

Sur la répartition et l'écologie des Ephémères et des Coléoptères Elmidae du Liban Méridional [Ephemeroptera & Coleoptera]

par Aref DIA* & Alain THOMAS**

*Département des Sciences Naturelles, Faculté des Sciences, Université Libanaise, Hadath-Beyrouth, Liban

**Laboratoire Dynamique de la Biodiversité, UMR CNRS 5172, Université Paul Sabatier,
Bâtiment 4R3b2, 118 route de Narbonne, F - 31062 Toulouse Cedex 9, France

Mots-clés : répartition écologique, sources, affinité cénétique, carré moyen de contingence.

30 stations de récolte, parmi lesquelles 12 sources, ont été prospectées sur les bassins-versants des rivières Damour (6), Aouali (23) et sur le cours inférieur du fleuve Litani (1). La répartition des 21 espèces d'Ephéméroptères et des 9 espèces de Coléoptères Elmidae (famille qui représente 78 % du total des Coléoptères récoltés) y est examinée en fonction des trois paramètres abiotiques : altitude, température maximale et conductivité électrique maximale de l'eau. Quelques brèves comparaisons sont aussi effectuées avec les Plécoptères (DIA 1983).

La famille des Baetidae est la plus diversifiée (12 espèces). *Baetis rhodani* est de loin l'espèce la plus répandue (abondance = 74,3 % de l'effectif total de cet ordre, fréquence d'occurrence = 76,7 %), devant *Elmis syriaca*. Les Leptophlebiidae sont rares. Toutes les espèces d'Elmidae, sauf *Grouvellinus coyeyi*, se trouvent aussi en Europe. Contrairement à l'Afrique du Nord, au Liban la conductivité électrique de l'eau varie peu et n'apparaît pas comme un facteur écologique primordial. Les espèces se répartissent en trois catégories : alticole et sténotherme d'eau fraîche, ne descendant pas au-dessous de 700 m d'altitude (7 espèces : 3 Ephémères, 4 Elmidae) ; thermophile et cantonnée en basse altitude (4 Ephémères) ; très eurytherme et à vaste amplitude altitudinale (19 espèces : 14 Ephémères, 5 Elmidae). Le maximum de richesse spécifique est observé à une température maximale des cours d'eau comprise entre 23 et 26°C pour les Ephémères (16 espèces) et entre 14 et 19°C pour les Elmidae (7 espèces), à opposer à 15-16°C pour les Plécoptères (11 espèces). Le rapport du nombre de présences cumulées de toutes les espèces dans les sources au nombre total des présences sur l'ensemble des stations montre la faible crénophilie moyenne des Ephémères (0,37), inférieure à celle des Elmidae (0,43) et surtout à celle des Plécoptères (0,66). Au Liban, l'étude simultanée des deux ordres Ephéméroptères et Plécoptères en typologie des eaux courantes apporte par conséquent des informations écologiques très complémentaires et doit être préconisée, en particulier pour l'évaluation de la qualité de l'eau.

Les affinités cénétiques entre les 30 espèces d'Ephémères et d'Elmidae sont étudiées sur la base du carré moyen de contingence, testé par χ^2 . 11 couples d'espèces révèlent une affinité significative au seuil de probabilité de 1 % ($p < 0,01$), avec en particulier un noyau alticole rhéophile (*Baetis baroukianus* - *Electrogena galileae* - *Riolus syriacus*) et un noyau thermophile de basse altitude (*Baetis* sp. 5 - *B. spei* - *Normandia nitens*). 6 couples montrent au contraire une incompatibilité significative au seuil de 1 % ($p < 0,01$) et 7 autres une incompatibilité significative au seuil de 1 ‰ ($p < 0,001$), *Electrogena* sp. étant en forte opposition avec toutes les espèces du noyau précédent.

Distribution and ecology of mayflies and Elmidae beetles in Southern Lebanon (Ephemeroptera & Coleoptera)

Keywords : ecological distribution, springs, association analysis, mean square of contingency.

Thirty stations, including 12 springs, were surveyed all over the catchments of the Damour (6) and Aouali (23) rivers, and in the lower course of the Litani (1). The spatial distribution of 21 mayflies and 9 Elmidae beetles species (family representing 78 % of the Coleoptera collected) was studied according to three abiotic parameters : elevation, maximal temperature and maximal conductivity of the water. Some comparisons were also made with stoneflies (DIA 1983).

The family Baetidae was the most diversified (12 species). *Baetis rhodani* was by far the commonest species (abundance = 74.3 % of the total number of mayflies, frequency of occurrence = 76.7 %), followed by *Elmis syriaca*. Leptophlebiidae were rare. All the Elmidae species but *Grouvellinus coyei* also occur in Europe. Contrary to North Africa, in Lebanon water conductivity did not vary much and therefore was not a discriminating ecological factor. The species were distributed into three categories : alticolous and cold stenothermic, not occurring below 700 m elevation (7 species : 3 mayflies and 4 Elmidae) ; thermophilic and restricted to low elevations (4 mayflies) ; very eurythermic over a large elevation range (19 species : 14 mayflies, 5 Elmidae). The highest species richness occurred for a maximal water temperature between 23 and 26°C for mayflies (16 species), and between 14 and 19°C for Elmidae (7 species). On the contrary, highest Plecoptera richness (11 species) was recorded in the temperature range 15-16°C. The ratio of the number of cumulative presences of all the species occurring in springs to the total number of presences in the whole of stations showed the weak mean crenophilia of mayflies (0,37), which was lower to that of Elmidae (0,43) and Plecoptera (0,66). Consequently, in Lebanon the joint study of both orders Ephemeroptera and Plecoptera in running water typology provides complementary ecological informations, and should be recommended, with particular regard to the evaluation of water quality.

An association analysis between the 30 mayflies and Elmidae species was carried out using the mean square of contingency, χ^2 tested. 11 pairs of species showed a significant affinity ($p < 0,01$), with in particular a rheophilic alticolous species group (*Baetis baroukianus* - *Electrogena galileae* - *Riolus syriacus*), and a thermophilic species group inhabiting low elevation sites (*Baetis* sp. 5 - *B. spei* - *Normandia nitens*). On the contrary, 13 pairs of species exhibited a significant incompatibility (6 pairs : $p < 0,01$; and 7 other pairs : $p < 0,001$ respectively); *Electrogena* sp. was in strong opposition with all the species of the latter group.

1. Introduction

Si la systématique des macroinvertébrés lotiques du Liban a fait l'objet d'un nombre important de travaux (voir à ce sujet la synthèse de DIA 1997), peu de résultats d'études écologiques ont été publiés depuis le début des années 80. La principale raison en est la guerre qui a gravement affecté et désorganisé ce pays pendant 17 ans. Un premier volet de nos recherches est paru assez récemment (DIA 1998).

L'étude intensive et extensive de la faune lotique du Liban Méridional a été le sujet de la thèse d'A. DIA (1983), effectuée sous la direction du Prof. J. Giudicelli (Université d'Aix-Marseille III). La présente publication est limitée aux Ephéméroptères et aux Coléoptères Elmidae ; elle a fait l'objet d'une communication au 5th International Congress «Zoogeography and ecology of Greece and adjacent regions», Iraklion, Crête (DIA et al. 1990).

