

Article

« Étude comparée des communautés benthiques et ripicoles endogées d'un réseau méditerranéen perturbé : l'Arc (Bouches-du-Rhône, France) »

C. Playoust, J. J. Musso et G. Prevot

Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 2, n° 4, 1989, p. 587-605.

Pour citer cet article, utiliser l'information suivante :

URI: <http://id.erudit.org/iderudit/705044ar>

DOI: 10.7202/705044ar

Note : les règles d'écriture des références bibliographiques peuvent varier selon les différents domaines du savoir.

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter à l'URI <https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/>

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche. Érudit offre des services d'édition numérique de documents scientifiques depuis 1998.

Pour communiquer avec les responsables d'Érudit : info@erudit.org

Étude comparée des communautés benthiques et ripicoles endogées d'un réseau méditerranéen perturbé : l'Arc (Bouches-du-Rhône, France)

Comparative study of benthic and riparian invertebrate communities in a disturbed low-altitude mediterranean river system : the Arc (Bouches-du-Rhône, France)

C. PLAYOUST*, J.J. MUSSO*, G. PREVOT*

RÉSUMÉ

L'utilisation des méthodes biologiques et plus particulièrement l'étude des communautés benthiques pour l'appréciation de la qualité des eaux est actuellement d'un usage général. L'impact des perturbations des milieux peut être déduit de la composition et de la structure des peuplements qu'ils hébergent. En est-il de même pour les peuplements d'invertébrés ripicoles endogés humides, soumis moins directement à l'influence du milieu aquatique ? Pour répondre à cette question une étude comparée (par analyse factorielle des correspondances) a été entreprise sur le réseau hydrographique d'une rivière de la région méditerranéenne, l'Arc, présentant des situations hydrochimiques variées.

L'A.F.C., à partir de l'axe I, sépare les prélèvements d'invertébrés benthiques des prélèvements d'invertébrés ripicoles. Sur l'axe II les couples, prélèvement benthique - prélèvement ripicole de chaque station, possèdent sensiblement la même valeur sur l'axe et s'ordonnent selon un gradient de trophie croissant de l'amont vers l'aval. Les communautés ripicoles endogées humides peuvent donc être considérées comme des bio-indicateurs

* Laboratoire de Biologie Animale-Ecologie, Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme, Avenue Escadrille Normandie-Niemen, 13397 Marseille Cedex 13, France.

de la chimie de l'eau de la même manière que les communautés benthiques. Par contre le facteur temporalité (axe III) a une influence plus importante sur les communautés benthiques que sur les communautés ripicoles.

L'examen de la répartition des taxons sur les axes factoriels a permis de déterminer un certain nombre d'espèces qui, tout en étant représentées dans les 2 milieux, sont caractéristiques de l'habitat rivulaire endogé humide. La prise en compte des peuplements ripicoles, malgré des difficultés d'ordre taxonomique, pourrait être envisagée lors de la détermination de la qualité des eaux.

Mots clés : *Hydrosystème méditerranéen perturbé, invertébrés benthiques, invertébrés ripicoles, analyse comparative, pollution.*

SUMMARY

Utilization of biological methods and particularly through the study of benthic communities in order to estimate the quality of the water is for the present time very common. The impact of the disturbances of the medium may be deduced from the composition and the structure of the populations living there. But is it altogether the same for endogenous riparian wet invertebrate populations less directly submitted to the influence of the aquatic medium ?

To answer to this question, a comparative study (Factorial Analysis of Correspondances) has been carried out on the hydrographic network of the Arc river (Mediterranean region) which exhibits diversified hydrochemical situations. From and after axis I, the F.A.C. separates the benthic invertebrate samples from the riparian invertebrate ones. On axis II, the couples "benthic samples-riparian samples" of each station appreciably possess the same value on the axis and are arranged according to a trophic gradient ascending from upstream to downstream. The wet endogenous riparian communities can therefore be considered as bioindicators of the chemistry of the water in the same way as benthic communities. In contrast, the temporality factor (axis III) has a more important influence on the benthic communities than on the riparian ones.

Examination of the distribution of the taxons on the factorial axis leads to identify a certain number of species which, although present in both mediums are characteristic of the wet endogenous riverside habitat. Taking into account of the riparian populations, in spite of taxonomic difficulties, should be considered as a valuable method for the determination of the quality of the waters.

Key-words : *Disturbed mediterranean hydrosystem, benthic invertebrates, riparian invertebrates, comparative analysis, pollution.*

INTRODUCTION

Si les écosystèmes lotiques ont donné lieu depuis de nombreuses années à d'importants et volumineux travaux, le milieu rivulaire, pourtant proche et inféodé à la structure même du cours d'eau, n'a été que peu prospecté et étudié.

Dans une étude récente, l'un d'entre nous (PLAYOUST, 1988) a brièvement défini les divers types de communautés d'Invertébrés qui peuplent ce milieu de bordure et fait état des recherches les concernant. Globalement, il est possible de séparer, d'une part, les peuplements ripicoles terrestres épigés décrits principalement par BIGOT (1977), GAUTIER (1980), FAVET (1981), BOUMEZZOUGH (1983, 1988), d'autre part, les Invertébrés ripicoles benthiques analysés par BOURNAUD et COGERINO (1986). Dans une position intermédiaire se situent les biocénoses ripicoles endogées humides dont certains aspects ont fait l'objet de recherches par VAILLANT (1954), FLUELER-CHETELAT (1986), PLAYOUST (1988).

Aucun travail de synthèse n'a été réalisé sur ce dernier type de faune. Nous nous proposons, dans cette première approche, de comparer les communautés benthiques et ripicoles endogées humides dans un cours d'eau méditerranéen soumis à de fortes perturbations et d'analyser la réponse de ces zoocénoses aux diverses situations hydrochimiques.

1. Stations d'étude et méthodologie

1.1 Stations d'étude

Quatre stations sont situées sur le cours principal de l'Arc (A2, A3, A4 et A9) et 5 sur des affluents (B1, B2, B3, B7 et B8) (figure 1).

1.2 Méthodologie

Les communautés benthiques et ripicoles endogées humides sont échantillonnées tous les 2 mois au cours d'un cycle annuel (septembre 1984 à juillet 1985).

- *Invertébrés benthiques* : quatre relevés quantitatifs sont réalisés à l'aide d'un filet Surber de 0,3 m de vide de maille soit un échantillonnage de 0,4 m² de substrat dans chaque station. Ces quatre relevés ont été effectués en diversifiant les substrats, deux en faciès lotique, deux en faciès lénitique.
- *Invertébrés ripicoles endogés humides* : la partie terrestre de la rive est constamment humectée par l'eau remontant par capillarité, ce secteur fluctue en fonction du niveau des eaux et de la pente. Le milieu prospecté se situe dans cette zone à la limite de l'affleurement de l'eau et peut ainsi varier selon les hautes ou les basses eaux. Dans chaque station trois prélèvements de substrat sont effectués. Chaque prélèvement est réalisé à l'aide d'une pelle plate, perpendiculairement à la rive, sur une distance de 5 à 10 cm (selon la déclivité) à partir de l'interface eau-terre ; il représente une surface de 800 cm² de plage émergée pour une profondeur de 2 cm, soit un volume de 1600 cm³. Les divers types de substrats rencontrés dans chaque station ont été pris en compte.

