

Recherches sur les peuplements de macroinvertébrés des cours d'eau du Liban méridional (Aouali et Damour). Analyse biocénotique et essai de biotypologie

Aref DIA

Département des sciences naturelles,
Faculté des sciences, Université Libanaise, Hadath-Beyrouth, Liban

Résumé

Vingt-neuf stations d'études ont été retenues dans les réseaux hydrographiques de l'Aouali et du Damour (23 sur l'Aouali et 6 sur le Damour). Des mesures des paramètres physico-chimiques et des récoltes de faune benthique ont été réalisées. Les affinités écologiques et les rapports entre les stations et les espèces ont été déterminés par la méthode de l'analyse factorielle des correspondances sur l'ensemble des deux réseaux (29 stations) et 113 espèces ou taxa appartenant aux groupes faunistiques les mieux connus du point de vue taxonomique et écologique (Mollusques, Crustacés Amphipodes et Isopodes, Éphéméroptères, Plécoptères, Coléoptères Dryopoïdes, Trichoptères, Diptères). Trois groupements d'espèces et de stations ont été reconnus et analysés en vue de connaître la structure biotypologique et la zonation des réseaux hydrographiques. Le premier et le deuxième groupements réunissent les sources et les secteurs initiaux de l'Aouali et du Damour; ils correspondent respectivement au crénal et au rhithral (épirhithral + métarhithral et hyporhithral). Le crénon est la communauté la mieux individualisée: 41 des 113 espèces sont strictement cantonnées dans les sources, ce qui souligne l'importance de ces dernières pour la biodiversité et l'endémisme des eaux courantes de la région.

Le troisième groupement se rapporte aux stations et aux communautés d'invertébrés des cours moyen et inférieur; le biocénotype correspondant contient de nombreuses espèces caractéristiques du potamal – principalement de l'épipotamal.

Mots clés : Liban, rivières méditerranéennes, macroinvertébrés benthiques, écologie, biotypologie.

Investigations on the macroinvertebrate communities of Southern Lebanon river systems (Aouali and Damour). Studies on the biotypological structure of the rivers.

Abstract

The Aouali and Damour watersheds include the main river systems of Southern Lebanon. Their drainage basins are developed on the western slopes of Mount Lebanon, between Beirut and Saida. This karstic area is rich in large rheocene springs, and the upper reaches of the Aouali basin are fed by important spring systems. The Aouali is a river 48 km long; its drainage area is 302 km². The head spring is a large rheocene karst spring at 1100 m a.s.l. The Damour is a river 33 km long; its drainage area is 288 km². Its head source is at 1080 m a.s.l. Twenty-nine sites were investigated (23 along the Aouali river system, 6 along that of the Damour). Physical, chemical, and biological sampling were performed monthly for a year. In total 323 species of benthic macroinvertebrates were identified. Ecological relations and faunistic affinities between the 29 stations and 113 selected species belonging to 8 major invertebrate groups (Mollusca, Crustacea Isopoda and Amphipoda, Ephemeroptera, Plecoptera, Coleoptera Dryopoidea, Trichoptera, Diptera) have been determined through of a Correspondence Analysis. Four clusters of species and stations were recognized and analysed in order to establish the biotypological structure of the rivers. The 1st and 2nd clusters include the springstreams and the upper reaches of Aouali and Damour; they

Keywords : Lebanon, Mediterranean rivers, benthic macroinvertebrates, ecology, biotypology.

correspond to the crenal and the rhithral (épi+métarhithral and hyporhithral). The macroinvertebrate community of the springs and springbrooks is the most characteristic one of those river systems: on the 113 selected species in the Aouali and Damour, 41 are restricted to the spring area; this fact emphasizes the interest and the importance of springs for biodiversity and endemism of the running waters of the region.

The 3rd cluster corresponds to the stations and to the invertebrate communities of the middle and lower reaches of Aouli and Damour; the related biocenotypes are made up by many significant species of the potamal – mainly of the epipotamal.

Introduction

Le présent travail propose une synthèse des données acquises depuis plus de 15 ans sur la répartition des macroinvertébrés benthiques dans les deux réseaux hydrographiques du Liban méridional et d'établir une biotypologie de ces cours d'eau côtiers de la Méditerranée orientale, selon les typologies existantes et le schéma classique d'Illies & Botosaneanu (1963).

La connaissance des peuplements d'invertébrés des cours d'eau de Méditerranée orientale résulte pour l'essentiel d'études réalisées au Liban. Les recherches de Dia sur les réseaux hydrographiques de l'Aouali et du Damour (versant occidental du Mont Liban) ont débuté en 1980 et ont donné matière à une quinzaine de publications (description d'une trentaine d'espèces nouvelles pour la science, zonation écologique des cours d'eau). Les travaux de Moubayed (à partir de 1983) sont axés principalement sur les communautés d'Oligochètes et de Diptères Chironomides de deux réseaux hydrographiques, l'Oronte et le Litani, qui drainent le versant oriental du Mont Liban et la plaine de la Bekaa. Il faut aussi mentionner la contribution d'Alouf (1983), à la connaissance du peuplement des eaux courantes du Liban; ses publications portent sur les Crustacés Amphipodes et Iso-podes. Les invertébrés des cours d'eau du nord d'Israël, en particulier de la rivière Dan qui forme le cours supérieur du Jourdain, ont été étudiés par Por *et al.* (1986).

Matériel et méthodes

Physiographie et caractères physico-chimiques des cours d'eau

Les bassins versants du Damour et de l'Aouali se situent sur la façade occidentale du Mont Liban, entre Beyrouth et Saïda. Le Damour et l'Aouali sont les seules rivières côtières méditerranéennes permanentes du Liban méridional. Par leurs caractéristiques générales (topographie, hydrologie, géologie, climat, végétation), elles sont représentatives des hydrosystèmes lotiques de moyenne altitude du bassin de la Méditerranée orientale. Ces deux réseaux contigus appartiennent à une même unité géomorphologique (Liban méridional) et coulent sur les mêmes formations géologiques (terrains à dominance calcaire, calcaire marneux, grès de base et dépôts récents). Les sources frontales naissent du même réservoir karstique situé au pied du massif Barouk-Niha vers 1 100 m d'altitude; leurs émissaires coulent dans une direction sud-ouest. L'Aouali a un bassin versant de 302 km². Sa longueur est de 48 km; sa pente de 22 m.km⁻¹. La source principale est à 1 080 m d'altitude. La partie supérieure du bassin est alimentée par un important système de sources dont les émissaires coulent dans des petites vallées, longues de 1 à 3 km, perpendiculaires au cours principal avec une pente abrupte de 40 à 70 m.km⁻¹. Dans son cours inférieur, la rivière coule sur 18 km à travers une plaine alluviale (pente: 5-15 m.km⁻¹). Le Damour a un bassin versant de 288 km². Sa longueur est de 33 km; sa pente de 33 m.km⁻¹. La source principale, située à 1 100 m d'altitude, est de type rhéocrène karstique. La rivière reçoit trois affluents principaux. Dans sa vallée alluviale, elle coule, avec une pente de 10 m.km⁻¹, sur une longueur de 9 km.

Tous les cours d'eau du Liban méridional sont soumis à un climat de type méditerranéen (été chaud et sec, hiver doux et humide). Les précipitations annuelles, comprises entre 680 mm près de la côte et 1 350 mm en montagne, sont concentrées sur un petit nombre de jours (60-80 jours), de novembre à mars. Les crues surviennent entre février et avril, les étiages entre juin et octobre. Le débit moyen annuel du cours inférieur de l'Aouali (près de Saïda) est de 16 m³.s⁻¹, avec un maximum de 27 m³.s⁻¹ en avril et un minimum de 8 m³.s⁻¹ en novembre. Dans le cours inférieur du Damour,

le débit moyen annuel est de $4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, le maximum de $11 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (février) et le minimum de $0,15 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (septembre).

Les principales sources frontales sont alimentées par des nappes semi-captives situées dans des calcaires jurassiques karstifiés. Le débit de la source principale de l'Aouali varie entre $0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (novembre) et $2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (avril) ; celui de la source principale du Damour varie de $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (novembre) à $1,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (mars).