Au Liban, la détermination de plusieurs espèces d'Ephéméroptères est rendue difficile et même incertaine en raison de l'imprécision de descriptions originales de formes européennes ou caucasiennes affines, datant pourtant de la seconde moitié du 20^e siècle. Nous avons préféré jouer la carte de la prudence en désignant par «sp.» toute espèce très proche, mais peut être distincte, d'une espèce insuffisamment caractérisée. Nous reviendrons à l'avenir sur ces cas litigieux -rencontrés aussi dans d'autres bassins hydrographiques libanais- avec l'appui de matériel comparatif euro-méditerranéen et/ou Est-européen, pour évaluer les limites des variations géographiques.

Les Elmidae ont été déterminés sous la direction de notre regretté collègue et ami Claude Berthélemy.

2. Stations prospectées, matériel et méthodes

Le présent travail concerne deux rivières du Liban méridional, le Damour (6 stations) et l'Aouali (23 stations), orientées NE-SW et se jetant dans la Mer Méditerranée, entre Beyrouth et Saïda (Carte 1). Le climat de cette région est méditerranéen (étés chauds et secs, hivers doux et humides).

Le Damour a une longueur de 33 km, pour un bassin-versant de 288 km² et une source principale située à 1000 m d'altitude. Les paramètres correspondants de l'Aouali sont de 48 km, 302 km² et 1080 m d'altitude. Contrairement à l'Aouali, le Damour reçoit plusieurs gros affluents. Sur l'Aouali, le fonctionnement d'usines hydroélectriques entraîne de fortes perturbations du débit.

Ce programme d'étude a aussi intégré une station située à l'aval du fleuve Litani (longueur : 160 km ; bassin-versant : 2200 km²), à l'extrême Sud du Liban, décrite par DIA (1994).

Les 30 stations ont été prospectées au filet Surber, de surface = 0,1 m² et de vide de maille = 250 µm. Les prélèvements ont été effectués mensuellement, de mai 1980 à avril 1981. Pour chaque station, sont mentionnées, après l'altitude, les valeurs maximales de la température de l'eau et de la conductivité, observées sur un cycle annuel de mesures mensuelles.

Bassin-versant de la rivière Damour

SD1 : Source Es Safa et ruisseau émissaire d'Aïn Dara. Altitude : 1000 m ; 13°C ; 349 µS/cm.

D2 : Damour à 2 km en aval de SD1. Altitude : 950 m ; 17°C ; 386 µS/cm.

D3 : Damour au pont el Quâdi. Altitude : 260 m ; 23°C ; 438 µS/cm.

D4 : Damour au pont ed Damour, en aval de la confluence avec le Nahr el Hammam (d6). Altitude : 40 m ; 26°C ; 449 µS/cm.

dt5 : affluent temporaire Ouâdi el Ghaboun. Altitude : 260 m ; 24°C ; 550 µS/cm.

d6 : affluent permanent Nahr el Hammam. Altitude : 45 m ; 22°C ; 495 µS/cm.

Bassin-versant de la rivière Aouali

SA1 : Source el Barouk. Altitude : 1080 m ; 11,5°C ; 290 µS/cm.

A2 : Aouali à 1 km en aval de SA1. Altitude : 1060 m ; 15°C ; 361 µS/cm.

A3 : Aouali au pont el Misri. Altitude : 1050 m ; 15°C ; 335 µS/cm.

A4 : Aouali au pont Batloun el Kharara. Altitude : 980 m ; 18°C ; 382 µS/cm.

A5 : Aouali au pont du Jdaïdet ech Choûf. Altitude : 710 m ; 19°C ; 461 µS/cm.

A6 : Aouali au pont Bisri. Altitude : 380 m ; 29°C ; 486 µS/cm.

A7 : Aouali en amont de la centrale hydroélectrique de l'Aouali. Altitude : 230 m ; 26°C ; 500 µS/cm.

A8 : Aouali en amont de la centrale hydroélectrique de Joun. Altitude : 50 m ; 29°C ; 461 µS/cm.

A9 : Aouali en aval de la centrale hydroélectrique de Joun. Altitude : 35 m ; 23°C ; 450 µS/cm.

A10 : Aouali au pont du chemin de fer Beyrouth-Saïda. Altitude : 5 m ; 23°C ; 470 µS/cm.

Sa11 : Source Batloûn el Kharara. Altitude : 960 m ; 14,5°C ; 623 µS/cm.

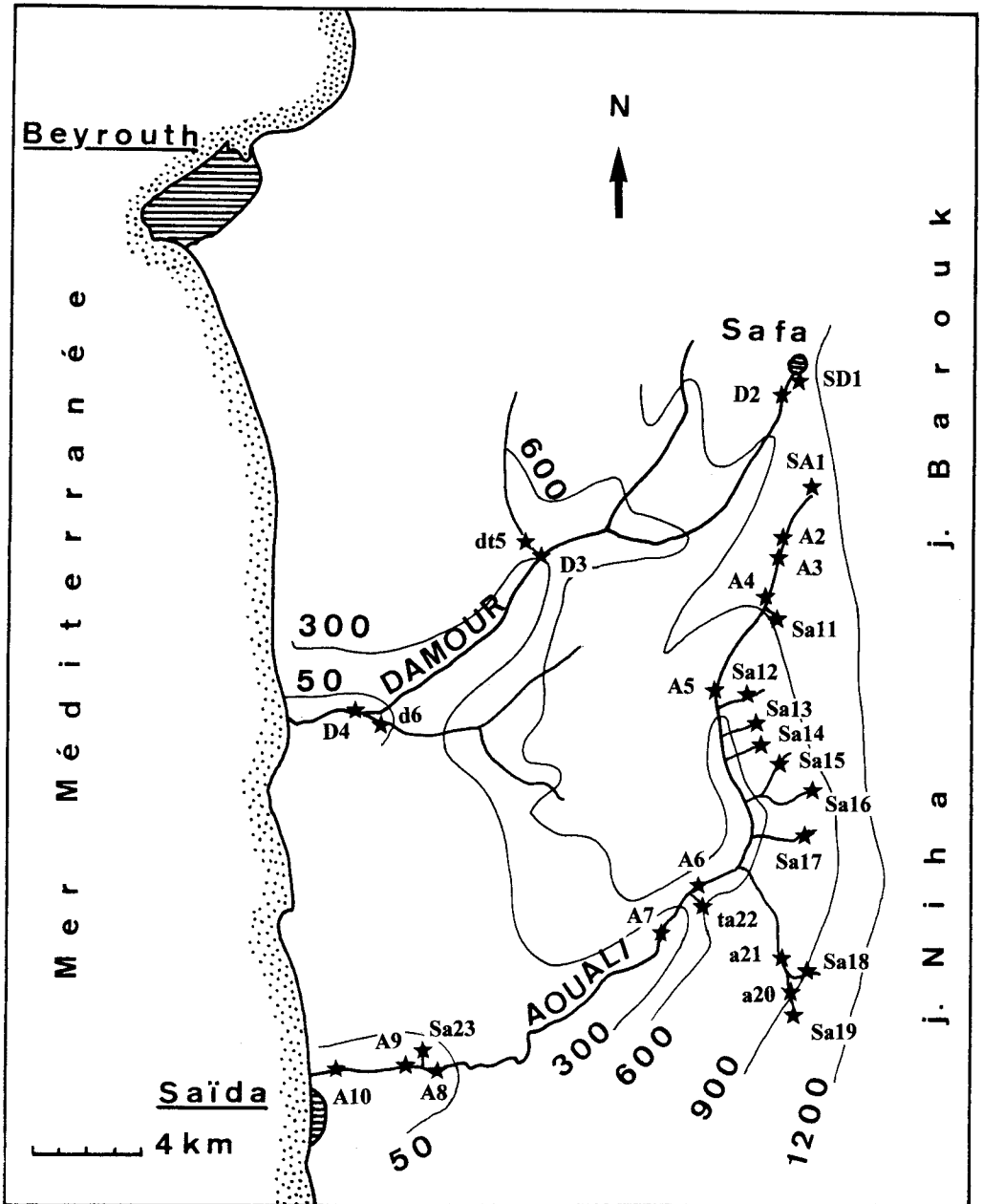
Sa12 : Source Mourched et son émissaire. Altitude : 800 m ; 14,5°C ; 500 µS/cm.