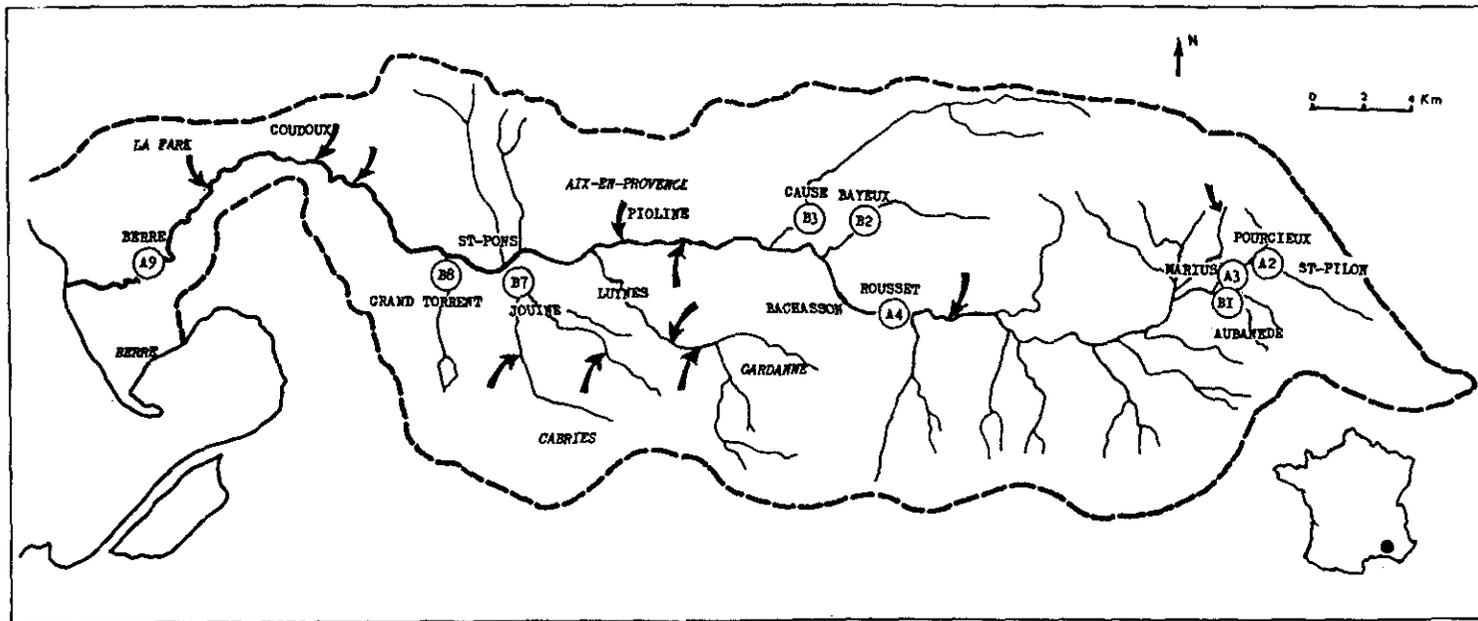


Figure 1. - Réseau hydrographique de l'Arc. Flèches : perturbations.

Figure 1. - Arc river hydrographic system. Arrows : perturbations.

2. Contexte hydrochimique

L'Arc est l'exutoire de nombreux effluents issus des activités anthropiques régionales. Les foyers de pollution (figure 1) peuvent être attribués à trois secteurs principaux d'activité : urbanisation, industries, agriculture.

2.1 Cours axial

Les eaux de l'Arc sont dures, moyennement alcalines, au pouvoir tampon élevé. Les teneurs en orthophosphates, nitrates, azote ammoniacal, chlorures, sulfates, matières organiques dissoutes et matières organiques en suspension traduisent dès les premiers kilomètres (A3) un état de pollution qui atteint son maximum en aval de la ville d'Aix-en-Provence. Cette situation ne s'améliore que partiellement à l'embouchure de l'Arc dans l'étang de Berre (tableau 1).

2.2 Affluents

La qualité de l'eau des affluents prospectés est très variable. Les eaux de B1, B2, B3 et B8 sont dures, très productives et fortement minéralisées, avec des teneurs en nitrates modérées et des ions NO_2^- , NH_4^+ et PO_4^{3-} absents ou à l'état de traces. Ces cours d'eau présentent une situation hydrochimique normale, exempte de contamination. B2 est caractérisé par une conductivité très élevée, liée à de fortes valeurs en calcium. B7 possède des teneurs en sels largement supérieures aux seuils de pollution. Les concentrations élevées en orthophosphates et nitrates résultent de l'importance des activités agricoles implantées sur son bassin versant.

3. Organisation des communautés benthiques et ripicoles endogées humides

Un inventaire faunistique global des invertébrés benthiques et ripicoles endogés, réalisé par PLAYOUST (1988) sur 17 stations du réseau, fait état de 300 éléments systématiques. Dans les neuf stations concernées par cette étude, 195 taxons seulement sont retenus (tableau 2) ; 105 n'apparaissent pas soit en raison de leur absence dans ces stations, soit parce qu'ils ne sont représentés que par un seul individu dans tous les prélèvements et non pris en compte dans l'analyse factorielle. Les 195 taxons restant se partagent en 88 espèces présentes dans les peuplements benthiques et ripicoles, 74 espèces strictement inféodées au milieu humide et 33 au milieu ripicole endogé. La faune ripicole endogée est représentée essentiellement par des larves de Diptères (54,5 %), des vers : Turbellariés, Hirudinés et Oligochètes (24,5 %) et des Coléoptères (larves et adultes : 16,5 %).

4. Analyse comparative des communautés benthiques et ripicoles endogées

Le traitement simultané, par une analyse multivariée (A.F.C.) des relevés des faunes benthiques et ripicoles permettra de mettre en évidence les affinités et les différences cénotiques entre les deux communautés en fonction des variations des composantes du milieu.

Tableau 1. - Résultats des analyses physico-chimiques. Moyenne de 11 campagnes (novembre 1983 - juillet 1985).

Table 1. - Physical and chemical descriptors. Average values during the 11 trips (november 1983 - july 1985).

ELEMENTS STATIONS	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	HCO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻³	CA ⁺⁺	MG ⁺⁺	CL ⁻	MESo	MESm	MOch	MOfr	DBO ₅	PH	T°	O ₂	Cond.	SO ₄ ⁻²
A2	0.01	4.1	0.03	163	0.04	106.2	21	18.2	0.6	2.5	1.06	1.1	1.3	7.4	9.3	89	483	37
A3	0.29	7.7	0.2	167	2.89	126	22	36.7	1.5	7.6	2.76	2.1	1.7	7.7	10.4	88	620	87
A4	0.64	14.5	0.46	142	2.87	125	22	49.2	2.8	10.7	2.7	2.5	2.7	7.4	11.5	87	690	115
A9	0.86	19.8	1.1	140	5.71	117	18	46.7	23.3	9.6	3.0	3.0	5.8	7.4	13.9	102	720	112
B1	0.04	12.3	0.02	157	0.05	126	21	35.8	2.0	3.7	1.42	1.4	2.2	7.7	10.4	91	631	74
B2	0.02	1.98	0.01	106	0.06	76	15	17.2	1.4	10.6	4.2	4.5	1.4	7.5	12.3	103	370	42
B3	0.03	2.4	0.01	127	0.23	85	12	24.9	2.9	7.4	2.44	2.6	1.5	7.1	12.8	103	428	29
B7	0.81	13.8	1.37	160	4.64	123	17	53	10.5	7.1	3.1	3.1	4.7	7.8	11.1	83	710	118
B8	0.05	4.7	0.06	113	0.18	91	14	25.5	3.3	7.8	2.2	2.1	3.5	7.7	11.3	102	425	72

Une A.F.C. est effectuée sur une matrice de données de dimensions 195 x 18. Les 195 lignes (tableau 2) correspondent aux taxons répertoriés dans les prélèvements (représentés au minimum par deux individus) d'invertébrés benthiques et/ou ripicoles. Les 18 colonnes correspondent aux 9 stations et aux 2 milieux considérés pour chacune d'elles. Les effectifs représentent la somme de 6 campagnes ; ils sont exprimés en classes d'abondance.