Les températures annuelles maximales des sources, de leurs émissaires et des cours supérieurs ne dépassent pas 15°C ; elles dépassent 20°C dans le cours inférieur. Les températures minimales ont été enregistrées en hiver (8°C à 14°C). Les températures maximales ont été mesurées en juillet (26°C dans le cours inférieur du Damour, 29°C dans le cours inférieur de l'Aouali). Le maximum thermique annuel varie de 13 à 24°C dans les cours supérieurs, de 23 à 29°C dans les stations des cours inférieurs (mesures réalisées sur une période de 3 années). La température des sources est stable sur le cycle annuel : entre $9,5^\circ\text{C}$ et 11°C à la source principale de l'Aouali, entre 10°C et 13°C à la source principale du Damour.

Les cours d'eau du Liban méridional, alimentés par l'aquifère karstique, sont riches en substances dissoutes (conductivité = 200 à $500 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$; $\text{pH} = 7,3$ à $8,3$; $\text{Ca}^{++} = 40$ à $100 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$; alcalinité = 115 à $250 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). Les valeurs du pH, de la dureté totale, de l'alcalinité et de la conductivité augmentent de l'amont vers l'aval : la conductivité passe de $210 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ dans les sources à 420 - $430 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ dans les cours moyens et à 480 - $490 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ dans les cours inférieurs. L'oxygène dissous est généralement à saturation dans toutes les stations, avec des valeurs comprises entre 80% et 105% .

Les deux rivières et leurs affluents reçoivent des rejets domestiques. En aval des villages (Jezzine, Aïn Zhalta, Boutmé, Aley, Barouk) on a mesuré les concentrations les plus élevées en nitrates (entre 4 et $12 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$), en nitrites (entre $0,1$ et $0,35 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$), sels ammoniacaux (entre $0,5$ et $2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) et phosphates (entre 15 et $70 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$).

Les sites d'étude

Au total 29 stations ont été prospectées (figure 1) :

- dans le réseau de l'Aouali : 10 stations sur le cours principal et 13 sur les affluents ;
- dans le réseau du Damour : 4 stations sur le cours principal et 2 sur les affluents ;

Chaque station est désignée par un binôme lettre-chiffre ; les lettres majuscules désignent les stations du cours principal (D = Damour, A = Aouali), et les lettres minuscules les stations des affluents (d = Damour, a = Aouali). Les sources et leurs émissaires sont précédées d'un S. La lettre « t » désigne un écoulement temporaire. Le chiffre qui suit la lettre indique un numéro d'ordre depuis l'amont vers l'aval (tableau I).

Nous avons indiqué pour chaque station : l'altitude (en mètres), la distance à la source (en kilomètres), la largeur du lit (en mètres), les températures minimale et maximale de l'eau (tableau I).

La majeure partie du rhithral du Damour n'a pu être prospectée en raison de l'inaccessibi-

Figure 1 – Carte des réseaux hydrographiques de l'Aouali et du Damour ; localisation des stations de prélèvements.

Map showing the river systems of Aouali and Damour, and location of sampling sites.

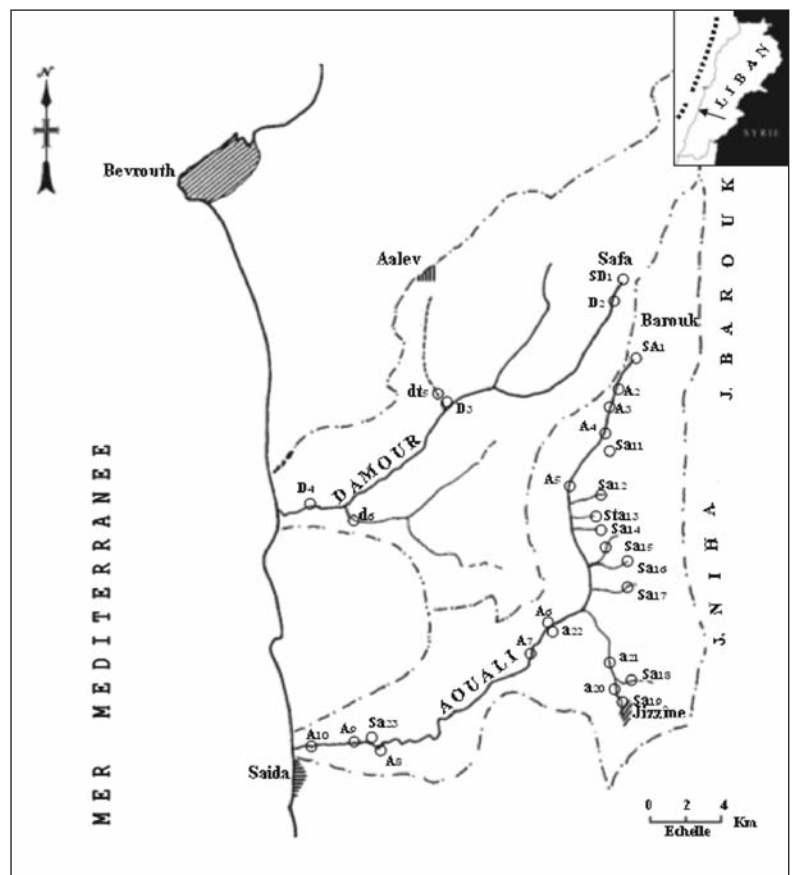


Tableau I – Récapitulatif des caractéristiques des stations étudiées (Aouali et Damour).

Table I – Overview of the study-site features (Aouali et Damour).

	Altitude (m)	Distance de la source (km)	Largeur (m)	Température mini maxi (°C)	
B.V. Aouali					
Cours principal					
SA1 Nabaa el Barouk	1 080		2-4	9,5	11
A2 aval Nabaa el Barouk	1 064	1	2-4	9,7	15,3
A3 Jisr el Misri	1 050	2	2-4	8	15
A4 Jisr Batloûn	980	4	2-4	9	18
A5 pont Jdaïdet ech Choûf	710	11	4-6	11	19
A6 Jisr Bisri	380	28	6-8	9	29
A7 amont centrale hydroélectrique Aouali	230	30	6-10	9,5	26
A8 amont centrale hydroélectrique Joun	50	44	3-5	12	29
A9 aval centrale hydroélectrique Joun	36	44,5	10-12	9	23
A10 pont chemin de fer Saïda	5	48	8-12	11,5	23
Affluents : sources et ruisseaux					
Sa11 Nabaa Batloûn-el kharara	960		2-3	12	14,5
Sa12 Nabaa Mourched et son ruisseau	800		3-4	13,5	15
Sta13 Ain Chelouf (temporaire)	840		2-3	8,3	15,5
Sa14 Ras el Ain	850		1-2	14,5	16
Sa15 ruisseau de Nabaa Salman	800		3-4	11,5	18
Sa16 Nabaa Abou Kharma et son ruisseau	850		3-4	8	15
Sa17 Nabaa Bâter ech Choûf	820		2-3	13	14,5
– Nahr Aaray/Torrent Jezzîne					
Sa18 Nabaa Aazibi	990		3-4	5	15,5
Sa19 Nabaa Jezzîne	950		3-4	12,5	14
a 20 aval Nabaa Jezzîne	900	0,95	2-5	10	19
a 21 aval village Jezzîne (Oûadi Jezzîne)	690	2,25	2-5	10	21,5
– ta22 Ouâdi Azour (temporaire)	380		3-4	10,5	23
– Sa23 Nabaa Joun (Fouar es Saraaouniyé)	36		2-4	16	22,8
B.V. Damour					
Cours principal					
SD1 Nabaa es Safa et ruisseau d'Ain Dara = Nahr es Safa	1 000		3-5	10	13
D2 aval Nahr es Safa	950	2	2-4	9	17
D3 Jisr el Quâdi	260	18	6-8	11,5	23
D4 Jisr ed Damour	40	28	6-8	12	26
Affluents					
Dt5 Ouâdi el Ghâboun (temporaire)	260	10	4-6	11,5	24
d6 Nahr el Hammam	45	15	4-6	13,5	22

lité du cours moyen (gorges, sans voie d'accès).

Compte tenu de l'importance exceptionnelle du biotope des sources dans les réseaux étudiés, il convient d'accorder une attention particulière à cette zone de l'hydrosystème.

Dans les deux réseaux, trois types de sources peuvent être reconnus en fonction de leurs caractéristiques physiographiques.