Sa13 : Source Chelouf. Altitude : 840 m ; 15°C ; 400 µS/cm.

Sa14 : Source Ras el Aïn. Altitude : 850 m ; 16°C ; 573 µS/cm.

Sa15 : Emissaire de la source Salman. Altitude : 800 m ; 18°C ; 484 µS/cm.

Sa16 : Source Abou Kharma et son émissaire. Altitude : 850 m ; 15 et 21°C ; 461 µS/cm.



j. N i h a
j. B a r o u k

Carte 1. Les stations étudiées.

Map 1. The study sites.

Sa17 : Source Bater ech Chouf. Altitude : 820 m ; 14,5°C ; 498 μ S/cm.

Sa18 : Source et vasque Aazibi. Altitude : 990 m ; 15,5 et 19°C ; 436 μ S/cm.

Sa19 : Source Jezzine. Altitude : 950 m ; 14°C ; 480 μ S/cm.

a20 : Nahr Aaray 1 km en aval de Sa19. Altitude : 900 m ; 19°C ; 473 μ S/cm.

a21 : Nahr Aaray. Altitude : 690 m ; 21,5°C ; 498 μ S/cm.

ta22 : affluent temporaire Ouadi Azour en amont de sa confluence avec l'Aouali. Altitude : 380 m ; 23°C ; 473 μ S/cm.

Sa23 : Source Joun. Altitude : 35 m ; 23°C ; 466 μ S/cm.

Bassin-versant du fleuve Litani

L : Litani en amont du pont Zrairyé (= St 1 DIA 1998). Altitude : 50 m ; 26°C ; 360 μ S/cm.

3. Communautés d'Ephéméroptères et de Coléoptères Elmidae

L'ordre des Ephéméroptères est particulièrement bien représenté parmi les insectes lotiques récoltés au cours de ce programme (Tableau 1), puisque quantitativement au premier rang (en ne prenant pas en compte les Chironomidae toutefois).

Ordres d'insectes	Effectifs totaux	% du total
Ephéméroptères	36421	34,0
Odonates	104	< 1 ‰
Plécoptères	1526	1,4
Hétéroptères	55	< 1 ‰
Coléoptères	18891	17,6
Trichoptères	30493	28,5
Diptères *	19643	18,3
* Chironomidae exclus		
TOTAL	107133	99,8

Tableau 1. Importance relative des différents ordres d'insectes récoltés, en termes d'effectifs.

Table 1. The aquatic insects collected. Relative importance of orders in terms of numbers of individuals.

36421 larves appartenant à 21 espèces d'Ephémères ont été récoltées (Tableau 2). Avec 90,3 % de ce total et 12 espèces, les Baetidae constituent de très loin la famille majeure de cet ordre, dominance encore plus marquée qu'en Afrique du Nord (Tunisie : BOUMAIZA & THOMAS 1986 et 1995 ; Algérie du Nord-Ouest : GAGNEUR & THOMAS, 1988 et 1992). Les autres familles sont beaucoup moins représentées avec, par ordre décroissant : Heptageniidae : 5,6 % ; Caenidae : 3,8 % ; Ephemeridae : 0,2 % ; enfin Prosopistomatidae et Leptophlebiidae : < 1 ‰. *Baetis rhodani* est de loin la principale espèce (74,3 % de l'abondance totale des Ephémères et fréquence d'occurrence de 76,7 %).

ESPECES	Effectif total	% relatif	Fréquence d'occurrence (%) sur les :		% sources/ total st.
			30 stations	12 sources	
EPHEMEROPTERA					
BAETIDAE					
<i>Alainites muticus</i> (Linné, 1785)	38	0,1	10,0	0	0
<i>Baetis baroukianus</i> Thomas & Dia, 1984	439	1,2	30,0	50,0	66,7
<i>Baetis bisri</i> Thomas & Dia, 1983	192	0,5	26,7	16,7	25,0
<i>Baetis rhodani</i> (Pictet, 1843)	27061	74,3	76,7	100,0	50,0
<i>Baetis spei</i> Thomas, 1985	62	0,2	33,3	8,3	10,0
<i>Baetis</i> sp. 4 [in Dia 1983]	2259	6,2	53,3	25,0	18,8
<i>Baetis</i> sp. 5 [in Dia 1983]	284	0,8	30,0	8,3	11,1
<i>Baetis</i> sp. 6 [in Dia 1983]	4	< 0,1	10,0	8,3	33,3
<i>Baetis</i> sp. 8 [in Dia 1983]	452	1,2	6,6	0	0
<i>Centropilum luteolum</i> (Müller, 1776)	1857	5,1	16,7	16,7	40,0
<i>Cloeon cf dipterum</i> (Linné, 1761)	215	0,6	33,3	50,0	60,0
<i>Procloeon cf pennulatum</i> (Eaton, 1870)	15	< 0,1	13,3	0	0
AUTRES FAMILLES					
<i>Afronurus kugleri</i> Demoulin, 1973	13	< 0,1	3,3	0	0
<i>Rhithrogena znojkoji</i> (Tshernova, 1938)	1757	4,8	36,7	3,3	9,1
<i>Electrogena galileae</i> (Demoulin, 1973)	76	0,2	36,7	58,3	63,6
<i>Electrogena</i> sp.	196 *	0,5	46,7	75,0	64,3
<i>Caenis macrura</i> Stephens, 1835	1387	3,8	66,7	58,3	35,0
<i>Prosopistoma oronti</i> Alouf, 1977	32	0,1	16,7	8,3	20,0
<i>Choroterpes picteti</i> (Eaton, 1870)	3	< 0,1	10,0	8,3	33,3
<i>Habrophlebia</i> sp.	7	< 0,1	6,7	16,7	100 **
<i>Ephemera</i> sp.	72	0,2	26,7	25,0	37,5
COLEOPTERA ELMIDAE					
<i>Elmis rioloides</i> (Kuwert, 1890)	804	5,4	6,7	16,7	100 **
<i>Elmis syriaca</i> (Kuwert, 1890)	4753	32,1	73,3	58,3	31,8
<i>Esolus parallelepipedus</i> (Müller, 1806)	222	1,5	16,7	41,7	100
<i>Esolus pygmaeus</i> (Müller, 1806)	349	2,4	33,3	16,7	20,0
<i>Grouvellinus coyeyi</i> (Allard, 1868)	3192	21,6	36,7	50,0	54,5
<i>Limnius intermedius</i> Fairmaire, 1881	903	6,1	63,3	58,3	36,8
<i>Normandia nitens</i> (Müller, 1817)	3765	25,4	36,7	8,3	9,1
<i>Riolus syriacus</i> (Allard, 1868)	614	4,1	20,0	41,7	83,3
<i>Stenelmis puberula</i> Reitter, 1887	199	1,3	46,7	66,7	57,1