4.1 Caractéristiques et interprétation des axes factoriels

4.1.1 Caractéristiques des axes factoriels

Les trois premiers axes factoriels représentent 51,1 % de l'information apportée par la matrice de données faunistiques (tableau 3). Les informations apportées par les axes I, II et III sont visualisées par des cartes factorielles (figures 2 à 5).

4.1.2 Ordination des prélèvements sur l'axe factoriel I (figure 2)

Cet axe sépare les prélèvements d'Invertébrés benthiques (A2, A3, A4, A9, B1, B2, B3, B7 et B8) et d'Invertébrés ripicoles (codés RA2,... RB8), situation qui, a priori, ne peut surprendre en raison de la nature très différente des habitats prospectés. Les premiers ont tous des coordonnées positives élevées sur l'axe et les seconds des coordonnées négatives.

L'axe I (pourcentage d'inertie : 27,2 %) confirme ainsi les différences de composition et de structure des peuplements d'Invertébrés colonisant d'une part les milieux benthiques et d'autre part les habitats rivulaires d'un cours d'eau.

Tableau 3. - Pourcentage de variance pour les 5 premières composantes principales.

Table 3. - Variance percentage of the 5 first main components.

	Valeur propre	% d'inertie	inertie cumulée
Axe I	0,090	27,2	27,2
II	0,049	14,8	42,0
III	0,030	9,1	51,1
IV	0,022	6,6	57,7
V	0,020	6,1	63,8

4.1.3 Ordination des prélèvements sur l'axe factoriel II (figure 3)

Les relevés benthiques et rivulaires des quatre affluents "naturels" (B1, B2, B3, B8) ont des coordonnées négatives sur cet axe, les points-stations B3, RB3, B8 et RB8 étant les plus contributifs. Tous les autres relevés (cours principal et affluent pollué B7) ont des coordonnées positives.

Tableau 2. - Liste et codage des taxons. Milieu ou l'espèce a été récoltée : b = benthique, r = ripicole. Ni codage ni espèce 107 et 108.

Table 2. - List and coding of points-taxons. Sampling medium of the species : b = benthic, r = riparian. Neither coding nor species 107 and 108.

1	<i>Dugesia gonocephala</i> (Duges)	b r	67	<i>Halipilus lineatocollis</i> Marsham.	b r	133	<i>Tipula</i> sp.5	. r
2	<i>Dugesia lugubris</i> (Schmidt)	b r	68	<i>Halipilus</i> sp.	b r	134	<i>Dicranomyia mitis</i> Meigen	. r
3	<i>Polycelis felina</i> (Daly)	b .	69	<i>Laccophilus hyalinus</i> (De Geer)	. r	135	<i>Antocha vitripennis</i> Meigen	b .
4	<i>Dendrocoelum lacteum</i> (Müller)	b .	70	<i>Hydroporus tessellatus</i> Drap.	b r	136	<i>Dicranota</i> sp.	b r
5	<i>Gordius aquaticus</i> L.	b r	71	<i>Hydroporus</i> sp.	b .	137	<i>Pseudolimnophila lucorum</i> Meigen	. r
6	<i>Oligochètes</i>	b r	72	<i>Scarodytes halensis</i> (Fabr.)	b .	138	<i>Elocephila</i> sp.	. r
7	<i>Glossiphonia complanata</i> (L.)	b r	73	<i>Scarodytes</i> sp.	b .	139	<i>Pilaria discicollis</i> Meigen	b r
8	<i>Glossiphonia heteroclita</i> (L.)	b .	74	<i>Stictotarsus duodecimpustulatus</i> (F.)	b r	140	<i>Neolimnomyia nemoralis</i> Meigen	. r
9	<i>Helobdella stagnalis</i> (L.)	b r.	75	<i>Stictonectes lepidus</i> (Oliv.)	b r	141	<i>Hexatoma bicolor</i> Meigen	b r
10	<i>Hemiclepsis marginata</i> (Müller)	b .	76	<i>Deronectes moestus</i> Fairm.	b .	142	<i>Erioptera lutea</i> Meigen	b r
11	<i>Erpobdella octoculata</i> (L.)	b r	77	<i>Potamonectes</i> sp.	b .	143	<i>Scleroprocta</i> sp.	b .
12	<i>Potamopyrgus jenkinsi</i> Smith	b r	78	<i>Agabinectes didymus</i> Oliv.	b r	144	<i>Cheilotrichia</i> sp.	. r
13	<i>Bythinella</i> sp.	b r	79	<i>Phothydraena testacea</i> Curtis	. r	145	<i>Ormosia</i> sp.	b r
14	<i>Bithynia</i> sp.	b .	80	<i>Hydraena</i> sp. 1	b r	146	<i>Molophilus</i> sp.	b r
15	<i>Physa acuta</i> Drap.	b r	81	<i>Hydraena</i> sp.2	b r	147	<i>Gonomyia lucidula</i> De meij.	. r
16	<i>Lymnaea peregra</i> Müller	b r	82	<i>Asiobates</i> sp.	b r	148	<i>Idiocera lateralis</i> Macq.	. r
17	<i>Planorbis</i> sp.	b .	83	<i>Hydrochus grandicollis</i> Kiesw.	. r	149	<i>Austrolimnophila</i> sp.	. r
18	<i>Ancyclus fluviatilis</i> Müller	b r	84	<i>Paracymus</i> sp.	. r	150	<i>Pericoma fallax</i> Eaton	b .
19	<i>Pisidium subtruncatum</i> Malm.	b r	85	<i>Anacaena bipustulata</i> Marsh	. r	151	<i>Satchelliella trivialis</i> (Eaton)	b .
20	<i>Asellus aquaticus</i> L.	b r	86	<i>Anacaena globulus</i> Payk	. r	152	<i>Jungiella parvula</i> (Vaillant)	b .
21	<i>Gammarus (fossarum + pulex)</i>	b r	87	<i>Anacaena limbata</i> Fabr.	. r	153	<i>Psychoda alternata</i> Say	b .
22	<i>Baetis lutheri</i> Müller Lieb.	b .	88	<i>Laccobius</i> sp.	b r	154	<i>Psychoda cinerea</i> Banks	b .
23	<i>Baetis muticus</i> L.	b .	89	<i>Limnebius</i> sp.	. r	155	<i>Psychodidae</i> sp.1	b r
24	<i>Baetis rhodani</i> Pictet	b r	90	<i>Dryops luridus</i> Erichson	b r	156	<i>Psychodidae</i> sp.2	b .
25	<i>Baetis sinicus</i> Bog.	b .	91	<i>Dryops lutulentus</i> Erichson	b .	157	<i>Dixa maculata</i> Meigen	b .
26	<i>Closon</i> sp.	b .	92	<i>Dryops</i> sp.	b r	158	<i>Dixa nebulosa</i> Meigen	b r
27	<i>Ecdyonurus</i> sp. 2	b .	93	<i>Helichus substriatus</i> Müller	b r	159	<i>Dixa</i> sp.	b .
28	<i>Ephemerella ignita</i> Poda	b .	94	<i>Elmis (aenea + maugetii)</i>	b r	160	<i>Eusimulium aureum</i> (Fries)	b r
29	<i>Caenis</i> sp.1	b .	95	<i>Esolus parallelepipedus</i> Müller	b r	161	<i>Wilhelmia equina</i> (L.)	b .
30	<i>Caenis</i> sp.2	b .	96	<i>Esolus</i> sp.	b r	162	<i>Tetisimulium bezzii</i> (Corti)	b .