– Les sources frontales : SD1 (Nabaa es Safa) pour le Damour, SA1 (Nabaa el Barouk) pour l'Aouali. Ce sont les sources principales des deux réseaux ; elles se situent entre 1 000 et 1 100 m d'altitude. Elles ont un débit important (entre 300 et 2 000 l.s⁻¹ selon la saison) à température presque constante (10 °C-13 °C).

– Les sources latérales (Sa11 à Sa19). Il s'agit de sources à débit plus faibles de température comprise entre 12 °C et 15 °C. Elles se répartissent sur le même versant ouest du massif Barouk-Niha, entre 800 et 1 100 m d'altitude.

Ces deux catégories de sources, caractérisées par des débits élevés à l'émergence et par des ruisseaux émissaires à forte pente et à écoulement rapide, sont représentatives d'un rhéocrénal.

– Une source de basse altitude (Sa23). Située à 36 m d'altitude, son débit est modéré, l'écoulement est lent, et la température plus élevée (16 °C-22,8 °C). Ce biotope correspond à un limnocrénal.

Échantillonnage

L'échantillonnage quantitatif de la faune benthique a été réalisé grâce à des échantillonneurs de type « Surber » permettant d'obtenir des prélèvements sur une surface de substrat de 0,1 m².

Sur un cycle annuel, de mai 1979 à avril 1980, 11 ou 12 séries de prélèvements ont été effectuées dans les 21 stations de la rivière Aouali (sauf aux stations temporaires S13 avec 8 séries de prélèvements et ta22 avec 4 séries). De mai 1980 à avril 1981, 12 séries de prélèvements ont été réalisées dans les 5 stations de la rivière Damour (sauf à la station temporaire dt5 avec 7 séries). Au total 1 973 échantillons ont été obtenus. La troisième année 1981-1982, des récoltes de faune générale benthique ont été faites pour les stades immatures et imagos et chasse de nuit par la lumière artificielle (lampes « petromax » donnant une lumière blanche très vive) pour les stades imagos. Au total, les prélèvements « qualitatifs » (plus de 800 échantillons ont été effectués). Ceci est fait pour compléter l'inventaire faunistique de toutes ces stations. Le matériel zoologique que nous avons récolté depuis 1980, dans l'Aouali et le Damour, a été identifié par nous-même et vérifié par divers spécialistes ; il a fait l'objet de plusieurs publications en collaboration : Dia & Henry (1984) pour les Crustacés Iso-podes ; Thomas & Dia (1982a, 1983, 1984), pour les Éphéméroptères ; Berthélemy & Dia (1982), Sivec & Dia (2002), pour les Plécoptères ; Thomas & Dia (1982b) et Giudicelli & Dia (1986), pour les Diptères Limoniides, Simuliides ; Dia & Botosaneanu (1980, 1983) pour les Trichoptères.

Analyses statistiques

Les comptages sont consignés dans des tableaux à double entrée espèces/prélèvements. Afin d'étudier l'organisation des peuplements dans les deux réseaux hydrographiques, un traitement des données faunistiques a été réalisé par une analyse factorielle des correspondances (AFC) et une classification hiérarchique ascendante d'ordre 2 (réalisées avec le logiciel ADE 4 : Thioulouse *et al.* 1997).

Résultats

Analyse biocénétique et biotypologique du peuplement

L'étude biocénétique porte sur l'ensemble des espèces et la totalité des stations des deux réseaux hydrographiques. Sur 113 espèces recensées (tableau en annexe), 64 sont communes aux deux cours d'eau et représentent 90 % de la faune du Damour. Il est donc logique d'analyser les relations spécifiques (entre les espèces) et les relations coenotiques (entre les stations) pour l'ensemble des deux réseaux.

Afin de pouvoir comparer les résultats de l'échantillonnage, nous avons adopté le système de classes d'abondance proposé par Verneaux (1973) : l'abondance d'une espèce dans les stations où elle figure est représentée par 5 classes exprimées par des coefficients chiffrés de 1 à 5.

Tableau II – Densité (N.m⁻²) des principaux groupes taxonomiques dans la source frontale et dans les stations supérieures du cours principal de l'Aouali et du Damour.

Table II – Density (N.m⁻²) of the major invertebrate groups in the head spring and in the upper sampling sites of the Aouali and Damour rivers.

	Source el Barouk (station SA1)	Cours d'eau en aval de la source (station A2)	Source es Safa (station SD1)	Cours d'eau en aval de la source (station D2)
Mollusques	138	4	28	6
Amphipodes	3 802	33	949	8
Éphéméroptères	365	3 631	1 986	1 424
Plécoptères	5	79	253	9
Elmides	7	41	191	66
Trichoptères	1 181	238	1 462	56
Simuliides	68	2 179	5	1 092
Chironomides	380	947	334	1 100
Autres groupes	507	320	132	605
Total (N.m ⁻²)	6 453	7 472	5 340	4 366

Figure 2 – Distribution et groupement des stations de prélèvements dans le plan F1 x F2 de l'Afc.
Clustering of sampling sites using FCA on the F1 x F2 factorial plane.

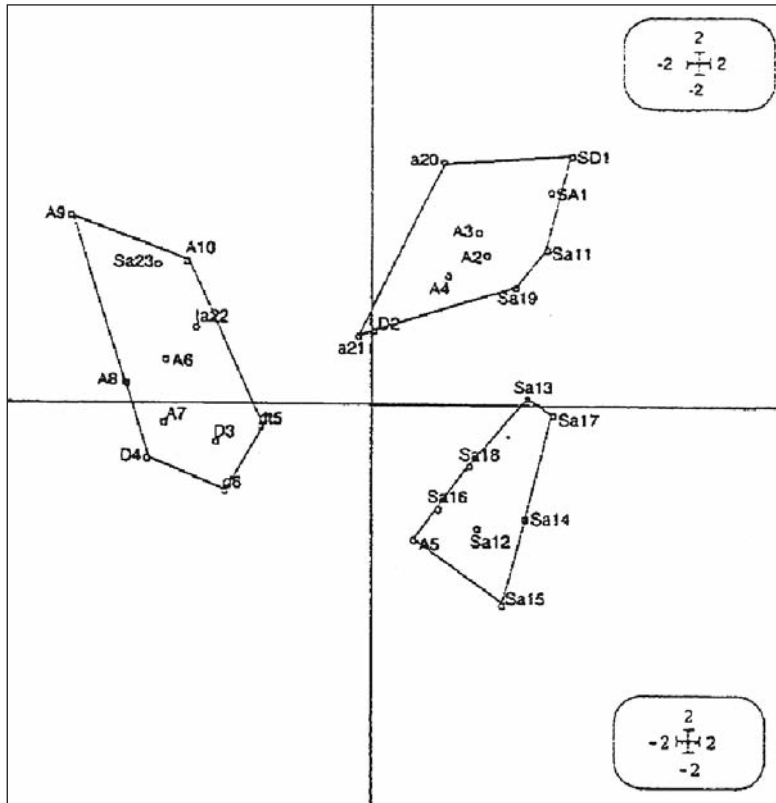
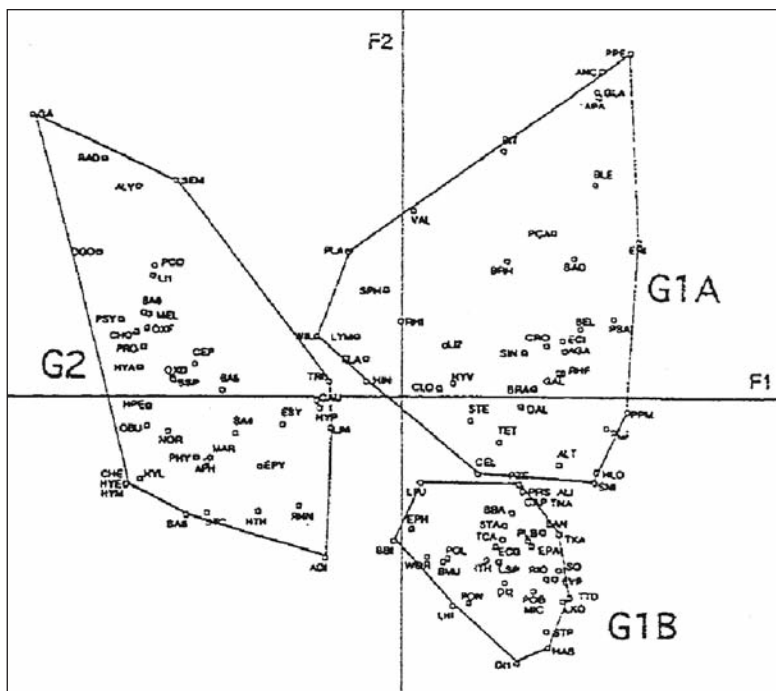


Figure 3 – Distribution et groupement des espèces dans le plan F1 x F2 de l'Afc.
Clustering of species using FCA on the F1 x F2 factorial plane.