* : détermination effectuée sur adultes seulement

** : sur deux stations seulement

Tableau 2. Les 30 espèces récoltées : effectifs totaux ; fréquences d'occurrence sur l'ensemble des stations et dans les sources.

Table 2. The 30 species collected : total numbers of individuals ; frequencies of occurrence in the whole of stations and in the springs.

Sur les 9 espèces d'Elmidae recensées (14801 individus), trois sont très répandues : *Elmis syriaca*, *Grouvellinus coyei* et *Normandia nitens*. *E. syriaca*, en particulier, compte pour 32,1 % des effectifs totaux d'Elmidae et présente une fréquence d'occurrence de 73,3 %.

Malgré les problèmes d'identification encore rencontrés actuellement sur les Ephéméroptères du Proche-Orient, il apparaît clairement que la proportion d'espèces européennes -s'étendant en particulier jusqu'en Europe Occidentale- est inférieure à celle des Elmidae, *Grouvellinus coyei* étant la seule espèce non mentionnée dans la FAUNA EUROPAEA (2004). *Elmis syriaca* est en effet rencontrée vers l'Ouest jusqu'en Yougoslavie et *Riolus syriacus* est signalée en Ukraine et dans des îles de la Mer Egée (FAUNA EUROPAEA, 2004).

4. Répartition écologique des espèces

Les Tableaux 3 et 4 indiquent pour chaque espèce :

- les valeurs altitudinales maximale et minimale, l'amplitude verticale correspondante, et l'altitude moyenne des stations concernées ;
- les valeurs, la plus élevée et la plus basse, de la température *maximale* de l'eau aux différentes stations, l'amplitude thermique des maxima correspondante et la moyenne des valeurs maximales de température des stations concernées ;
- les valeurs, la plus élevée et la plus basse, de la conductivité maximale de l'eau aux différentes stations et la moyenne des valeurs maximales mesurées.

DISCUSSION

4.1. La conductivité électrique

Par rapport à l'Afrique du Nord notamment, il faut souligner les faibles variations relatives de la conductivité observées d'une station à une autre ou même d'un réseau hydrographique à un autre. En se basant sur les valeurs les plus significatives, c'est-à-dire les maximales relevées sur le cycle annuel, l'amplitude de conductivité sur les 30 stations est seulement de 333 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tableau 3) ; et les écarts de conductivité moyenne entre espèces ne dépassent pas 132 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (de 360, valeur minimale, chez *Afronurus kugleri*, à 492 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valeur maximale, chez *Baetis bisri* et *Habrophlebia* sp.). Ce paramètre apparaît donc peu discriminant en autoécologie au Liban. On note seulement une classe modale importante (15 espèces) entre 450 et 475 $\mu\text{S}/\text{cm}$, contre 6 entre 475 et 500, et 5 entre 425 et 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Le contraste est très marqué avec les preferendums de conductivité nettement différenciés des espèces d'éphémères tunisiennes (BOUMAIZA & THOMAS 1986 et 1995) ou algériennes (GAGNEUR & THOMAS 1988 et 1992). Il est à ce propos utile de rappeler l'amplitude de conductivité maximale observée sur 51 stations réparties sur tout le territoire tunisien (de 449 à 36188 $\mu\text{S}/\text{cm}$, moyenne = 4168 $\mu\text{S}/\text{cm}$, écart-type $\sigma = 5786$; 22 espèces d'Ephémères : BOUMAIZA & THOMAS 1986 et 1995), et les valeurs correspondantes mesurées sur 48 stations d'un réseau hydrographique du Nord-Ouest de l'Algérie (de 625 à 16000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, moyenne = 2309 $\mu\text{S}/\text{cm}$, écart-type $\sigma = 2435$; 25 espèces : GAGNEUR & THOMAS 1988 et 1992).

4.2. L'altitude

Trois groupes d'espèces apparaissent assez nettement (Tableau 4) :

- les espèces alticoles, ne descendant pas en dessous de 700 m environ, à amplitude verticale limitée, inférieure à 300-400 m : *Grouvellinus coyei*, *Electrogena* sp., *Elmis rioloides*, *Esolus parallelipedus*, *Riolus syriacus*, *Baetis baroukianus* et *Habrophlebia* sp. ;

ESPECES	Altitude (m)	Temp. max. eau aux stations (°C)	Conduct. max. aux stations (µS/cm)	Moy- enne	Ecart- type σ
EPHEMEROPTERA					
<i>Alainites muticus</i>	850 - 45	19 - 22	461 - 495	479	17
<i>Baetis baroukianus</i>	990 - 690	14,5 - 21	386 - 573	469	57
<i>Baetis bisri</i>	850 - 45	14,5 - 29	438 - 550	492	31
<i>Baetis rhodani</i>	1080 - 35	11,5 - 29	290 - 623	455	78
<i>Baetis spei</i>	950 - 5	17 - 29	360 - 500	451	46
<i>Baetis</i> sp. 4	950 - 5	14,5 - 29	386 - 550	473	36
<i>Baetis</i> sp. 5	950 - 35	17 - 29	386 - 550	468	45
<i>Baetis</i> sp. 6	380 - 35	23 - 29	420 - 440	484	17
<i>Baetis</i> sp. 8	45 - 40	22 - 26	438 - 495	472	447
<i>Centroptilum luteolum</i>	990 - 50	14,5 - 29	360 - 498	447	54
<i>Cloeon cf dipterum</i>	1080 - 35	11,5 - 29	290 - 500	435	71
<i>Procloeon cf pennulatum</i>	690 - 45	21,5 - 29	438 - 498	479	28
<i>Afronurus kugleri</i>	50	26	360	360	-
<i>Rhithrogena znojkoii</i>	1060 - 40	13 - 29	335 - 500	419	58
<i>Electrogena galileae</i>	990 - 40	14,5 - 26	382 - 573	464	52
<i>Electrogena</i> sp.	1080 - 710	11,5 - 19	290 - 573	436	80
<i>Caenis macrura</i>	990 - 5	14,5 - 29	386 - 550	469	37
<i>Prosopistoma oronti</i>	690 - 35	21,5 - 29	360 - 498	447	52
<i>Choroterpes picteti</i>	380 - 35	23 - 29	449 - 486	467	19
<i>Habrophlebia</i> sp.	800	14,5 - 18	484 - 500	492	11
<i>Ephemera</i> sp.	990 - 40	14,5 - 26	436 - 500	470	27
COLEOPTERA ELMIDAE					
<i>Elmis rioloides</i>	1000 - 820	13 - 14,5	349 - 498	424	105
<i>Elmis syriaca</i>	1080 - 5	11,5 - 29	290 - 623	466	63
<i>Esolus parallelepipedus</i>	950 - 800	14 - 18	436 - 500	476	24
<i>Esolus pygmaeus</i>	850 - 5	19 - 29	438 - 500	472	21
<i>Grouvellinus coyeyi</i>	1080 - 710	11,5 - 19	290 - 623	424	97
<i>Limnius intermedius</i>	1080 - 35	11,5 - 29	290 - 550	457	60
<i>Normandia nitens</i>	710 - 35	19 - 29	360 - 550	465	47
<i>Riolus syriacus</i>	990 - 710	14,5 - 19	436 - 500	477	24
<i>Stenelmis puberula</i>	1060 - 35	14 - 23	360 - 550	456	73