31	<i>Habrophlebia fusca</i> Curt.	b r	97	<i>Limnius intermedius</i> Fair.	b r	163	<i>Simulium gaudi</i> Gren. et Faure	b .
32	<i>Ephemera danica</i> Müller	b r	98	<i>Limnius volckmari</i> Panzer	b r	164	<i>Simulium ornatum</i> (Meigen)	b .
33	<i>Nemoura cinerea</i> Retz.	b r	99	<i>Oulimnius troglodytes</i> Gyll.	b r	165	Tanypodinae	b r
34	<i>Nemoura</i> sp.	b .	100	<i>Oulimnius</i> sp.	b .	166	Orthocladinae	b r
35	<i>Protonemura intricata</i> Ris	b .	101	<i>Riolus subviolaceus</i> Muller	b .	167	<i>Corynoneura</i> sp.1	b .
36	<i>Leuctra geniculata</i> Steph.	b r	102	<i>Riolus</i> sp.	b r	168	Chironomini sp.	b r
37	<i>Leuctra</i> sp.	b .	103	<i>Stenelmis semicanaliculata</i> Gyll.	b .	169	Tanytarsini sp.	b r
38	<i>Capnia bifrons</i> Newm.	b .	104	<i>Helodes</i> sp.	b r	170	Ceratopogonidae	b r
39	<i>Isoperla grammatica</i> Poda	b .	105	<i>Hydrocyphon</i> sp.	b .	171	<i>Beris vallata</i> (Forst)	b .
40	<i>Perla marginata</i>	b .	106	<i>Rhyacophila dorsalis</i> Curtis	b .	172	<i>Oxycera pardalina</i> Meigen	b r
41	<i>Calopteryx splendens</i> (Harris)	b r	109	<i>Agapetus cravensis</i> Giudicelli	b .	173	<i>Oxycera</i> sp.1	. r
42	<i>Calopteryx virgo</i> L.	b .	110	<i>Hydroptila vectis</i> Curtis	b r	174	<i>Oxycera</i> sp.2	. r
43	<i>Sympetma fusca</i> (Linden)	b .	111	<i>Hydroptila</i> sp.	b r	175	Atalantinae sp.	b r
44	<i>Lestes viridis</i> (Linden)	b .	112	<i>Wormaldia occipitalis</i> Pictet	b r	176	Hemerodromiinae sp.1	b .
45	Lestidae	b .	113	<i>Hydropsyche modesta</i> Kum. et Bots.	b .	177	Hemerodromiinae sp.2	b .
46	<i>Platycnemis latipes</i> Rambur	b r	114	<i>Hydropsyche pellucidula</i> Curtis	b r	178	Hemerodromiinae sp.3	b r
47	<i>Coenagrion coarulescens</i> (Fonsc.)	b .	115	<i>Hydropsyche siltalai</i> Dolher	b r	179	Hydrophorus sp.	. r
48	<i>Coenagrion mercuriale</i> (Charp.)	b .	116	<i>Plectrocnemia</i> sp.	b .	180	<i>Liancalus virens</i> (Scop.)	b r
49	<i>Coenagrion lindenii</i> Selys	b .	117	<i>Psychomyia pusilla</i> Fbre.	b r	181	Dolichopodidae sp.1	b r
50	<i>Boyeria irene</i> (Fonsc.)	b .	118	<i>Lype reducta</i> Hagen	b r	182	Dolichopodidae sp.2	. r
51	<i>Aeshna affinis</i> Linden	b .	119	<i>Tinodes</i> sp.	b .	183	<i>Chrysops</i> sp.	b r
52	<i>Gomphus</i> sp.	b .	120	Limnephilini	b r	184	<i>Tabanus maculicornis</i> Zett.	b r
53	<i>Onychogomphus uncatatus</i> (Charp.)	b r	121	Stenophylacini + Chaetopterygini	b .	185	<i>Tabanus</i> sp.	b r
54	<i>Cordulegaster bidentatus</i> Selys	b .	122	<i>Silo nigricornis</i> Pictet	b .	186	<i>Atrichops crassipes</i> Meigen	b r
55	<i>Cordulegaster boltoni</i> (Donovan)	b r	123	<i>Sericostoma galeatum</i> Ramb.	b r	187	<i>Chrysopilus auratus</i> F.	. r
56	<i>Cordulegaster annulatus</i> Latreille	b .	124	<i>Ctenophora pectinicornis</i> L.	b r	188	Syrphidae sp.2	. r
57	<i>Somatochlora metallica</i> (Linden)	b .	125	<i>Ctenophora</i> sp.1	b r	189	Ephydriidae sp.1	. r
58	<i>Libellula fulva</i> Müller	b r	126	<i>Ctenophora</i> sp.2	. r	190	Ephydriidae sp.2	b r
59	<i>Orthetrum</i> sp.	b .	127	<i>Ctenophora</i> sp.3	. r	191	Ephydriidae sp.3	. r
60	<i>Sympetrum vulgatum</i> (L.)	b .	128	<i>Tipula lateralis</i> Meigen	b r	192	Ephydriidae sp.4	. r
61	<i>Nepa cinerea</i> L.	b r	129	<i>Tipula</i> sp.1	b r	193	Ephydriidae sp.5	. r
62	<i>Gerris thoracicus</i> Schum.	b .	130	<i>Tipula</i> sp.2	. r	194	<i>Hydrillia</i> sp.	b r
63	<i>Hydrometra stagnorum</i> L.	b .	131	<i>Tipula</i> sp.3	. r	195	<i>Melanochelia</i> sp.	b r
64	<i>Microvelia pygmaea</i> (Duf.)	b .	132	<i>Tipula</i> sp.4	b r	196	Sclariidae	. r
65	<i>Velie caprai</i> Tamarin	b r				197	Cecidomyiidae	. r
66	<i>Orectochilus villosus</i> Müller	b .						

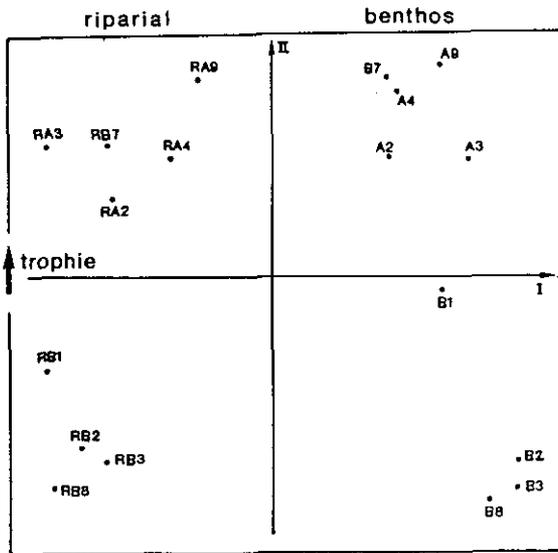


Figure 2. - A.F.C. comparative des peuplements benthiques et ripicoles. Carte factorielle I/II. Points-prélèvements. (Les codes-stations précédés de la lettre "R" correspondent aux prélèvements d'invertébrés ripicoles).

Figure 2. - A.F.C. comparing benthic and riparian communities. Factorial map I/II. Sample points. (Station codes preceded by the letter "R" correspond to riparian invertebrate samples).

