de l'Espagne méditerranéenne calcaire (Allorge 1947 ; Sanchez & Gil 1982 ; Peñuelas 1983b) ; beaucoup d'entre elles et particulièrement *Barbula ehrenbergii* forment des travertins, à cause de la précipitation de CaCO₃ sur les feuilles.

2) Zone moyenne, avec des eaux déjà plus polluées dans la traversée des centres urbains, et avec une pente moins forte (stations 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). L'espèce *Rhynchostegium riparioides* y domine, accompagnée par *Cinclidodus* spp., *Fissidens* spp., *Fontinalis* spp., *Leptodictyum riparium* et *Hygroamblystegium tenax*. Dans les fleuves et torrents moins alcalins, *Rhynchostegium riparioides* prend encore plus d'importance (Peñuelas 1983).

TABLEAU II. Espèces de bryophytes aquatiques, trouvées totalement submergées dans le Fluvial. L'abondance relative a été notée selon une échelle de + à 5. Dans ce tableau sont aussi listées les planétogames aquatiques trouvées totalement submergées.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
Altitude (m)	900	800	800	800	300	200	350	600	450	425	350	250	180	140	100	70	20	4			
C ($\mu\text{S. cm}^{-1}$)	275	300				1200	400		650	500	400	600	900	700	600	800	750	900			
Bryophytes aquatiques																					
<i>Barbula ehrenbergii</i> (Lur.) Fleisch.																					
<i>Rhynchostegium riparioides</i> (Hedw.) Card.	5	3	3	2	3				+											1	17,5
<i>Criocnemis commutatum</i> (Hedw.) G. Roth	2	2	4	2	2	2	2	5	2	2	+	+	+	+	3	+					17,5
<i>Bryum pseudotriquetrum</i> (Hedw.) Gaertn.			5	2					+												14,5
<i>Cinclidius fontinaloides</i> (Hedw.) P. Beauv.				2					+												6
<i>Fissidens crassipes</i> Wils. ex B.S.G.	+			2				+	+	1	+	+	+								5,5
<i>Fissidens rufulus</i> B.S.G.	1								+						3	+					5
<i>Lepidodictyum riparium</i> (Hedw.) Warnst.									+												5
<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.									1	2	+	+	+	1							4,5
<i>Cinclidius mucronatus</i> (Brid.) Mach.									4												4
<i>Hygroamblystegium tenax</i> (Hedw.) Jenn.			1						3												4
<i>Junggermannia atroviridis</i> Dum.									1	1	+	+	+	+							4
<i>Oerodictyon fontanum</i> (B. Pyl.) Lindb.	+	3																			3,5
<i>Fontinalis hypnoides</i> Hartm.							3														3
<i>Bryum</i> sp.																					3
<i>Fissidens grandifrons</i> Brid.						1	1				1	+									2
<i>Eurhynchium spectiosum</i> Brid.) Jur.																					0,5
<i>Fissidens taxifolius</i> Hedw.											+										0,5
<i>Eurhynchium swartzii</i> (Turn.) Warnst.									+												0,5
Planétogames aquatiques submergées																					
<i>Poramogeton nodosus</i> Poiteb.															4						11
<i>Poramogeton pectinatus</i> L.												+		+	1						6
<i>Poramogeton crispus</i> L.																					1
<i>Oroenlandia densa</i> Four.															1						1
<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.																					0,5
<i>Callitriche</i> spp.											+	+	+	+	+						(2)

Cette espèce se trouve sur des roches et de gros cailloux, dans les zones généralement de faible profondeur et à courant fort. *Cinclidotus fontinaloides* domine dans les zones rocheuses soumises à des périodes d'émersion prolongées. Les espèces de *Fissidens* occupent les zones d'eau dormante et un peu plus profondes. *Octodiceras fontanum*, espèce très peu citée jusqu'à présent en Espagne (Peñuelas 1984b) a été trouvée sur le mur du réservoir d'Esponellà (station 16), son habitat typique selon Wattez (1976).

3) Zone inférieure, avec une pente minimum et un courant très faible ; le substrat est vaseux. La végétation est dominée par des phanérogames, spécialement par les espèces *Potamogeton pectinatus* et *P. nodosus*.

Cette distribution zonale ne semble pas être suivie par les espèces hygrophiles des rives (Tableau III) qui se trouvent plus ou moins tout le long du fleuve : *Marchantia paleacea*, *Pellia endiviifolia*, *Brachythecium rutabulum*, *Conocephalum conicum*, *Cratoneuron filicinum*, *Eurhynchium speciosum*...