Tableau 3. Fourchette altitudinale, et intervalles de variation de température et de conductivité maximales de l'eau pour les 30 espèces aux 30 stations. Température et conductivité correspondent aux valeurs maximales relevées aux sites.

Table 3. Elevation range, water temperature and conductivity ranges of the 30 species over the 30 sites of the catchments. Temperature and conductivity data correspond to the maximal values recorded at sites.

ESPECES	Altitude moyenne (m)	écart-type σ	Amplitude altitudinale (m)	Température : moyenne des maxima	écart-type σ	Amplitude thermique (°C) des maxima
<i>Grouvellinus coyei</i>	933	121	370	15,2	2,1	7,5
<i>Electrogena</i> sp.	917	115	370	15,6	2,2	7,5
<i>Elmis rioloides</i>	910	127	180	13,8	1,1	1,5
<i>Esolus parallelepipedus</i>	878	88	150	15,4	1,6	7
<i>Riolus syriacus</i>	830	92	280	16,1	1,9	6,5
<i>Baetis baroukianus</i>	830	98	300	16,8	2,3	6,5
<i>Habrophlebia</i> sp.	800	0	-	16,3	2,5	3,5
<i>Stenelmis puberula</i>	786	332	1025	16,8	2,9	9
<i>Cloeon</i> cf <i>dipterum</i>	782	326	1045	18,3	5,2	17,5
<i>Baetis rhodani</i>	743	309	1045	18,1	4,6	17,5
<i>Electrogena galileae</i>	722	298	950	17,7	3,8	11,5
<i>Rhithrogena znojkoii</i>	610	421	1020	20,9	5,9	16
<i>Centroptilum luteolum</i>	552	463	940	21,2	6,4	14,5
<i>Ephemera</i> sp.	548	376	950	19,6	4,2	11,5
<i>Limnius intermedius</i>	536	399	1045	20,2	5,5	17,5
<i>Alainites muticus</i>	535	430	805	20,7	1,5	3
<i>Elmis syriaca</i>	520	395	1075	20,7	4,8	17,5
<i>Caenis macrura</i>	492	385	985	20,7	4,9	14,5
<i>Baetis bisri</i>	453	315	805	22,2	4,5	14,5
<i>Baetis</i> sp. 4	363	342	945	22,7	3,9	14,5
<i>Procloeon</i> cf <i>pennulatum</i>	344	269	645	23,9	3,5	8
<i>Esolus pygmaeus</i>	292	330	845	23,4	2,9	14
<i>Baetis</i> sp. 5	287	283	915	24,4	3,7	12
<i>Baetis</i> sp. 6	215	173	345	26	3	6
<i>Baetis spei</i>	205	290	945	24,4	3,6	12
<i>Normandia nitens</i>	190	212	675	24,5	3,0	10
<i>Prosopistoma oronti</i>	173	289	655	25,1	2,9	7,5
<i>Choroterpes picteti</i>	152	198	345	26	3	6
<i>Afronurus kugleri</i>	50	-	-	26	-	-
<i>Baetis</i> sp. 8	43	4	5	24	2,8	4

Tableau 4. Pour chaque espèce : altitude moyenne, amplitude altitudinale, température moyenne des maxima relevés aux différentes stations et amplitude correspondante de ces maxima.

Table 4. For each species : mean elevation, elevation amplitude, mean maximal temperature at the different sites, and corresponding thermic amplitude.

- les espèces au contraire cantonnées en basse altitude : *Baetis* sp. 6, *Choroterpes picteti*, *Afronurus kugleri* et *Baetis* sp. 8.
- les espèces à large répartition altitudinale, c'est-à-dire les 19 autres.

4.3. La température

La zonation altitudinale sommaire du § 4.2 est en rapport avec les amplitudes thermiques des valeurs maximales observées entre stations : entre 1,5 et 7,5°C pour les espèces du premier groupe ; jusqu'à 17,5°C pour celles du second ; enfin entre 4 et 6°C pour les espèces thermophiles du troisième.

Le Tableau 3 et la Fig. 1 montrent que chez les Ephémères (A), le nombre d'espèces augmente dans de fortes proportions au-dessus d'une température maximale des cours d'eau de 14,5°C, avec un préférendum excédant 23°C : le maximum de 17 espèces (dont 10 Baetidae) est même observé à 26°C. 13 espèces sont encore présentes à 29°C. En fait, beaucoup d'espèces d'Ephémères «eurythermes» sont très tolérantes aux élévations estivales de la température en climat méditerranéen et apparaissent plutôt limitées par les valeurs inférieures de leur amplitude thermique.

La courbe relative aux Elmidae (Fig. 1 B) révèle un préférendum thermique moyen situé nettement plus bas, entre 14 et 19°C. Au-delà, le nombre d'espèces régresse. Ceci est en accord avec