L'examen des analyses physico-chimiques (tableau 1) montre pour les stations du cours principal (A2 ... A9) une augmentation régulière des ions NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , Cl^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , ainsi que des matières organiques et minérales en suspension. La station B7, sur un affluent pollué, apparaît dans le tableau 1, proche de A9.

Les prélèvements s'échelonnent ainsi sur l'axe factoriel II selon un gradient de trophie croissant de l'amont vers l'aval. Les coordonnées des relevés de faune benthique et ripicole d'une même station sont toujours très proches sur l'axe II. Cette observation met en évidence la similitude des réponses des peuplements benthiques et rivulaires aux variations des composantes "eutrophisation + eutrophication" dans l'écosystème Arc, similitude illustrée sur la carte factorielle I/II (figure 2).

4.1.4 Ordination des prélèvements sur l'axe factoriel III (figure 3)

Cet axe oppose les peuplements benthiques et ripicoles du haut réseau (B1, A2, A3) à ceux de la moyenne et basse vallée de l'Arc (A4, A9, B2, B3, B7 et B8). L'examen des débits instantanés (tableau 4) montre que dans les stations A3 et B1 les conditions hydrologiques, à certaines périodes de l'année sont très proches de la semi-temporarité ; ces deux stations sont les plus contributives au pôle négatif de l'axe III. La station A2, située en amont de A3, présente des caractéristiques proches de cette dernière. A l'inverse, A9 proche de l'embouchure de l'Arc, et

à un degré moindre B8, B7 et B3. sont caractérisées par un débit régulier et permanent. Ces quatre stations sont les plus contributives au pôle positif de l'axe III.

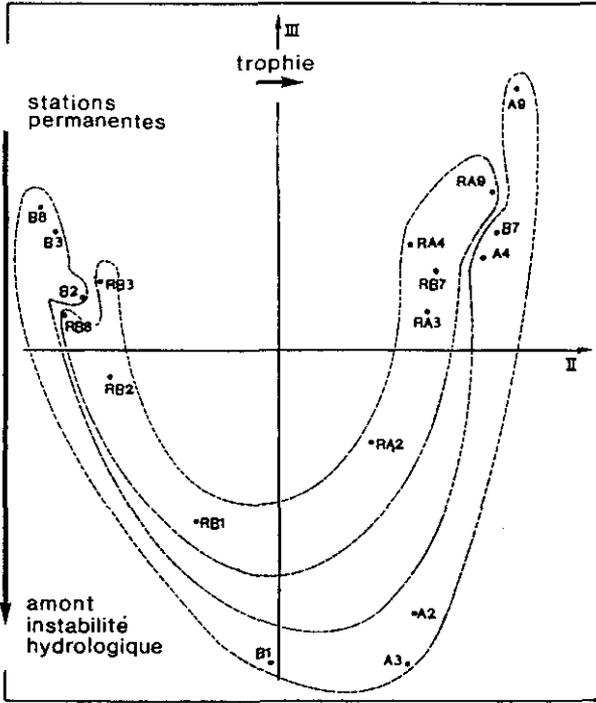


Figure 3. - A.F.C. comparative des peuplements benthiques et ripicoles. Carte factorielle II/III. Points-prélèvements. (Les codes-stations précédés de la lettre "R" correspondent aux prélèvements d'invertébrés ripicoles).

Figure 3. - A.F.C. comparing benthic and riparian communities. Factorial map II/III. Sample points. (Station codes preceded by the letter "R" correspond to riparian invertebrate samples).

Il apparaît ainsi que la partie négative de l'axe III traduit un régime hydrique instable, facteur sélectif qui agit à la fois sur les organismes benthiques et ripicoles endogés mais d'une façon différente selon le type de peuplement considéré ; ainsi l'ordination des prélèvements sur l'axe factoriel III indique que les peuplements benthiques du haut réseau (A2, A3, B1) ont des coordonnées négatives très inférieures à celles des prélèvements des berges (RA2, RA3, RB1). Les organismes benthiques apparaissent ainsi plus sensibles aux facteurs de temporalité (périodes d'étiages et d'assecs) que les organismes ripicoles, vraisemblablement mieux adaptés à un habitat hydrologiquement instable. VAILLANT (1954) a constaté ainsi à plusieurs reprises, que la densité des populations madicoles (ensemble des animaux qui se développent sur un substrat recouvert par une pellicule d'eau courante d'épaisseur inférieure à 2 mm) des cours d'eau temporaires était plus grande que celle des ruisseaux permanents situés à proximité.

Tableau 4. - Débits instantanés ($l.s^{-1}$) réalisés sur l'Arc (A3 - A9) et les affluents (B1 - B2 - B3 - B7 - B8).

Table 4. - Flow rates ($l.s^{-1}$) of Arc river (A3 - A9) and its tributaries (B1 - B2 - B3 - B7 - B8).

STATIONS	DATES	Nov. 1983	Mars 1984	Juil. 1984	Sept. 1984	Nov. 1984	Janv. 1985	Mai 1985	Juil. 1985
A3		20	360	18	143	405	226	512	34
A9		1132	3050	1012	1753	3404	2950	4037	1330
B1		3	119	20	7	15	94	50	21
B2		66	111	76	72	105	211	127	76
B3		236	65	53	51	55	62	156	46
B7		199	485	276	276	300	357	632	193
B8		190	266	188	151	323	226	306	147

4.2 Modalités de distribution spatiale des espèces

4.2.1 Répartition des espèces sur l'axe factoriel I (figure 4)

La distribution des peuplements benthiques et ripicoles traduite par l'axe factoriel I n'est pas due à la contribution des espèces récoltées exclusivement dans l'un des deux milieux : dans leur majorité, les espèces les plus contributives aux pôles positif et négatif de cet axe, tout en ayant une abondance maximale dans l'un des biotopes, sont aussi représentées par de rares individus dans l'autre.

Seront successivement examinées :

- Les espèces communes aux habitats benthiques et rivulaires et très contributives sur l'axe I.

Les densités de *Baetis rhodani* et des Diptères *Tanypodinae* sont élevées en milieu benthique et très faibles en zones de bordure. A l'opposé le Coléoptère *Dryops* sp. et les Diptères *Oxycera pardalina*, *Psychodidae* sp. 1, *Tipula lateralis* et *Liancalus virens* abondent dans les prélèvements des rives et sont plus rares dans les communautés benthiques.

- Les espèces exclusives d'un habitat et très contributives sur l'axe I.

Ces espèces sont peu nombreuses : *Chrysopilus auratus* est présente dans tous les prélèvements des rives (à l'exception de RA4) ; *Simulium ornatum* et *Hemerodromiinae* sp. 1 sont par contre strictement benthiques.

- Les espèces moyennement contributives de coordonnées élevées sur l'axe I.

Parmi celles-ci, *Ancylus fluviatilis*, *Baetis lutheri*, *Ephemerella ignita*, *Habrophlebia fusca*, *Nemoura* sp., *Isoperla grammatica*, *Eusimulium aureum* et *Tanytarsini* sp. (coordonnées positives) sont caractéristiques de la communauté benthique. Elles s'opposent au Coléoptère *Asiobates* sp. et aux Diptères *Ctenophora* sp., *Tipula* sp. 1 et sp. 2, *Neolimnomya nemoralis*, *Idiocera lateralis*, *Cedidomyidae* sp. et *Dolichopodidae* sp. 1 (coordonnées négatives), espèces représentatives du peuplement ripicole.