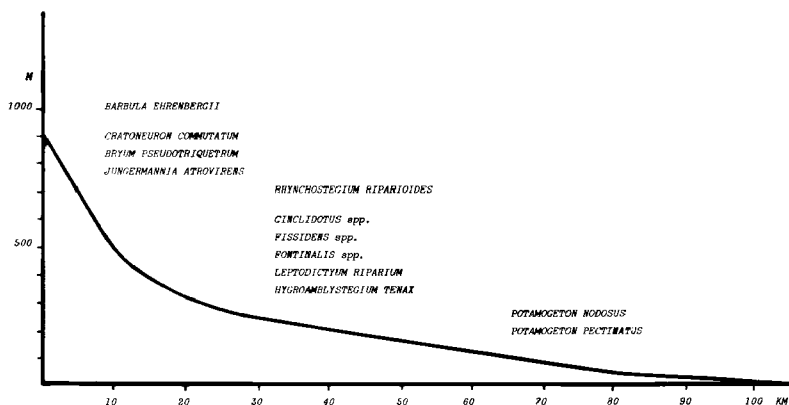


FIG 2. Profil longitudinal de la rivière, en signalant les communautés de macrophytes caractéristiques des cours haut, moyen et bas. Les espèces sont ordonnées dans chaque groupe selon leur abondance relative.

Remerciements

Les auteurs remercient vivement la Dra. Casas, qui les a aidés dans la détermination des exemplaires délicats.

Travaux cités

- Allorge (P.). 1947.— *Essai de Bryogeographie de la péninsule Ibérique*. Paul Lechevalier, Paris, 114 p.
- Bonnard (R.) et Michon (A.). 1981.— Les groupements de macrophytes aquatiques de la Loue. *Annals Limnol.*, 17 (2) : 105-120.
- Casas (C.). 1981.— The mosses of Spain. An annotated check-list. *Treballs de l'Institut Botànic de Barcelona*, 7 : 1-57.
- Duell (R.). 1983.— Distribution of the european and macaronesian Liverworts (Hepticophytina). *Bryologische Beiträge*, 2 : 1-115.
- Empain (A.). 1973.— La végétation bryophytique aquatique et subaquatique de la Sambre belge : son déterminisme écologique et ses relations avec des pollutions des eaux. *Lejeunia*, 69 : 1-58.
- Gil (J.A.) et Varó (J.). 1981.— Estudio briosociológico de las comunidades reófilas de Sierra Nevada (España). *Criptogamie (Bryologie et Lichenologie)*, 2 (4) : 423-440.
- Gilme (J.M.). 1968.— Ecological observations on some bryophytes in Apalachian mountain streams. *Castanea*, 33 : 300-325.
- Holmes (N.T.) et Whittin (B.A.). 1977.— Macrophytic vegetation of the river Swale, Yorkshire. *Freshwat. Biol.*, 7 : 545-558.
- Margalef (R.). 1983.— *Limnologia*, Omega, Barcelona. 1010 p.
- Merry (D.G.), Slater (F.M.), et Randerson (P.F.). 1981.— The riparian and aquatic vegetation of the river Wye. *Journal of Biogeography*, 8 : 313-327.
- Ministerio de Obras Públicas (M.O.P.). 1983.— *Análisis de la calidad del agua*. Publicaciones del M.O.P., Madrid.
- Muhle (D.G.), Scherrer (M.) et Winkler (S.). 1979.— Wassermoose in den Nebenflüssen der Donau um Ulm. *Mitteilungen des vereins für Naturwissenschaft und Mathematik Ulm*, 30 : 115-129.
- Peñuelas (J.). 1983.— Vegetación briofítica acuática del río Muga y sus afluentes (Girona). II Congreso de la Asociación Española de Limnología, Murcia.
- Peñuelas (J.). 1984a.— Pigments of aquatic mosses of the river Muga (N.E. Spain) and their response to organic pollution. *Lyndbergia*, (sous presse).
- Peñuelas (J.). 1984b.— *Octodicerus fontanum* (B. Pyl.) Lindb a Catalunya. *Folia Botanica Miscellanea*, (sous press).
- Sánchez (P.M.) et Gil (J.A.). 1982.— Vegetación criptogámica de las tobas de la provincia de Granada (España). *Collectanea Botanica*, 13 (1) : 231-245.
- Vigón (E.). 1977.— *Estudio de la flora y vegetación muscinal acuática de la zona occidental asturiana*. Tesis de la Universidad de Oviedo, Oviedo, 340 p.
- Watson (W.). 1919.— The Bryophytes and Lichens of fresh water. *J. Ecol.*, 7 (1) : 71-83.
- Wattez (J.R.). 1976.— Les bryophytes aquatiques et subaquatiques, bioindicateurs de la pollution des eaux douces. Pages 173-182. In *La pollution des eaux continentales*, P. Pesson, Paris.