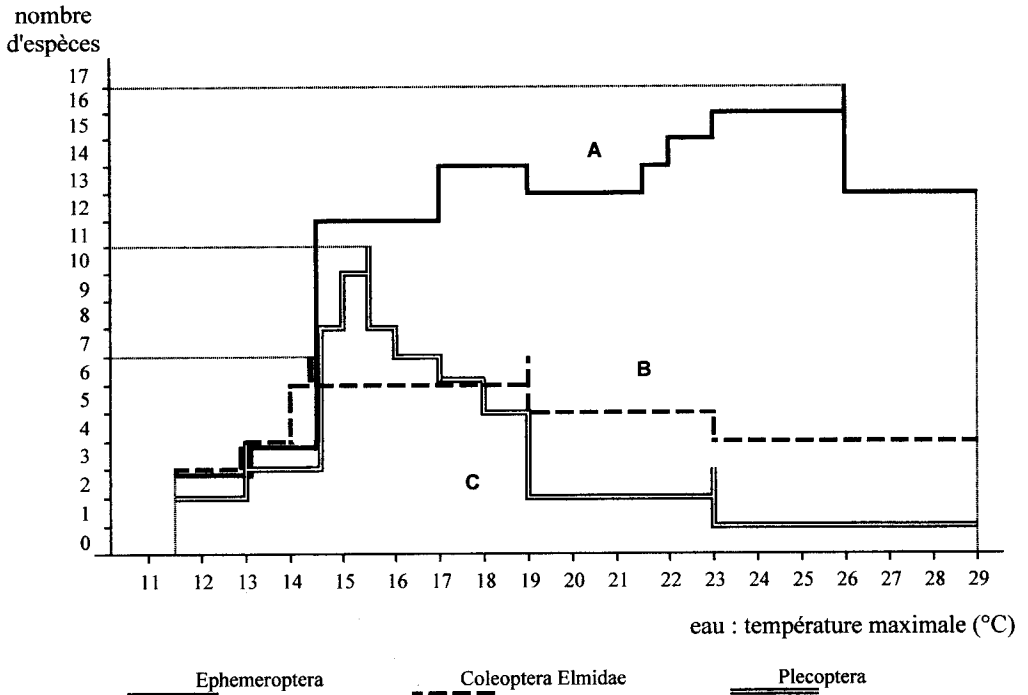


Fig. 1. Nombres d'espèces d'Ephémères (A), de Coléoptères Elmidae (B) et de Plécoptères (C) en fonction de la température maximale de l'eau.

Fig. 1. Numbers of species of Ephemeroptera (A), Coleoptera Elmidae (B) and Plecoptera (C) in function of maximal water temperature.

l'origine beaucoup plus «européenne» des peuplements d'Elmidae concernés, comparativement aux Ephémères.

La même constatation peut être faite concernant les Plécoptères (Fig. 1 C), pour la plupart encore moins thermophiles : la courbe décroît fortement dès 15,5-16°C et le nombre d'espèces n'est plus que de deux ou trois au-delà de 19°C, une seule (*Protonemura zernyi*) au-dessus de 23°C.

Pour les 21 espèces d'Ephémères, la valeur moyenne des températures maximales relevées est de 21,5°C, à opposer aux valeurs nettement inférieures -et d'ailleurs très voisines- de 18,6°C pour les 9 espèces d'Elmidae et de 18,7°C pour les 13 Plécoptères.

4.4. Le peuplement des sources

12 stations sur les 30 prospectées sont des sources, ou leurs émissaires à quelques mètres en aval du jaillissement. La température maximale de l'eau y est tout au plus de 18°C, à l'exception notable de la source chaude Sa23 (23°C).

Le rapport du nombre de présences cumulées de toutes les espèces dans les sources au nombre total des présences sur l'ensemble des stations (Tableau 2) montre globalement la faible crénophilie des Ephéméroptères (65/178 = 0,37 en moyenne). Les espèces les plus «crénophiles», dont la fréquence d'occurrence dans les sources atteint ou dépasse 50 %, sont : *Cloeon cf dipterum*, *Baetis baroukianus*, *Electrogena* sp. et *Electrogena galileae*. Seule *Habrophlebia* sp. pourra être considérée comme crénobionte, si son affinité pour les sources (100 % selon les présentes données, mais sur deux stations seulement) est confirmée à l'avenir sur d'autres réseaux hydrographiques libanais.

Les Elmidae apparaissent globalement un peu plus crénophiles (43/100 = 0,43), avec au moins une espèce, *Esolus parallelepipedus*, qui semble au Sud-Liban exclusivement confinée aux sources (5 stations sur 5), ce qui n'est pas le cas dans le Sud-Ouest de la France (THOMAS & BERTHÉLEMY 1991).

A titre comparatif, l'ordre des Plécoptères (13 espèces : BERTHÉLEMY & DIA 1982) se montre beaucoup plus crénophile voire crénobionte (31/47 = 0,66 en moyenne) que les Ephémères et les Elmidae (DIA 1983).

5. Affinités cénotiques entre espèces

Les affinités cénotiques entre espèces, prises deux à deux, ont été étudiées par la méthode du carré moyen de contingence (BONNET 1964 et 1966).

$$F = \frac{(C-P) N - N/2}{\sqrt{A (N - A) B (N - B)}}$$

avec : A et B les nombres de stations respectives aux deux espèces considérées ;

C le nombre de leurs stations en commun ; N le nombre total de stations ; P la probabilité de rencontrer simultanément les deux espèces dans une station, c'est-à-dire $P = AB/N$.

Ce coefficient varie de - 1 (incompatibilité) à + 1 (affinité), les valeurs voisines de zéro correspondant à une indifférence des deux espèces l'une pour l'autre.

Cette méthode permet d'éviter certains artefacts élémentaires qui affectent des coefficients plus simples, comme ceux de JACCARD (1902) [voir BONNET 1964, pp. 147-149] ou de SØRENSEN (1948). En outre, la signification des valeurs obtenues peut être évaluée à un seuil de probabilité donné, car $\chi^2 = N \phi^2$ (BONNET 1966).

Seuil de probabilité	Couple n°	AFFINITE	ϕ (> 0)	Couple n°	INCOMPATIBILITE	ϕ (< 0)
10 ⁻²	1	<i>Baetis baroukianus</i> - <i>Electrogena galileae</i>	0,483	12	<i>Baetis rhodani</i> - <i>Prosopistoma oronti</i>	0,559
	2	<i>Baetis baroukianus</i> - <i>Riolus syriacus</i>	0,491	13	<i>Baetis rhodani</i> - <i>Normandia nitens</i>	0,571
	3	<i>Baetis bisri</i> - <i>Baetis</i> sp. 4	0,489	14	<i>Afronurus kugleri</i> - <i>Elmis syriaca</i>	0,518
	4	<i>Baetis spei</i> - <i>Baetis</i> sp. 5	0,540	15	<i>Electrogena</i> sp. - <i>Prosopistoma oronti</i>	0,508
	5	<i>Baetis spei</i> - <i>Normandia nitens</i>	0,563	16	<i>Elmis syriaca</i> - <i>Elmis rioloides</i>	0,594
	6	<i>Baetis</i> sp. 4 - <i>Baetis</i> sp. 5	0,539	17	<i>Grouvellinus coyei</i> - <i>Normandia nitens</i>	0,507
	7	<i>Baetis</i> sp. 4 - <i>Elmis syriaca</i>	0,569			
	8	<i>Baetis</i> sp. 5 - <i>Normandia nitens</i>	0,483			
	9	<i>Electrogena galileae</i> - <i>Riolus syriacus</i>	0,571			
	10	<i>Caenis macrura</i> - <i>Limnius intermedius</i>	0,563			
	11	<i>Esolus parallelepipedus</i> - <i>Riolus syriacus</i>	0,559			
10 ⁻³				18	<i>Baetis rhodani</i> - <i>Baetis spei</i>	0,619
				19	<i>Baetis rhodani</i> - <i>Baetis</i> sp. 8	0,702
				20	<i>Baetis rhodani</i> - <i>Afronurus kugleri</i>	0,604
				21	<i>Baetis spei</i> - <i>Electrogena</i> sp.	0,732
				22	<i>Baetis</i> sp. 4 - <i>Electrogena</i> sp.	0,665
				23	<i>Baetis</i> sp. 5 - <i>Electrogena</i> sp.	0,685
				24	<i>Electrogena</i> sp. - <i>Normandia nitens</i>	0,642

Tableau 5. Couples d'espèces présentant une affinité significative ($p < 0,01$) à gauche : 1-11 ; couples présentant une incompatibilité significative à droite ($p < 0,01$ en haut : 12-17 ; $p < 0,001$ en bas : 18-24).