- Les espèces exclusives peu contributives sur l'axe I.

On remarque que certaines espèces strictement benthiques (*Protoneura intricata*, *Dixa maculata*, *Beris vallata*) ou ripicoles (*Anacaena globulus*, *Dicranomyia mitis*, *Cheilotrichia* sp.) ont un effectif faible. Leurs coordonnées sont proches de l'origine des axes et leurs contributions dans l'analyse sont modestes, l'A.F.C. étant réalisée à partir de classes d'abondances et non d'après un critère de présence/absence des espèces.

- Les espèces abondantes dans les deux habitats.

Les Coléoptères *Elmis aenea*, *E. maugetii* et *Esolus parallelepipedus* ont des coordonnées et des contributions très faibles sur l'axe factoriel I. Ces espèces ont une vie entièrement aquatique, mais peuvent émerger par temps de pluie et leur nymphose a toujours lieu hors de l'eau (BERTRAND, 1954). Ces organismes, considérés comme amphibies (BERTHELEMY, 1966), sont récoltés dans des proportions similaires dans les habitats benthiques et rivulaires des affluents naturels de l'Arc et n'apportent donc aucune information relative à la différenciation des zoocénoses qui s'y rattachent.

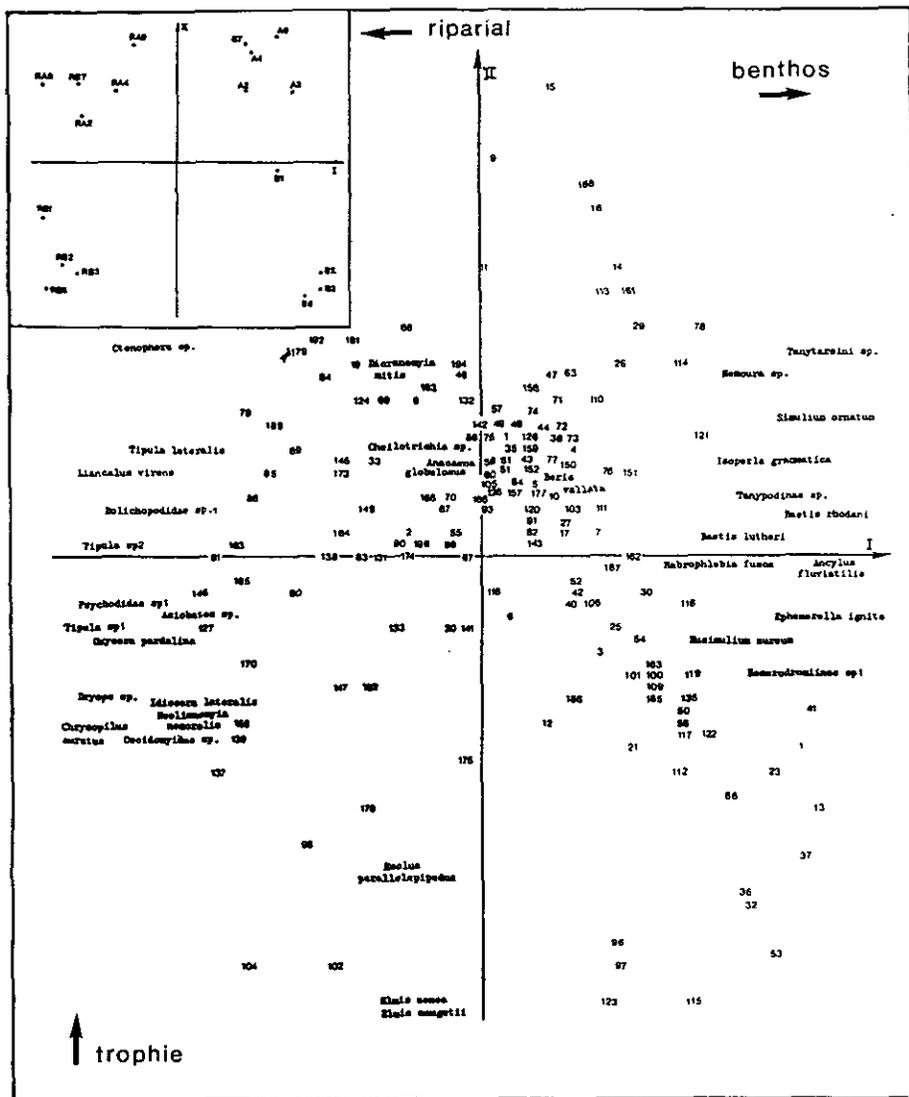


Figure 4. - A.F.C. comparative des peuplements benthiques et ripicoles. Carte factorielle I/II. Points-taxons. (Le codage des taxons est indiqué dans le tableau 2).

Figure 4. - A.F.C. comparing benthic and riparian communities. Factorial map I/II. Points-taxons. (For coding of points-taxons see table 2).

Toutes les espèces citées dans ce paragraphe, à l'exception des Coléoptères *Elmidae* caractérisent l'une ou l'autre des communautés échantillonnées.

- Parmi les espèces caractéristiques de l'habitat benthique (coordonnées positives) *Simulium ornatum*, *Hemerodromiinae sp.*, *Baetis lutheri*.

Ephemera ignita, *Isoperla grammatica* et *Nemoura* sp. sont exclusives des prélèvements benthiques ; *Baetis rhodani*, *Habrophlebia fusca*, *Ancyclus fluviatilis*, *Eusimulium aureum*, *Tanypodinae* sp. et *Tanytarsini* sp. sont aussi inféodées au milieu benthique bien que parfois récoltées en zone rivulaire.

- Parmi les espèces caractéristiques du domaine riparial (coordonnées négatives) *Chrysopilus auratus*, *Ctenophora* sp. 1, *Tipula* sp. 2, *Neolimnomyia nemoralis* et *Idiocera lateralis* sont exclusives de ce milieu. *N. nemoralis* et *I. lateralis* vivent dans les sols marécageux, le bord des rivières et les sols saturés en eau (BRINDEL, 1967). La larve de *Ctenophora* recherche le bois pourri, humide et fermenté (SEGUY, 1950). *C. auratus* a une valence écologique plus large puisqu'elle est présente dans les sources, les milieux madicoles, ainsi que les berges de cours d'eau et certains biotopes édaphiques très humides (BOUMEZ-ZOUGH et THOMAS, 1987). Ce noyau d'espèces à tendance hygrophile est composé également de Coléoptères et de nombreux Diptères dont quelques individus appartiennent aux prélèvements benthiques : *Dryops* sp., *Asiobates* sp., *Tipula lateralis*, *Tipula* sp. 1 et sp. 2, *Psychodidae* sp. 1, *Oxycera pardalina*, *Liancalus virens*, *Dolichopodidae* sp. 1 et *Cecidomyidae* sp.

4.2.2 Répartition des espèces sur l'axe factoriel II (figure 5)

Les espèces contribuant le plus à la hiérarchisation des prélèvements sur l'axe factoriel II sont :

- *Chironomini* sp., *Physa acuta*, *Lymnaea peregra*, *Helobdella stagnalis* et les Oligochètes pour son pôle positif.
- *Ephemera danica*, *Limnius intermedius*, *Elmis aenea*, *E. maugetii*, *Riolus* sp., *Helodes* sp., *Hydropsyche siltalai* et *Sericostoma galeatum* pour son pôle négatif.

Ces taxons, bien que récoltés dans les deux types d'habitats, sont surtout des organismes benthiques. Leur abondance élevée, supérieure à celle des Invertébrés à "tendance ripicole", est responsable de leur importante contribution sur l'axe factoriel II.