La projection sur le plan F1 x F2 des points stations (figure 2) et des points espèces (figure 3) résulte du traitement des données concernant 29 stations et 113 espèces.

Les axes 1, 2, 3 extraient respectivement 14 %, 8,9 %, 7,7 % de l'inertie totale pour le Damour et l'Aouali. L'analyse des axes factoriels montre les tendances suivantes :

Axe 1. Sur cet axe, les stations sont réparties de gauche à droite dans un gradient altitudinal décroissant. Cet ordre est bien respecté pour le Damour et moins pour l'Aouali (en raison de particularités topographiques). L'axe 1 représente donc la succession amont-aval des stations et des espèces.

Axe 2. Cet axe représente un gradient de substrat, depuis le plus grossier jusqu'au plus fin. À l'extrémité de cet axe, on trouve les grandes sources frontales (SD1 et SA1) à pente moyenne, à substrat peu encroûté et meuble (graviers, sables). À l'extrémité opposée, on trouve les sources du massif Barouk-Niha caractérisées par une forte pente (A5-Sa18), un substrat grossier (dalles, blocs, pierres) et un lit formé d'une alternance de cascades et de fosses. Les contributions relatives majeures à l'inertie expliquée par cet axe (seuil > 90 %) sont égales à 37 % (SD1 : 14,5 %, Sa15 : 13 %, SA1 : 9,5 %).

Groupements d'espèces et de stations

L'analyse hiérarchique ascendante permet de distinguer sur les diagrammes deux groupements principaux de stations et d'espèces : G 1 et G 2 (figures 2 et 3).

Ces groupements correspondent à des unités écologiques majeures :

- le groupement des cours supérieurs (G 1) ;
- le groupement des cours moyens et inférieurs (G 2).

a. Groupement des cours supérieurs (G 1)

Ce groupement est constitué de 18 stations ; il englobe les sources et émissaires des sources, les quatre stations supérieures (A2, A3, A4, A5) de la rivière Aouali et les deux stations supérieures de la rivière Damour (SD1, D2). Cet ensemble de stations et leurs biotopes respectifs forment le secteur initial des deux réseaux hydrographiques. Le biocénotype correspondant réunit 73 espèces.

La classification hiérarchique fait apparaître des subdivisions au sein de ce vaste ensemble. Un premier niveau de discrimination distingue deux sous-groupes.

– Sous-groupe G 1 A

Il concerne 10 stations ; elles correspondent aux grandes sources qui sont à l'origine des deux réseaux et aux cours supérieurs des deux rivières :

- 6 sources de débordement (sources vaclusiennes), caractérisées par leur débit fort (300 à 2 000 l.s⁻¹) et régulier ;
- 4 stations situées sur le cours principal des deux rivières.

Dans ce sous-groupe, deux stations (D2, a21), situées au voisinage de l'intersection des axes 1 et 2, s'isolent des huit autres (cf. cartes factorielles de la figure 2) ; ce sont des stations perturbées par les rejets organiques de deux agglomérations (Ain Zhalta et Jezzine).

– NOYAU G 1 Aa

Le biocénotype correspondant réunit neuf espèces sténothermes d'eau froide. Trois sont exclusives des stations correspondant à ce groupement : *Protonemura pectinata*, *Glossosoma hazbanica* et *Apatania cypria*. Les six autres espèces (*Bithynia badiella*, *Ancylus fluviatilis*, *Pisidium casertanum*, *Proasellus coxalis aoualensis*, *Elmis rioioides*, *Blepharicera fasciata*) sont rhéophiles à large répartition géographique et écologique ; leur présence dans le secteur initial des deux réseaux est en rapport avec un fort hydrodynamisme.

Appartenant à la limite des deux sous-groupes, *Baetis rhodani*, l'éphémère le plus répandu, est très euryèce

– NOYAU G 1 Ab

Le biocénotype correspondant réunit trente espèces. On peut y distinguer plusieurs types écologiques :

- des espèces eurytopes à l'échelle des réseaux étudiés : *Planorbis piscinarum*, *Valvata saulcyi*, *Lymnaea truncatula*, *Sphaerium corneum*, *Cloeon dipterum*, *Baetis rhodani*, *Centroptilum luteolum*, *Hydropsyche yahfufah*, *Hydroptila vectis*, *Dryops algiricus*, *Simulium bezzii*, *S. intermedium*, *S. pseudequinum*, *S. latizonum*, *Limnophora sp2* ;
- des espèces crénophiles : *Pisidium personatum*, *Belgrandiella libanica*, *Proasellus bardaunii*, *Protonemura zernyi*, *P. libanica*,

Hydropsyche longindex, *Allotrichia teldanica* ;

- des espèces du crénel-rhithral : *Gammarus laticoxalis*, *Electrogena sp1*, *Brachyptera galeata*, *Rhyacophila fasciata*, *Agapetus caucasicus*, *Simulium niha*, *Grouvellinus coyei* ;
- une espèce (*Rhithrogena znojkoï*) qui vit dans le cours principal de l'Aouali et du Damour.

– Sous-groupe G 1 B

Il réunit les émissaires des sept sources à débit moyen et la station aval (A5) du cours supérieur de l'Aouali ; ces stations se répartissent sur un secteur altitudinal étroit (entre 710 et 990 m). Le biocénotype correspondant est caractéristique du peuplement des ruisseaux de moyenne altitude de la montagne libanaise. Il est le plus riche en espèces : 34 espèces appartenant à tous les groupes taxonomiques d'invertébrés benthiques.

Dans cet ensemble faunistique, on peut distinguer trois groupes écologiques :

- les espèces crénophiles : *Pisidium obtusale*, *Proasellus bardaunii*, *Leuctra kopetdaghi*, *Capnia turkestanica brevicula*, *Protonemura libanocypria*, *Isoperla berthelemyi*, *Tinodes kadiellus*, *T. negevanus*, *Micropterna coiffaiti*, *Stactobia pacatoria*, *Esolus parallelepipedus*, *Prosimulium petrosum*, *Antocha libanotica* ;
- les espèces du crénel-rhithral : *Electrogena galileae*, *Alainites muticus*, *Baetis baroukianus*, *Leuctra hippopus*, *Leuctra sp. gr. hippopus*, *Pontoperla sp.*, *Tinodes caputaquae*, *T. tohmei*, *Polycentropus baroukus*, *Wormaldia subnigra*, *Ithytrichia lamellaris*, *Ernodes saltans*, *Lype reducta*, *Riolus syriacus*, *Stenelmis puberula* ;
- les espèces eurytopes plus fréquentes dans le rhithral que dans le crénel : *Ephemera sp.*, *Baetis bisri*, *Leuctra fusca latior*.

b. Groupement des cours moyens et inférieurs (G 2)

Ce groupement se subdivise en deux sous-groupes.

– Sous-groupe G 2 A, 5 stations, 14 espèces.

Cet ensemble réunit les stations du cours moyen et inférieur de l'Aouali (en dessous de 400 m d'altitude), à l'exception de deux stations qui se placent dans l'autre sous-groupe. L'ensemble faunistique correspondant se compose d'espèces thermophiles qui vivent

habituellement dans la partie terminale des réseaux hydrographiques : *Melanopsis praemorsa*, *Proasellus coxalis*, *Prosopistoma oronti*, *Choroterpes picteti*, *Baetis sp6*, *Psychomyia pusilla*, *Dryops goidanichi*.

Cinq espèces de ce sous-groupe sont strictement cantonnées dans le secteur influencé par l'usine hydroélectrique de Joun (stations A9 et A10) :

- *Semisalsa contempta* et *Gammarus pseudosyriacus*, trouvées aussi dans le bassin supérieur du Litani (il est probable qu'elles ont été amenées dans l'Aouali par la dérivation des eaux du Litani vers l'usine de Joun) ;
- *Allotrichia vilnensis orientalis* et *Hydroptila angustata* qui présentent un large spectre écologique dans les réseaux hydrographiques de la Méditerranée orientale, depuis les sources jusqu'aux grandes rivières de basse altitude (Botosaneanu 1992) ;
- *Radix auricularia* considérée comme une espèce potamophile (Mouthon 1980) ; Moubayed (1986) la signale au Liban dans l'épipotamal et dans les milieux lénitiques.