Table 5. Pairs of species exhibiting a significant affinity ($p < 0.01$) on the left : 1-11 ; pairs exhibiting a significant incompatibility on the right ($p < 0.01$ above : 12-17 ; $p < 0.001$ below : 18-24).

11 couples d'espèces (couples 1 à 11) révèlent une affinité significative au seuil de probabilité de 1 %, soit $p < 0,01$ (Tableau 5). Au contraire, six couples montrent une incompatibilité significative au seuil de 1 % (12 à 17) et 7 autres couples (18 à 24) une incompatibilité encore plus marquée, significative au seuil de 1 ‰, soit $p < 0,001$.

5.1. Affinité

En fait, deux noyaux d'affinité significatifs au seuil de 1 % s'individualisent, regroupant l'un les couples 1, 2 et 9, et l'autre les couples 4, 5 et 8. Il s'agit de :

- *Baetis baroukianus* - *Electrogena galileae* - *Riolus syriacus*. Ces trois espèces sont parmi les plus alticoles : altitudes moyennes respectives de 830, 720 et 960 m, ainsi qu'une valeur moyenne des températures maximales de 16,8, de 17,7 et de 17,1°C. Elles sont d'autre part franchement rhéophiles, pouvant être rencontrées à une vitesse de courant supérieure à 1 m/s.

- *Baetis* sp. 5 - *Baetis spei* - *Normandia nitens*. Beaucoup plus thermophiles que les précédentes, ces espèces colonisent le piémont et les secteurs de basse altitude (altitude moyenne respectivement de 290, 205 et 190 m). Leurs préférences thermiques en particulier sont similaires (avec des amplitudes de valeurs maximales sur l'ensemble des stations concernées respectivement de 17-29, 17-29 et 19-29°C). Elles sont aussi moins rhéophiles que les espèces du noyau précédent et n'ont jamais été trouvées à une vitesse de 1 m/s.

Les couples 3 et 6 possèdent en commun l'espèce *Baetis* sp. 4, mais *Baetis bisri* et *Baetis* sp. 5 présentent entre elles une faible affinité ($\phi = 0,181$), non significative. *Baetis* sp. 4 occupe ainsi

une position intermédiaire dans ce gradient de trois espèces s'étendant en moyenne montagne, piémont et plaine (altitude moyenne : *B. bisri* = 455 m, *Baetis* sp. 4 = 360 m et *Baetis* sp. 5 = 290 m ; moyenne des températures maximales : *B. bisri* = 22,2°C, *Baetis* sp. 4 = 22,7°C et *Baetis* sp. 5 = 24,4°C).

Le couple 7 réunit deux espèces abondantes et fréquentes (*Baetis* sp. 4 et *Elmis syriaca*), d'autoécologie assez similaire : rhéophiles (jusqu'à 1 m/s), mais peu spécialisées, pouvant être récoltées aussi en courant lent, et résistantes à la pollution organique. Le substrat préférentiel est grossier avec des algues vertes filamenteuses et des débris végétaux.

Le couple 10 correspond à deux espèces eurythermes à vaste répartition, répandues en Europe Occidentale où elles sont fréquentes dans l'hyporhithron et l'épipotamon, car assez peu sensibles vis-à-vis des pollutions organiques : *Caenis macrura* et *Limnius intermedius*. En raison du climat méditerranéen, elles remontent en altitude dans les présents cours d'eau (altitude moyenne de *L. intermedius* : 540 m, au lieu de 220 m sur les 101 stations prospectées dans le Sud-Ouest de la France par THOMAS & BERTHÉLEMY 1991).

Enfin, le couple 11 rapproche deux espèces, *Esolus parallelepipedus* et *Riolus syriacus*, à préférences altitudinales et thermiques similaires (voir Tableaux 3 et 4). *R. syriacus* est toutefois sensiblement plus rhéophile qu'*E. parallelepipedus* (amplitude de vitesse de courant de 8 à 114 cm/s dans nos prélèvements contre 5 à 79). Par ailleurs, *E. parallelepipedus* se montre aussi plus alticole au Liban méridional que dans le Sud-Ouest de la France (altitude moyenne de 880 m sur 5 stations, au lieu de 590 m sur 22 stations : THOMAS & BERTHÉLEMY 1991).

5.2. Incompatibilité

- Seuil de 1 % ($p < 0,01$)

Le couple 14 oppose *Afronurus kugleri*, l'espèce la plus localisée (Bas Litani) qui apparaît sténocène, à *E. syriaca* qui présente la plus forte fréquence d'occurrence (73,3 %) après *B. rhodani* et qui est au contraire très euryèce. L'écologie d'*A. kugleri* est mal connue ; cette espèce est relativement peu rhéophile, trouvée entre 0 et 70 cm/s.

Le couple 16 concerne *Elmis rioloides* et *E. syriaca*. Il s'agit d'un remplacement écologique d'espèces dans le même genre, succession basée sur la température, *E. rioloides* étant cantonnée dans deux sources froides et remplacée ensuite sur le cours par *E. syriaca*. La rhéophilie d'*E. rioloides* (trouvée jusqu'à 214 cm/s) est aussi très supérieure à celle d'*E. syriaca* (entre 0 et 106 cm/s).

Les deux espèces du couple 17, *Grouvellinus coyei* et *Normandia nitens*, présentent une abondance et une fréquence d'occurrence élevées (respectivement 21,6 et 63,3 % pour *G. coyei*, à rapprocher de 25,4 et 46,7 % pour *N. nitens*). Elles se succèdent (en s'excluant, sauf à la station A5) de l'amont vers l'aval, en altitude (1080 - 710 m contre 710 - 35 m) et en préférences thermiques (température maximale des cours d'eau concernés variant respectivement de 11,5 à 19°C et de 19 à 29°C).

- Cas de *Baetis rhodani*.

B. rhodani est impliquée dans deux incompatibilités au seuil de probabilité de 1 % et dans trois au seuil de 1‰.

Son opposition à *Normandia nitens* (couple 13, $p < 0,01$) a trait essentiellement aux sources, trop froides -sauf la station Sa 23- pour abriter cet Elmidae. Beaucoup plus eurytherme que *N. nitens*, *B. rhodani* est aussi moins sensible aux pollutions organiques. Le couple 12 ($p < 0,01$) traduit l'opposition entre *B. rhodani*, espèce généraliste, très euryèce et au contraire une espèce très spécialisée (*Prosopistoma oronti*), de piémont et surtout de plaine, en voie de disparition, comme les

autres espèces euroméditerranéennes de ce genre.

B. rhodani présente une incompatibilité de distribution encore plus marquée ($p < 0,001$) avec des espèces plus sténothermes d'eau chaude (*Baetis spei*, *Baetis* sp. 8, *A. kugleri*).