D'autres espèces, moins contributives, ont également des coordonnées élevées sur l'axe II : *Leuctra geniculata*, *Limnius volkmari*, *Esolus parallelepipedus* et *Onychogomphus uncatus* se disposent à l'extrémité négative de l'axe ; *Erythrodella octoculata*, *Bithynia* sp., *Caenis* sp. 1, *Halipilus* sp., *Hydropsyche modesta* et *Ephydriidae* sp. 2 prennent place à son extrémité positive. Les espèces ayant des coordonnées positives sont des organismes polluo-résistants (*Chironomini* sp., Oligochètes) ou potamophiles (*Hydropsyche modesta*). Les Diptères *Ephydriidae* sont les seuls représentants ripicoles témoignant de l'enrichissement du milieu aquatique par leurs coordonnées positives élevées. Les espèces les plus caractéristiques de milieux non eutrophisés sont ici des organismes benthiques : *Leuctra geniculata*, *Ephemera danica*, *Sericostoma galeatum*. A celles-ci s'ajoutent les Coléoptères *Elmidae*, communs aux deux peuplements : *Elmis maugetii*, *E. aenea*, *Limnius volkmari*, *I. intermedius*, *Esolus parallelepipedus* et *Riolus* sp.

4.2.3 Répartition des espèces sur l'axe factoriel III (figure 5)

Les espèces les plus contributives au facteur "stabilité hydrologique", traduit par le pôle positif de l'axe III, sont communes aux peuplements benthiques et ripicoles. Ce sont : *Athricops crassipes*, ,

Physa acuta, *Dugesia gonocephala* et les Oligochètes. Par contre, les espèces caractéristiques des stations à régime hydrologique instable du haut réseau de l'Arc (contributions élevées sur le pôle négatif de l'axe) sont des espèces limnophiles soit strictement benthiques : *Cloeon* sp., *Nemoura* sp., *Scarodytes* sp., *Potamonectes* sp., *Deronectes moestus* et *Pericoma fallax*, soit communes aux deux milieux : *Habrophlebia fusca*, *Haliphus lineatocollis*, *Dicranota* sp.. On note de plus, sur la partie négative de l'axe, une ordination d'espèces de coordonnées négatives de plus en plus proches de l'origine : *Ephemerella ignita*, *Eusimulium aureum*, *Hydraena* sp., *Laccobius* sp., *Asiobates* sp., *Gordius aquaticus*, *Plectrocnemia* sp., *Hydroporus tessellatus*, *Dryops luridus*, *Hydrochus grandicollis*, *Phothydraena testacea*, *Anacaena bipustulata* et *Ctenophora pectinicornis*. Cette ordination traduit l'affinité de chaque espèce pour le milieu benthique (coordonnées négatives élevées) ou rivulaire (coordonnées proches de l'origine). Ainsi *Ephemerella ignita* et *Eusimulium aureum* sont des organismes benthiques et même rhéophiles (*E. aureum*). A l'opposé, *Hydrochus grandicollis*, *Phothydraena testacea*, *Anacaena bipustulata* et *Ctenophora pectinicornis* sont des espèces exclusivement ripicoles, les larves de *C. pectinicornis* (Tipulidae) se développent dans les milieux modérément humides et fuient les sols trop mouillés (THEOWALD, 1978). *Dryops luridus*, *Hydroporus tessellatus* et *Hydraena* sp. 2, de coordonnées négatives intermédiaires, sont communes aux deux peuplements.

4.2.4 Distribution des espèces dans le plan factoriel II/III

Les 18 points-prélèvements dessinent dans le plan II/III une courbe en "U" (figure 3). Cette disposition résulte de la combinaison des facteurs traduits par l'axe II ("eutrophisation + eutrophication") et par l'axe III (instabilité hydrologique). Les points formant la concavité de la courbe représentent les prélèvements effectués dans les stations à régime hydrologique instable, peu ou pas perturbées par les activités anthropiques. Sur la branche droite de la courbe se répartissent les prélèvements réalisés dans les stations permanentes soumises à une forte eutrophisation et sur la branche gauche les peuplements des stations permanentes "naturelles".

La figure 3 met en évidence les similitudes des peuplements benthiques et ripicoles dans chacune des stations du réseau de l'Arc. En effet, l'ensemble des points-stations peut être divisé en deux sous-ensembles juxtaposés et de même forme, l'un composé de tous les prélèvements effectués en milieu benthique et l'autre représenté par les prélèvements des rives. On remarque cependant que les stations permanentes, perturbées ou naturelles, présentent une plus grande ressemblance de leurs peuplements benthiques et ripicoles respectifs que les stations à régime hydrologique instable du haut réseau. Cette différence est due à la sensibilité des organismes benthiques au facteur temporarité. Elle est également visualisée par la carte factorielle des points-espèces (figure 5). Sur cette dernière, les espèces ripicoles se situent près de l'origine des axes, d'où la répartition des prélèvements des rives qui sont nettement attirés par le pôle positif de l'axe III. Le prélèvement rivulaire de la station RA3 à la position la plus extrême (coordonnées positives sur l'axe III) ; *Anacaena bipustulata*, Coléoptère essentiellement représenté dans cette station, est une espèce particulièrement adaptée aux bordures de ruisseaux et d'étangs astatiques (OLMI, 1978).

Le regroupement des prélèvements benthiques du haut réseau (A2, A3, B1) à l'extrémité de l'axe III est corrélé à l'abondance de *Cloeon* sp.,

Habrophlebia fusca et *Nemoura* sp., espèces bien adaptées aux assècs des milieux temporaires bien qu'elles colonisent des habitats très divers. *Nemoura cinerea*, en particulier, est récoltée dans les sources de résurgence et les étangs de plaine (MOULINS, 1962), les cours d'eau permanents et les déversoirs de lacs (BERTHELEMY, 1966), les ruisseaux temporaires (LEGIER et TALIN, 1973) et les rives de lacs (MULLER, 1976).