– **Sous-groupe G 2 B**, 6 stations, 26 espèces.

Il concerne les quatre stations du cours moyen et inférieur du Damour (en dessous de 300 m d'altitude) auxquelles s'ajoutent deux stations (A7 et A8) du cours moyen et inférieur de l'Aouali.

Le biocénotype est formé :

- d'un ensemble d'espèces eurytopes, (elles occupent pour cette raison des positions proches de l'origine des axes) : *Caenis macrura*, *Hydroptila phoeniciae*, *Rhyacophila nubila*, *Oxyethira delcourti*, *Hydroptila angustata*, *Hydropsyche theodoriana*, *H. yahfufah*, *Adicella syriaca*, *Elmis syriaca*, *Esolus pygmaeus*, *Limnius intermedius*, *Antocha phoenicia*, *Simulium pseudequinum* ;
- d'espèces cantonnées dans le cours moyen-inférieur de l'Aouali et le cours inférieur du Damour : *Procloeon pennulatum*, *Baetis spei*, *Hydropsyche incognita*, *Normandia nitens* ;
- d'espèces qui n'ont été récoltées que dans la basse vallée du Damour : *Hydroptila mendli levanti*, *H. libanica*, *H. aegyptia*, *Cheumatopsyche capitella*.

Cinq espèces figurant dans ce biocénotype ont une répartition très restreinte :

Obuchovia transcaspicum est limitée à la station A7, *Marthamea beraudi* à la station D3, et *Oxyethira falcata* à la station A6. Une

espèce madicole (*Stactobia caspersi*) vit dans les stations d6 et A7 ; une espèce thermophile (*Physa acuta*) a été récoltée dans les stations dt5 et D4.

c. Particularités de l'organisation biocénotique des deux réseaux

L'originalité du réseau hydrographique de l'Aouali réside dans le grand développement du système des sources.

Le biotope que constituent les sources et leurs émissaires présente un intérêt particulier du fait qu'il héberge 32 des 37 espèces exclusives du réseau hydrographique de l'Aouali (elles ne se trouvent pas dans le réseau du Damour).

Les espèces exclusives du Damour sont cantonnées dans son cours moyen ou inférieur (*Physa acuta*, *Marthamea beraudi*, *Hydroptila libanica*, *H. mendli levanti*, *H. aegyptia*, *Cheumatopsyche capitella*). L'absence de ces espèces dans la zone homologue de l'Aouali est probablement liée aux perturbations hydrauliques que provoque le fonctionnement de l'usine hydro-électrique de Joun. Ainsi, le secteur inférieur de l'Aouali a un peuplement plus pauvre en espèces et en individus que la portion homologue du Damour.

Zonation longitudinale de l'Aouali et du Damour

Il importe d'intégrer les résultats de l'analyse biocénotique dans la théorie de la zonation longitudinale des eaux courantes selon laquelle il est possible de subdiviser un réseau hydrographique en zones successives caractérisées par différents groupements d'espèces. On examinera, en particulier, la possibilité de mettre en correspondance les groupements d'espèces et de stations mis en évidence dans la présente étude avec les zones énumérées dans le schéma de zonation d'Illies & Botosaneanu (1963).

L'Aouali est un réseau atypique car il ne présente pas de confluence principale. Il s'agit d'un réseau où un cours d'eau unique – le cours d'eau principal – draine l'ensemble des émissaires de sources issues du massif karstique. Le Damour est un réseau de type ramifié, avec une confluence principale (Ouâdi Bou Zebli-Nahr es Safa).

Pour définir des zones biocénotiques on ne peut utiliser, pour ce réseau, le schéma classique d'Illies & Botosaneanu (1963) qui fixe les limites de zones au niveau des confluences

principales. Cependant, plusieurs études ont montré que les limites de zones peuvent être placées en dehors des confluences principales (Décamps 1968 ; Giudicelli 1968 ; Verneaux 1973 ; Giudicelli *et al.* 1980 ; Dakki 1986) et que l'on peut établir, pour des réseaux de structure atypique, des homologies avec les zones biocénotiques proposées par Illies et Botosaneanu (*loc. cit.*).

a. Le crénon. Le peuplement des sources et ses relations avec le peuplement du cours d'eau principal

Les stations du crénel des deux réseaux sont réunies dans le groupement G1 où elles sont associées aux stations du cours supérieur des deux rivières dans lequel aboutissent leurs ruisseaux émissaires. Cette relation forte qui réunit le crénel et le cours supérieur de l'Aouali et du Damour s'explique par le type de sources qui alimentent le cours d'eau principal : ce sont des sources de type vaclusien. Les ruisseaux émissaires des sources karstiques issues du massif Barouk-Niha sont bien différents d'un émissaire de source typique (hypocrénel). Leurs caractéristiques physiographiques (largeur, pente et débit) sont celles des cours d'eau du rhithral supérieur.

Ces sources et leurs émissaires hébergent des communautés qui, par leur composition faunistique, se rattachent au crénel et au début du rhithron. On y trouve, en effet, 19 espèces que Moubayed (1986) et Botosaneanu (1992) considèrent comme caractéristiques du crénel et du rhithral des cours d'eau de la province du Levant ; ce sont :

- *Pisidium casertanum*, *Electrogena sp1*, *Baetis rhodani*, *Stenelmis puberula*, *Grouvellinus coyeyi*, *Riolus syriacus* (Moubayed 1986) ;
- *Rhyacophila fasciata*, *Hydroptila phœniciae*, *H. aegyptia*, *H. vectis*, *Oxyethira falcata*, *Ithytrichia lamellaris*, *Hydropsyche yahfufah*, *Polycentropus baroukus*, *Lype reducta*, *Tinodes caputaquae*, *T. tohmei*, *Adicella syriaca*, *Micropterna coiffaiti* (Botosaneanu 1992).

L'AFC ne différencie pas, au plan faunistique, les sources et leurs émissaires des stations du cours supérieur de l'Aouali et du Damour, ces deux types de biotopes se trouvant associés dans le même groupe ou sous-groupe de stations. En fait, dans le secteur amont, les différences thermiques sont faibles entre les émissaires de sources et le cours principal, de

sorte que les échanges de faune entre les deux biotopes sont nombreux.

Les affinités faunistiques entre les émissaires de sources et le cours d'eau principal témoignent d'une interdépendance marquée des deux biotopes :

- sur les 26 espèces qui constituent la faune de la source el Barouk et son émissaire (SA1), 18 sont communes avec la station du cours principal (A2) située à l'aval immédiat de la source frontale. Sur les 18 espèces qui constituent la faune de la source (Sa11) située à 960 m, 16 sont communes avec la faune de la station A4 située à la même altitude ;
- sur les 43 espèces qui constituent la faune du cours principal de l'Aouali à la station A5, 40 espèces sont communes avec l'ensemble de la faune des sources et ruisseaux de sources (Sa12... Sa17) qui débouchent dans cette section du cours supérieur de l'Aouali.

Les différences biocénotiques entre ces 2 types de biotopes (rhéocrénel et rhithral supérieur) sont peu marquées si l'on considère seulement la composition spécifique des deux types de peuplements. Elles deviennent évidentes si l'on prend en compte la structure des deux peuplements. Ainsi, il existe des différences quantitatives (en densité) au niveau de chaque groupe : les mollusques, les amphipodes et les trichoptères dominent dans les sources ; les simuliides, les chironomides dominent dans les stations correspondantes au cours principal (tableau II).

a.1. Espèces caractéristiques de la communauté du crénel du versant ouest du massif Barouk-Niha (600-1 100 m d'altitude)

Sur les 113 espèces recensées dans les deux réseaux, 81 vivent dans les sources et leurs émissaires. Parmi ces espèces, 20 ne figurent pas dans le cours d'eau principal, ce sont les « caractéristiques exclusives » du crénel.

– Caractéristiques exclusives des deux sources frontales et leurs émissaires (SA1, SD1) : *Protonemura pectinata* (peu abondante), *Apantania cypria*, *Glossosoma hazbanica* (abondantes).