- Cas d'*Electrogena* sp.

La connaissance de la répartition de cette espèce est limitée par le fait que seuls les adultes ont pu être pris en considération, les larves n'étant pour l'instant pas séparables de celles d'*E. galileae*. *Electrogena* sp. est, parmi les espèces d'Ephémères à forte fréquence d'occurrence, la moins thermophile (moyenne des températures maximales des cours d'eau colonisés : 15,6°C). Au seuil $p < 0,01$, elle s'oppose à *Prosopistoma oronti*, l'une des espèces les plus thermophiles et les moins alticoles de la présente étude, préférée du métarhithral et de l'hyporhithral. Franchement montagnarde et rhéophile, *Electrogena* sp. s'oppose encore plus fortement ($p < 0,001$) à *Baetis spei*, *Baetis* sp. 4, *Baetis* sp. 5 et *Normandia nitens*. Trois de ces dernières espèces forment d'ailleurs le second noyau d'affinité, thermophile, mis en évidence au § 4.1, tandis que la quatrième, *Baetis* sp. 4, est affine de *Baetis* sp. 5 ($\phi = 0,539$).

6. Conclusion

Le Liban est un pays très riche en sources, dont certaines à fort débit. Les cours d'eau qui s'assèchent complètement l'été y sont de facto bien moins nombreux qu'en Afrique du Nord et aucune température supérieure à 29°C n'a été relevée sur les 30 stations étudiées ici.

La tendance de certaines espèces européennes, pas particulièrement crénophiles, à remonter dans les sources est moins fréquente et moins nette qu'en Afrique du Nord, à quelques exceptions près (par exemple *Elmis rioloides*, *Esolus parallelepipedus*). En effet, le faible écart de conductivité observé d'une station à l'autre le long d'un cours d'eau n'entraîne pas, comme au Maghreb la remontée des espèces vers l'amont, à la recherche d'eaux de sources, sensiblement moins minéralisées, ou d'un faible écoulement permanent à la fin de l'été. Au Liban, la remontée de certaines espèces vers les sources est conditionnée dans une beaucoup plus large mesure par leurs exigences thermiques.

L'espèce la plus répandue de la présente étude, *Baetis rhodani*, même si elle colonise la totalité des 12 sources prospectées, n'est pas nettement crénophile car elle se trouve aussi à 12 autres stations situées sur les cours principaux, jusqu'à 29°C. *Electrogena* sp. est sans doute l'espèce d'Ephémère la plus crénophile, avec 75,0 % de fréquence d'occurrence sur les 12 sources, et 64,3 % de sources sur le total des stations qu'elle colonise. Elle est suivie par *Baetis baroukianus*, espèce vicariante de *B. melanonyx*, avec respectivement 50,0 et 66,7 %. Chez les Plécoptères au contraire, plusieurs espèces sont crénophiles ou même crénobiontes (DIA 1983). L'intérêt majeur de la prise en considération simultanée de ces deux ordres d'insectes -qui utilisent des stratégies sensiblement différentes et apportent par conséquent des informations écologiques très complémentaires- par exemple dans un but d'évaluation de la qualité de l'eau des rivières sur la totalité de leur cours, depuis le jaillissement des sources, apparaît donc nettement (DIA et al. 2002).

Remerciements

C'est pour nous un plaisir de remercier Jacques Lauga pour ses avis compétents en statistiques et pour sa disponibilité, ainsi que Roselyne Etienne, Sébastien Brosse et Nicole Thomas pour leur aide amicale. Jean Giudicelli a assuré l'encadrement de la thèse du premier auteur avec beaucoup de compétence et de dévouement.

Travaux cités

- BERTHÉLEMY, C. & A. DIA. 1982. Plécoptères du Liban (Insecta). *Annales de Limnologie*, **18** (2) : 191-214.
- BONNET, L. 1964. Le peuplement thécamoebien des sols. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*, **1** (2) : 123-408.
- BONNET, L. 1966. Le peuplement thécamoebien de quelques sols du Chili. *Protistologica*, **2** (2) : 113-140.
- BOUMAIZA, M. & A.G.B. THOMAS. 1986. Répartition et écologie des Ephémères de Tunisie (1ère partie) (Insecta, Ephemeroptera). *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, **63** (4) : 567-599.
- BOUMAIZA, M. & A. THOMAS 1995. Distribution and ecological limits of Baetidae vs the other mayfly families in Tunisia : a first evaluation (Insecta, Ephemeroptera). *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse*, **131** : 27-33.
- DIA, A. 1983. *Recherches sur l'écologie et la biogéographie des cours d'eau du Liban Méridional*. Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. Aix-Marseille III. 302 pp.
- DIA, A. 1994. Cycle des principaux paramètres physico-chimiques des eaux du bassin inférieur du Litani (Littoral Sud Liban). *Lebanese Science Bulletin*, **7** (1) : 11-25.
- DIA, A. 1997. Synthèse sur l'endémisme et la faune des macro-invertébrés lotiques au Liban. *Lebanese Science Bulletin*, **10** (1) : 21-59.
- DIA, A. 1998. Recherches sur l'écologie des macroinvertébrés du bassin inférieur de la rivière Litani (Nahr Kasmïye - Littoral Sud). *Lebanese Science Bulletin*, **11** (1) : 3-43.
- DIA, A., A. THOMAS & C. BERTHÉLEMY †. 1990. Sur la répartition et l'écologie des Ephéméroptères et des Coléoptères Elmidae du Liban Méridional. 5th International Congress Zoogeography and ecology of Greece and adjacent regions, Iraklion, Crête.
- DIA, A., A. THOMAS & V. MARIE. 2002. Assessing water quality in Lebanon : a sensitive biotic index based on the specific communities of Ephemeroptera and Plecoptera (SEPL). North American Benthological Society : 50th annual meeting, Pittsburgh, Pennsylvania. Abstract n° 413 in *Bulletin of the NABS*, **19** (1) : 277-278.
- FAUNA EUROPAEA. 2004. Coleoptera 1. Group coordinator : M. Alonso-Zarazaga ; taxonomic specialist : M. Jäch. Site Internet : <http://www.Faunaeur.org/>
- GAGNEUR, J. & A.G.B. THOMAS. 1988. Contribution à la connaissance des Ephéméroptères d'Algérie. I. Répartition et écologie (1ere partie) (Insecta, Ephemeroptera). *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse*, **131** : 27-33.
- GAGNEUR, J. & A. THOMAS. 1992. The main abiotic environmental factors influencing Mayflies distribution in semi-arid regions of Western Algeria. 7th International Conference on Ephemeroptera, Orono, Maine, USA.
- JACCARD, P. 1902. Lois de distribution florale dans la zone alpine. *Bulletin de la Société vaudoise de Sciences naturelles*, **38** : 69-130.
- SØRENSEN, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation of Danish commons. *Biologiske Skrifter*, **5** : 1-34.
- THOMAS, A. & C. BERTHÉLEMY. † 1991. Préférences et limites écologiques des Elmidae (Coleoptera) dans le Sud-Ouest de la France. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse*, **127** : 39-42.

(paru en juillet 2005)