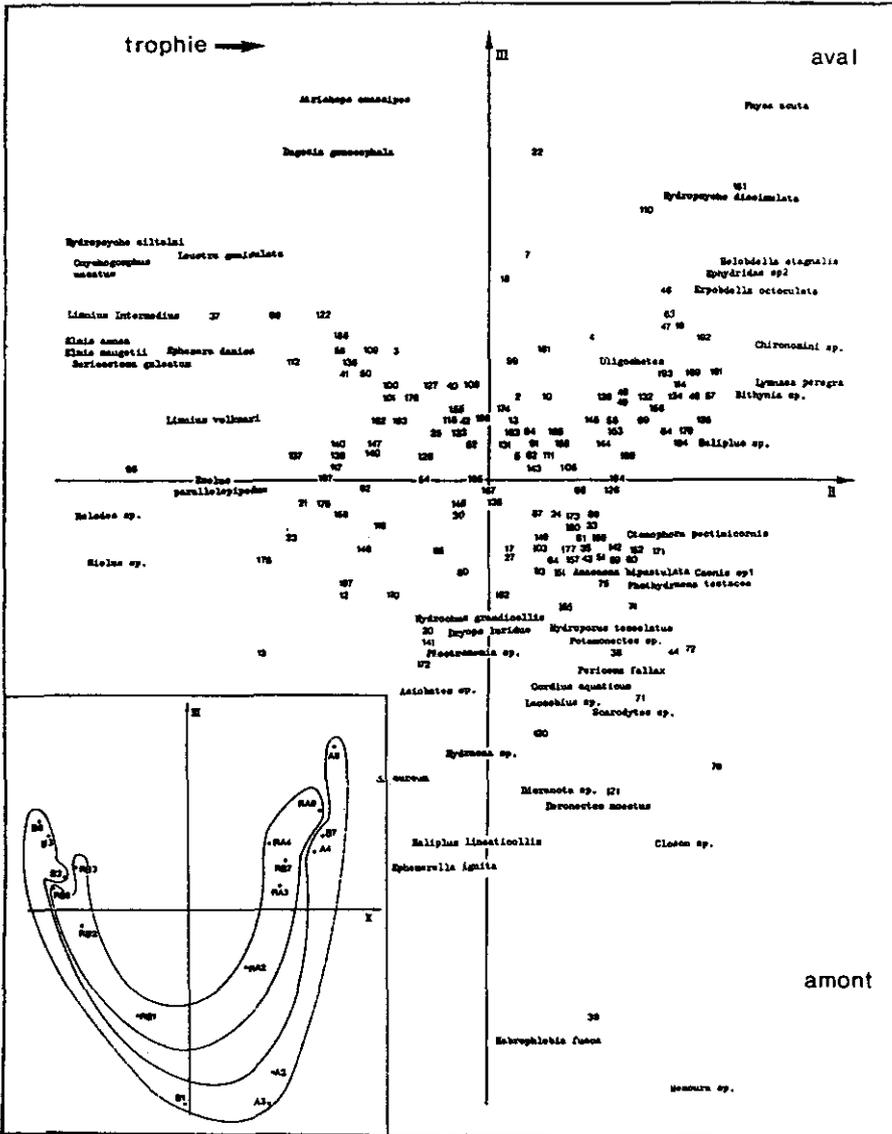


Figure 5. - A.F.C. comparative des peuplements benthiques et ripicoles. Carte factorielle II/III. Points-taxons. (Le codage des taxons est indiqué dans le tableau 2).

Figure 5. - A.F.C. comparing benthic and riparian communities. Factorial map II/III. Points-taxons. (For coding of points-taxons see table 2).

CONCLUSION

L'analyse simultanée des peuplements benthiques et ripicoles endogés de 9 stations du réseau de l'Arc, très différentes d'un point de vue hydrobiologique, montre (axe I) que ces deux communautés sont nettement distinctes par leur composition et leur structure bien qu'elles hébergent 45 % d'espèces communes. Malgré ces différences, les communautés d'Invertébrés benthiques et ripicoles répondent de façon similaire aux variations des descripteurs physico-chimiques du milieu aquatique (axe II). Les communautés ripicoles endogées peuvent donc être considérées comme des bio-indicateurs de la qualité des eaux. Cependant quelques décalages des coordonnées des deux peuplements d'une même station apparaissent sur l'axe III et concernent les stations A2 et RA2, A3 et RA3, B1 et RB1, marquées par un régime hydrologique particulier : périodes d'étiages sévères ou assèchement total du lit du ruisseau. Ces différences stationnelles reflètent les particularités biologiques et écologiques des espèces des deux communautés : les organismes benthiques, à l'exception de quelques espèces adaptées aux milieux temporaires, ne peuvent survivre dans un milieu soumis à de fréquentes variations de débit dont étiage et assec constituent les stades extrêmes. Les Invertébrés ripicoles, organismes hydrophiles, sont des espèces plus euryèces et certaines (*Ctenophora pectinicornis*) fuient même les habitats trop humides.

Les organismes rivulaires, qu'ils soient épigés et terrestres ou endogés humides, jouent très certainement un rôle important au sein de cet écotone comme éléments de liaison entre les domaines terrestre et aquatique. Des recherches sont effectuées dans ce sens sur le littoral méditerranéen. Les premiers résultats qu'apporte cette étude mettent en relief des affinités certaines entre les peuplements benthiques et rivulaires endogés humides et l'importance non négligeable de ces derniers comme révélateurs de l'état biologique d'une rivière

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BERTHELEMY C. (1966). Recherches écologiques et biogéographiques sur les Plécoptères et Coléoptères d'eau courante (*Hydraena* et *Elminthidae*) des Pyrénées. *Ann. Zool.*, 2 : 277-258.

BERTRAND H. (1954). *Les insectes aquatiques d'Europe*. Vol. I et II. Edit. P. Lechevalier, Paris : 556 p.

BIGOT L. (1977). Contribution à la connaissance des zoocénoses ripicoles de surface en Corse. *Ecologia mediterranea*, 3 : 9-12.

BOUMEZZOUGH A. (1983). *Les communautés animales ripicoles épigées et endogées du bassin versant de la rivière Aille (Var - France)*. Thèse 3ème cycle, Aix-Marseille III : 191 p.

BOUMEZZOUGH A. (1988). *Contribution à la connaissance des Invertébrés ripicoles épigés et endogés en zone méditerranéenne. Etude des peuplements ripicoles de deux réseaux hydrographiques du Haut-Atlas Marocain*. Thèse d'Etat. Univ. Aix-Marseille III. Marseille : 180 p.

- BOUMEZZOUGH A. et THOMAS A.G.B. (1987). *Chrysopilus tsacasi* Thomas, 1979 : morphologie et écologie des larves (Diptera, Rhagionidae). *Ent. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, 123 : 85-87.
- BOURNAUD M., COGERINO L. (1986). Les microhabitats aquatiques des rives d'un grand cours d'eau : approche faunistique. *Ann. Limnol.*, 22 (3) : 285-294.
- BRINDLE A. (1967). The larvae and Pupae of the British *Cylindrotominae* and *Limoniidae* (Diptera, Tipulidae). *Trans. Soc. Br. Entomol.*, 17 : 151-215.
- FAVET L. (1981). *Communautés ripicoles de la Basse-Durance*. Thèse 3ème cycle, Aix-Marseille III : 371 p.
- FLUELER-CHETELAT G. (1986). *Etude des macro-invertébrés - surtout des Diptères - pour trois ruisseaux de plaine*. Thèse 3ème cycle. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 128 p.
- GAUTIER G. (1980). Les communautés de Coléoptères et d'Araignées des biotopes humides dans le Parc National des Ecrins. *Ecol. Médit.*, 5 : 3-23.
- LEGIER P., TALIN J. (1973). Comparaison des ruisseaux permanents et temporaires de la Provence calcaire. *Ann. Limnol.*, 9 (3) : 273-292.
- MOULINS M. (1962). Contribution à l'étude de la faune de France des Plécoptères (Bourgogne, Basses-Alpes). *Trav. Lab. Zool. Stat. Aqu. Jrimaldi, Fac. Sc. Dijon*, 44 : 1-28.
- MULLER H.J. (1976). Formen der Dormanz bei Insekten als Mechanismen ökologischer Anpassung. *Verh. dtsh. Zool. Gesellsch.*, 69 : 36-58.
- OLMI M. (1978). Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane. 2 : Dryopidi, Elmithidi. Consiglio Nazionale delle Ricerche : 71 p.
- PLAYOUST C. (1988). *Etude d'un réseau hydrographique méditerranéen de basse altitude : l'Arc (Bouches-du-Rhône) - Hydrochimie, communautés benthiques et ripicoles. impact des perturbations*. Thèse de Doctorat, Univ. Aix-Marseille, Marseille : 175 p.
- THEOWALD B. (1978). *Tipulidae und Cylindrotomidae, Limnifuna Europaea*, Ed. Gustav Fischer Verlag : 364-366.
- VAILLANT F. (1954). *Recherches sur la faune macrolé de France, de Corse et d'Afrique du Nord*. Thèse d'état, La Sorbonne, Paris, 242 p.