– Caractéristiques exclusives des sources latérales : *Pisidium obtusale* (S12), *P. personatum* (S17), *Habrophlebia sp* (S15), *Protonemura libanocypria* (S12, S18), *P. libanica* (S17), *Isoperla berthelemyi* (S14), *Capnia turkestanica brevicula* et *Stactobia pacatoria*

(S12, S15), *Stactobia aoualina* (S16, S18, S15), *Allotrichia teldanica* (S17, S18), *Hydropsyche longindex* (S12, S17), *Ernodes saltans* (S12, S17, S18), *Tinodes kadiellus* (S14, S18), *T. negevanus* (S18), *Micropterna coiffaiti* (S12), *Antocha libanotica* (S18, S16), *Prosimulium petrosum* (S17).

a.2. Le peuplement de la source de basse altitude

(Sa 23 : source Joun et son émissaire)

Il est dépendant de celui du cours principal à la même altitude puisque cette source aux eaux relativement chaudes (22,8 °C) se situe près du lit de l'Aouali. Sur les 45 espèces peuplant cette source, 28 espèces sont communes avec la faune de l'Aouali à la même altitude, mais les différences quantitatives entre les deux communautés sont notables : la densité du peuplement est de 901 ind.m⁻² pour le cours principal à la station A8 et de 4 882 ind.m⁻² à la source. Les densités des divers groupes faunistiques sont bien différentes, surtout pour les Mollusques (3 ind.m⁻² dans l'Aouali et 1 354 ind./m² dans la source) et pour les Chironomides (187 ind.m⁻² et 2 451 ind.m⁻²).

Le peuplement de cette source limnocène forme avec le peuplement du cours inférieur de l'Aouali un même biocénotype constitué d'espèces thermophiles (G2 A).

Les espèces caractéristiques de ce « crénal chaud » sont : *Melanopsis praemorsa*, *Radix auricularia*, *Valvata saulcyi*, *Planorbis piscinarum*, *Proasellus coxalis*, *Laccophilus hyalinus*.

b. La distinction entre le rhithral et le potamal

Le Damour et l'Aouali dévalent vers la mer en suivant la trajectoire la plus directe, de sorte qu'ils gardent leur caractère torrentiel presque jusqu'à l'embouchure. De ce fait, la distinction entre la rivière (rhithral) et le fleuve (potamal) n'est pas évidente. Dès lors, il faut associer des critères physiques et des critères biotiques pour fixer la limite entre ces deux zones écologiques majeures. L'analyse portera sur le cours principal de l'Aouali où 9 stations se succèdent sur le gradient altitudinal.

Critères physiques : en aval de la station A5, l'Aouali reçoit plusieurs affluents d'ordre 1 et 2 issus de sources latérales du massif Barouk-Niha. Le débit moyen annuel passe de 1,5 m³.s⁻¹ à la station A5 à 4,5 m³.s⁻¹ à la sta-

tion A6. Ce changement de débit, qui s'accompagne d'une diminution de la pente et d'un élargissement du lit, provoque des changements au niveau de la physiographie du cours axial et au niveau des paramètres abiotiques (température, substrat). Donc, le passage entre les stations A5 et A6 se traduit par un changement écologique majeur.

Si l'on se réfère aux critères proposés par Illies & Botosaneanu (1963) pour définir les deux hydrosystèmes (rhithral, potamal), on peut aussi prendre en compte le régime thermique.

Les eaux des stations du cours supérieur (A2, A3, A4, A5) ont un maximum thermique compris entre 15 °C et 19 °C ; de ce fait, ce secteur appartient au rhithral, si l'on se réfère au critère thermique retenu par Illies et Botosaneanu.

Les eaux du secteur incluant les stations A6, A7, A8, A9, A10 ont des amplitudes thermiques annuelles égales et généralement supérieures à 20 °C, avec des maximums annuels entre 23 °C et 29 °C. Ce secteur, toujours selon le même critère, se rattache au potamal ; dans le cas particulier, il doit être assimilé à un épipotamal.

Critères biotiques : la distinction entre les deux zones écologiques majeures et leurs subdivisions se base aussi sur des espèces indicatrices. Au niveau des stations A5 et A6, on observe une discontinuité majeure dans la répartition des macroinvertébrés. La station A5, à 11 km de la source frontale, marque la limite inférieure de répartition pour de nombreuses espèces du cours supérieur, telles que *Bithynia badiella*, *Pisidium casertanum*, *Gammarus laticoxalis*, *Electrogena sp1*, *E. galileae*, *Rhithrogena znojkoii*, *Agapetus caucasicus*, *Tinodes caputaquae*, *Lype reducta*, *Stenelmis puberula*, *Grouvellinus coyei*, *Riolus syriacus*. La station A6 marque la limite supérieure de répartition d'espèces potamiques, telles que *Proasellus coxalis*, *Psychomyia pusilla*, *Hydropsyche incognita*, *Hydroptila angustata*, *Dryops goidanichi* ; elle est aussi caractérisée par l'apparition d'habitats d'eau calme peuplés de Coléoptères Hydrocanthares et d'Hétéroptères.

La prise en compte des différents critères montre bien que, dans l'Aouali, la limite rhithral-potamal se situe entre les stations A5 et A6.

b.1 Les subdivisions du rhithral et du potamal

Les résultats de l'AFC et l'analyse comparative des peuplements du cours supérieur des deux rivières ont montré que le secteur amont des deux cours d'eau principaux (stations A2, A3, A4, D2) fait partie d'un même ensemble faunistique et coenotique (sous-groupe G1 A), qui réunit le secteur des sources karstiques et le secteur initial du rhithral (épirhithral).

La dernière station du cours supérieur de l'Aouali (station A5), qui s'intègre dans le sous-groupe G1 B, héberge des espèces qui ont été placées par les auteurs dans deux sections du rhithral :

- dans le métarhithral : *Wormaldia subnigra* (Caspers *et al.* 1977), *Lype reducta* et *Leuctra hippopus* (Verneaux 1973) ;
- dans le métarhithral et l'hyporhithral : Moubayed (1986) considère *Rhithrogena znojkoï* et *Alainites muticus* comme caractéristiques de ces deux sections de l'Oronte et du Litani (Liban).

On en arrive à la conclusion suivante :

- le peuplement des stations supérieures des deux cours d'eau principaux (stations A2, A3, A4, D2) se rattache à un ensemble qui réunit l'épirhithral et le métarhithral ;
- le peuplement de la station A5 de l'Aouali représente la zone inférieure du rhithral (hyporhithral).

Dans les deux réseaux étudiés, il n'y a pas d'espèces « caractéristiques exclusives » du rhithral car le peuplement de cette zone est constitué d'espèces eurytopes à l'échelle des deux réseaux. Cependant, certaines de ces espèces présentent une abondance maximale dans le secteur initial de ces réseaux. On peut alors les considérer comme caractéristiques électives du rhithral ; ce sont *Rhithrogena znojkoï*, *Alainites muticus*, *Baetis rhodani*, *B. baroukianus*, *Electrogena galileae*, *Leuctra hippopus*, *L. fusca latior*, *Pontoperla sp.*, *Wormaldia subnigra*, *Rhyacophila nubila*, *Hydropsyche yahfufah*, *Adicella syriaca*, *Stenelmis puberla*, *Simulium intermedium*.

Le groupement G2 intègre les peuplements des cours moyens et inférieurs de l'Aouali et du Damour (les 5 dernières stations de l'Aouali et les 4 dernières stations du Damour). Il peut donc être assimilé à un épi-potamon.

Son biocénotype contient une quinzaine d'espèces qui, dans la littérature sur la faune des macroinvertébrés des cours d'eau de la pro-

vince du Levant, ont été citées comme caractéristiques, tantôt du rhithral, tantôt du potamal et tantôt de ces deux zones à la fois.

• *Rhyacophila nubila*, *Hydropsyche theodoriana*, *Hydroptila libanica*, *H. mendli levanti*, *Oxyethira delcourti*, sont des espèces caractéristiques du rhithral ; *Hydroptila angustata* est caractéristique de l'épipotamal (Botosaneanu 1992).

• *Limnius intermedius*, *Simulium pseudequinum* et *Prosopistoma oronti* sont caractéristiques de l'hyporhithral, *Marthamea beraudi* du métarhithral (Moubayed 1986),

• *Cheumatopsyche capitella* se cantonne dans le rhithral et l'épipotamal (Botosaneanu 1992).

• *Rhithrogena znojkoï* est caractéristique du métarhithral et de l'hyporhithral (Moubayed 1986).

À cet ensemble d'espèces indicatrices de zone, il faut ajouter d'autres espèces électives de ce secteur : *Melanopsis praemorsa*, *Physa acuta*, *Proasellus coxalis*, *Procloeon pennulatum*, *Baetis spei*, *Stactobia caspersi*, *Esolus pygmaeus*, *Elmis syriaca*, *Dryops goidanichi*, *Antocha phaenicia*. Elles complètent le cortège faunistique associé à l'épipotamal des cours d'eau de la province du Levant.

En se basant sur la composition faunistique des stations de l'Aouali, et sur les informations concernant la zonation écologique de divers réseaux méditerranéens, on en déduit que :

- le secteur du cours supérieur représente le rhithral ; les stations A2, A3, A4 constituent une zone qui regroupe l'épirhithral et le métarhithral ;
- la station A5 correspond à un hyporhithral ;
- le secteur du cours moyen comprenant la station A6 correspond à une zone de transition entre le rhithral et le potamal ;
- le secteur du cours inférieur, comprenant les stations A7, A8, A9, A10, correspond à la zone supérieure du potamal (épipotamal).

Conclusions : la zonation dans les cours d'eau de la Méditerranée orientale

Les résultats de cette étude montrent l'existence d'une zonation écologique, mais elle présente des particularités qui la distinguent du schéma type d'Illies & Botosaneanu.

La zonation est resserrée car plusieurs zones biocénétiques se succèdent dans un même

réseau sur un linéaire de quelques dizaines de kilomètres.

La distinction entre les 3 zones majeures (crénal, rhithral, potamal) se retrouve dans la plupart des cours d'eau méditerranéens ; cependant, la zonation est réduite par rapport au schéma type qui comporte 7 zones. Ceci concorde avec les résultats obtenus dans d'autres régions bioclimatiques sèches du bassin méditerranéen en utilisant les méthodes d'analyse multivariée. Ainsi, dans une rivière côtière méditerranéenne du sud-est de la France, 4 zones ont pu être délimitées (Giudicelli *et al.* 1980). Au Maroc, 4 zones ont été reconnues dans l'oued Sebou, grand réseau hydrographique du Moyen Atlas (Dakki 1986) ; 4 zones ont été identifiées dans l'oued Reghaya, grande rivière du Haut Atlas (Bouzidi 1989). En Israël, dans la rivière Dan, une seule zone biocénotique a été retenue, qui a été assimilée à un « pseudorhithral » (Por *et al.* 1986).

Tout différent est le schéma de zonation que propose Moubayed (1986) pour le Litani et l'Oronte. En se basant sur la seule communauté des Diptères Chironomides et en utilisant une méthode d'analyse simple (coefficient de Sorensen), il a distingué 3 types de biocénoses du crénal, les 3 zones du rhithral, et un épipotamal.

Dans le système Aouali-Damour, comme dans les autres réseaux méditerranéens, le crénal et le potamal (généralement réduit à sa section supérieure) sont les zones les mieux individualisées, tant par leurs caractéristiques abiotiques que par leur peuplement. Ici encore, le rhithral est reconnu, mais ses subdivisions sont difficiles à identifier.

Remerciements

Cette recherche a été subventionnée par le Centre national de la recherche scientifique du Liban (CNRSL).

L'auteur remercie chaleureusement :

J. Giudicelli, professeur à l'université d'Aix-Marseille III, pour ses conseils tout au long de ce travail et sa lecture critique du manuscrit.

E. Franquet, maître de conférences à l'université d'Aix-Marseille III, pour son aide dans le traitement des données faunistiques (AFC, classification hiérarchique).

Références bibliographiques

- Alouf N., 1983. Contribution à la connaissance des cours d'eau du Liban. La zonation biologique du Nahr Qab Ilias. *Annls Limnol.* 19(2): 121-127.
- Berthélemy C. & Dia A., 1982. Plécoptères du Liban (Insecta). *Annls Limnol.* 18(2): 191-214.
- Botosaneanu L., 1992. *Fauna Palaestina*. Insecta VI – Trichoptera of the Levant (Imagines). Ilana Ferber ed., Jerusalem : 293 p.
- Bouzidi A., 1989. *Recherches hydrobiologiques sur les cours d'eau des massifs du Haut Atlas (Maroc). Bioécologie des macroinvertébrés et distribution spatiale des peuplements*. Thèse doctorat d'État, Université d'Aix-Marseille III : 190 p.
- Caspers N., Muller A., Liebenau I. & Wichard W., 1977. Köcherfliegen (Trichoptera) der Fließgewässer der Eifel. *Gewässer und Abwässer.* 62/63 : 111-120.
- Dakki M., 1986. *Recherches hydrobiologiques sur le Haut Sebou Moyen Atlas (Maroc). Une contribution à la connaissance faunistique, écologique et historique des eaux courantes sud-méditerranéennes*. Thèse doctorat d'État, Université Mohamed V, Rabat : 214 p.
- Décamps H., 1968. Vicariances écologiques chez les Trichoptères des Pyrénées. *Annls Limnol.*, 4(1) : 1-50.
- Dia A. & Botosaneanu L., 1980 – Une Stactobia nouvelle du Liban (Trichoptera, Hydroptilidae), ses stades aquatiques et leurs constructions. *Bijdr. Dierk.* 50(2) : 369-374.
- Dia A. & Botosaneanu L., 1983. Six espèces nouvelles de Trichoptères du Liban. *Bull. zool. Mus. Amsterdam.* 9(14): 125-135.
- Dia A. & Henry J.P., 1984. Nouvelles données sur les Asellides du Liban (Crustacea, Isopoda). *Annls Limnol.* 20(3):193-198.
- Dia A., 1983. *Recherches sur l'écologie et la biogéographie des cours d'eau du Liban méridional*. Thèse doctorat d'État, Université d'Aix-Marseille III, 302 p.
- Giudicelli J., 1968. *Recherches sur le peuplement, l'écologie et la biogéographie d'un réseau hydrographique de la Corse centrale, I-II*. Thèse doctorat d'État, Université d'Aix-Marseille, 437 p.
- Giudicelli J., Dia A. & Légier P., 1980. Étude hydrobiologique d'une rivière de région méditerranéenne, l'Argens (Var, France). Habitats, hydrochimie, distribution de la faune benthique. *Bijdr. Dierk.* 50(2): 303-341.
- Giudicelli J. & Dia A., 1986. Contribution to the knowledge of the black-fly fauna (Diptera: Simuliidae) of Lebanon, with description of a new species and ecological comments. *Aquatic Insects.* 8(3):123-139.
- Illies J. & Botosaneanu L., 1963. Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Mitt. Soc. Int. Limnol.* 12 : 1-57.
- Malicky H., 1999. Bemerkungen über die Verwandtschaft von *Hydropsyche pellucidula* Curtis (Trichoptera, Hydropsychidae). *Linzer biol. Beitr.* 31(2): 803-821.
- Malicky H., 2001. Ein Beitrag zur Kenntnis der Arten der *Hydropsyche instabilis*-Verwandtschaft im östlichen Mittelmeergebiet (Trichoptera, Hydropsychidae) *Linzer biol. Beitr.* 33 (1), 489-518.

- Moubayed Z., 1986. *Recherches sur la faunistique, l'écologie et la zoogéographique de trois réseaux hydrographiques du Liban : l'Assi, le Litani et le Beyrouth*. Thèse doctorat d'État, Université P. Sabatier Toulouse, 496 p.
- Mouthon J., 1980. *Contribution à l'écologie des Mollusques des eaux courantes. Esquisse biotypologique et données écologiques*. Thèse doctorat d'État, Université Paris VI, 169 p.
- Por F.D., Bromley H.L., Dimentman C., Herbst G.N. & Ortal R., 1986. River Dan, headwater of the Jordan, an aquatic oasis of the Middle East. *Hydrobiologia*. 134: 121-140.
- Sivec I. & Dia A., 2002. *Isoperla berthelemyi* and *Protonemura Phoenicia spp.n.*, two new species of stoneflies from Lebanon (Insecta : Plecoptera) *Ephemera*. 3 (1): 43-51.
- Thioulouse J., Chessel D., Dolédec S. & Olivier J.M. 1997. ADE-4 : a multivariate analysis and graphical display software. *Statistics and Computing*. 7: 75-83.
- Thomas A.G.B. & Dia A. 1982a. *Ecdyonurus* (?) *znoj-koi* Tshernova, 1938: redescription et appartenance générique réelle (Ephemeroptera). *Bull. soc. hist. nat. Toulouse*. 118(1-4): 283-289.
- Thomas A.G.B. & Dia A. 1982b. Les *Antocha* (imagos) du sud Liban (Diptera, Limoniidae). *Annls Limnol*. 18(3): 319-326.
- Thomas A.G.B. & Dia A. 1983. *Baetis bisri* n. sp., Éphéméroptère nouveau du Liban (Baetidae). *Annls Limnol*. 19(3): 213-217.
- Thomas A.G.B. & Dia A. 1984. *Baetis baroukianus* n. sp., Éphéméroptère nouveau du Liban (Baetidae). *Bull. soc. hist. nat. Toulouse*. 120: 7-12.
- Verneaux J. 1973. *Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypologie*. Thèse doctorat d'État, Université de Besançon, 260 p.

ANNEXE – Code des espèces de la matrice des données faunistiques.

Mollusques	EPH <i>Ephemera</i> sp	TKA <i>Tinodes kadiellus</i> Botosaneanu & Gasith
RAD <i>Radix auricularia</i> (Linné)	Plécoptères	TTD <i>Tinodes tohmei</i> Botosaneanu & Dia
LYM <i>Lymnaea truncatula</i> (Müller)	BRA <i>Brachyptera galeata</i> Koponen	LYP <i>Lype reducta</i> (Hagen)
PLA <i>Planorbis piscinarum</i> (Bourguignat)	PPE <i>Protonemura pectinata</i> Berthélemy & Dia	PSY <i>Psychomyia pusilla</i> (Fabricius)
SEM <i>Semisalsa contempta</i> (Dautzenberg)	PLJ <i>Protonemura libanica</i> Aubert	HYV <i>Hydroptila vectis</i> Curtis
PHY <i>Physella (Physa) acuta</i> Draparnaud	PLB <i>Protonemura libanocypria</i> Zwick	HYP <i>Hydroptila phoeniciae</i> Botosaneanu & Dia
ANC <i>Ancylus fluviatilis</i> (Müller)	PZE <i>Protonemura zernyi</i> Aubert	HYL <i>Hydroptila libanica</i> Botosaneanu & Dia
PCA <i>Pisidium casertanum</i> (Poli)	LFU <i>Leuctra fusca latior</i> Berthélemy & Dia	HYM <i>Hydroptila mendli levanti</i> Botosaneanu
PPM <i>Pisidium personatum</i> Malm	LHI <i>Leuctra hippopus</i> Kempny	HYA <i>Hydroptila angustata</i> Mosely
POB <i>Pisidium obtusale</i> (Lamarck)	LKO <i>Leuctra kopetdaghi</i> (Zhiltzova)	HYE <i>Hydroptila aegyptia</i> Ulmer
BIT <i>Bithynia badiella</i> (Küster)	LSP <i>Leuctra</i> sp.	ITH <i>Ithytrichia lamellaris</i> Eaton
BEL <i>Belgrandiella libanica</i> Schütt	CAP <i>Capnia turkestanica brevicula</i> Berthélemy & Dia	ALT <i>Allotrichia teldanica</i> Botosaneanu
MEL <i>Melanopsis praemorsa</i> (Linné)	ISO <i>Isoperla berthelemyi</i> Sivec & Dia.	ALV <i>Allotrichia vilnensis orientalis</i> Botosaneanu
VAL <i>Valvata saulcyi</i> (Bourguignat)	MAR <i>Marthamea beraudi</i> (Navas)	STP <i>Stactobia pacatoria</i> Dia & Botosaneanu
SPH <i>Sphaerium corneum</i> (Linné)	PON <i>Pontoperla</i> sp.	STA <i>Stactobia aoualina</i> Botosaneanu & Dia
Crustacés	Coléoptères dryopoides	STC <i>Stactobia caspersi</i> Ulmer
PCO <i>Proasellus coxalis</i> Dollfus	ESY <i>Elmis syriaca</i> (Kuwert)	OXF <i>Oxyethira falcata</i> Morton
PBA <i>Proasellus bardaunii</i> Alouf, Henry & Magniez	ERI <i>Elmis rioloides</i> (Kuwert)	OXD <i>Oxyethira delcourti</i> Jacquemart
PAO <i>Proasellus coxalis aoualensis</i> Dia & Henry	EPA <i>Esolus parallelepipedus</i> (Müller)	ADI <i>Adicella syriaca</i> Ulmer
GAL <i>Gammarus laticoxalis</i> Karaman & Pinkster	EPY <i>Esolus pygmaeus</i> (Müller)	TRI <i>Triaenodes</i> sp.
GAP <i>Gammarus pseudosyriacus</i> Karaman & Pinkster	LIM <i>Limnius intermedius</i> Fairmaire	APA <i>Apatania cypria</i> Tjeder
Éphéméroptères	RIO <i>Riolus syriacus</i> (Allard)	MIC <i>Micropterna coiffaiti</i> Décamps
BRH <i>Baetis rhodani</i> Pictet	STE <i>Stenelmis puberula</i> Reitter	POL <i>Polycentropus baroukus</i> Botosaneanu & Dia
BBA <i>Baetis baroukianus</i> Thomas & Dia	GRO <i>Grouvellinus coyei</i> (Allard)	EAN <i>Ernodes saltans</i> Martynov
BMU <i>Alainites muticus</i> (Linné)	NOR <i>Normandia nitens</i> (Müller)	WOR <i>Wormaldia subnigra</i> Mc Lachlan
BBI <i>Baetis bisri</i> Thomas & Dia	DGO <i>Dryops goidanichi</i> Olmi	Diptères
BSP <i>Baetis spei</i> Thomas & Dia	DAL <i>Dryops algiricus</i> (Lucas)	PRS <i>Prosimulium petrosium</i> Rubzov
BA4 <i>Baetis</i> sp4	Trichoptères	WIL <i>Simulium. (Wilhelmia) pseudequinum</i> Séguy
BA5 <i>Baetis</i> sp5	AGA <i>Agapetus caucasicus</i> Martynov	OBU <i>S. (Obuchovia) transcasicum</i> Enderlein
BA6 <i>Baetis</i> sp6	GLA <i>Glossosoma hazbanica</i> Botosaneanu & Gasith	TET <i>S. (Tetisimulium) bezzii</i> Corti
BA8 <i>Baetis</i> sp8	RHF <i>Rhyacophila fasciata</i> Hagen	SIN <i>S. (Simulium) intermedium</i> Roubaud
CEL <i>Centroptilum luteolum</i> (Müller)	RHN <i>Rhyacophila nubila</i> (Zetterstedt)	ELA <i>S. (Eusimulium) latizonum</i> Rubzov
CEP <i>Procloeon pennulatum</i> Eaton	HIN <i>Hydropsyche yahfufah</i> Malicky	SNI <i>S. (Odagmia) niha</i> Giudicelli & Dia
CLO <i>Cloeon dipterum</i> (Linné)	HLO <i>Hydropsyche longindex</i> Botosaneanu & Moubayed	BLE <i>Blepharicera fasciata</i> (Westwood)
RHI <i>Rhithrogena znojkoï</i> (Tshernova)	HPE <i>Hydropsyche incognita</i> Pitsch	ALI <i>Antocha libanotica</i> Lachschevitz
ECG <i>Electrogena galilæae</i> Demoulin	HTH <i>Hydropsyche theodoriana</i> Botosaneanu	APH <i>Antocha phoenicia</i> Thomas & Dia
ECI <i>Electrogena</i> sp1	CHE <i>Cheumatopsyche capitella</i> (Martynov)	D11 <i>Dixa</i> sp1
CAU <i>Caenis macrura</i> Stephens	TCA <i>Tinodes caputaquae</i> Botosaneanu & Gasith	D12 <i>Dixa</i> sp2
PRO <i>Prosopistoma oronti</i> Alouf	TNA <i>Tinodes negevanus</i> Botosaneanu & Gasith	LI1 <i>Limnophora</i> sp1
CHO <i>Choroterpes picteti</i> (Eaton)		LI2 <i>Limnophora</i> sp2
HAB <i>Habrophlebia</i> sp.		