RÉPARTITION RIVE-CHENAL DES MACRO-INVERTÉBRÉS BENTHIQUES DANS DES RIVIÈRES ALGÉRIENNES (SOUMMAM ET SES AFFLUENTS)

F. Zouggaghe[1] & A. Moali[1]

Summary. — *Transversal distribution (channel-bank) of benthic macro-invertebrates in Algerian rivers (Soummam and its tributaries)*. — The communities of benthic macro-invertebrates were sampled over the entire watershed Soummam to determine the transversal variability (bank-channel) : 34 stations were studied on the three parts of the watershed Soummam (Soummam valley, Bouira and Sétif plateaux) during spring and summer of 2005, 2006 and 2007. The main objective of the study was to determine the community structure of benthic macro-invertebrates in two flow facies (bank and channel). From this structure we determined whether communities are homogeneous or heterogeneous by measuring the distance between the channel and the bank, and that to determine the surface distribution of these communities in the same station. In terms of taxonomic richness, the similarities were between 60 and 90 %, which means that sometimes dissimilarity was up to 40 %. However, in terms of abundance, differences were remarkable between the channel and the banks, especially for taxa characteristics of each region. Even for stations where the distance between the samples on the channel and on the bank was less than 2 m, the structure of these benthic macro-invertebrates communities also changed. So the habitat of benthic macro-invertebrates is very small, and each micro-habitat has a structure specific to these benthic communities.

Résumé. — Les communautés de macro-invertébrés benthiques ont été échantillonnées sur la totalité du bassin versant de la Soummam afin de déterminer la variabilité transversale (rive-chenal) ; pour cela, un total de 34 stations à été étudié sur les trois parties du bassin versant de la Soummam (vallée de la Soummam, plateau de Bouira et le plateau de Sétif) durant le printemps et l'été des années 2005, 2006 et 2007. L'objectif principal de l'étude était de déterminer la structure des communautés de macro-invertébrés benthiques dans deux faciès d'écoulement (rive et chenal). À partir de cette structure nous avons déterminé à quel point les peuplements étaient homogènes ou hétérogènes en mesurant la distance entre le chenal et la rive, et cela afin de déterminer la surface de répartition de ces peuplements au sein de la même station. En termes de richesse taxinomique, les similitudes qualitatives variaient entre 60 % et 90 %, ce qui signifie que la dissemblance atteignait parfois 40 %. Mais, en termes d'abondance, les différences entre le chenal et les rives étaient très remarquables, surtout pour les taxons caractéristiques de chaque région. Même pour les stations où la distance entre les prélèvements du chenal et de la rive était moins de deux mètres, la structure des communautés de macro-invertébrés benthiques changeait. Donc l'habitat des macro-invertébrés benthiques est très réduit, et chaque micro-habitat possède une structure spécifique de ces peuplements benthiques.

Les successions longitudinales (amont - aval) des peuplements de macro-invertébrés benthiques ont fait l'objet de nombreux travaux, aboutissant à des descriptions écologiques comme celle des zonations d'Illies & Botosaneanu (1963), de la théorie du concept de continuum fluvial (River Continuum Concept) de Vannote *et al.* (1980), de la structuration en fonction des changements hydrologiques (Stream Hydraulic Concept) de Statzner & Higler

[1] Laboratoire d'Écologie et Environnement, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université A/Mira de Béjaia, Algérie. E-mail : Zouggaghe_fatah@yahoo.fr

(1986), ainsi que la théorie des dimensions longitudinales des écosystèmes lotiques (Four-Dimensional Concept) de Ward (1989), sans oublier la théorie des traits biologiques et écologiques de Statzner *et al.* (1997). Mais l'étude transversale (rive - chenal) de ces communautés est moins fréquente ; citons à titre d'exemple Gaschignard *et al.* (1983), Bournaud *et al.* (1998), ainsi que Reid & Thoms (2008) sur l'effet des flux de surface sur la distribution des macro-invertébrés.

La succession des faciès d'écoulement dans ces milieux aquatiques est souvent marquée par l'alternance radier/profond (Illies & Botosaneanu, 1963 *in* Welcomme, 1985 ; Cuinat, 1980 ; Wasson et *al.*, 1981), ce qui est le cas des stations hétérogènes alors que le macro-habitat et le méso-habitat sont des portions de cours d'eau présentant une physionomie homogène pour les principaux facteurs écologiques (Malavoi, 1989). Dans ces milieux, la distribution et la diversité des invertébrés aquatiques peuvent être influencées par la profondeur de la lame d'eau, le type de vitesse du courant et le type de substrat (Pardo & Armitage, 1997 ; Statzner *et al.*, 1988 ; Harper *et al.*, 2000).

En Algérie, toutes les études sur les peuplements de macro-invertébrés aquatiques s'intéressent aux aspects longitudinaux ou bien aux variations amont - aval qui contrôlent leur structuration (Lounaci, 1987, 2005 ; Arab, 1989 ; Lounaci *et al.*, 2000b ; Zouggaghe, 2003, 2010 ; Arab et *al.*, 2004 ; Zouggaghe & Moali, 2009).

Dans le présent travail, nous étudions les variations transversales et nous cherchons à déterminer à quel point les communautés de macro-invertébrés benthiques sont homogènes ou hétérogènes entre deux habitats (chenal et rive) au sein d'une même station. Nous cherchons aussi à déterminer la structure de ces communautés en fonction de la distance rive - chenal dans les différents cours d'eau du bassin versant de la Soummam.

MATÉRIELS & MÉTHODES

ZONE D'ÉTUDE

L'étude a été réalisée dans le bassin versant de la Soummam qui occupe une superficie de 9125 km^2 ; il est composé de dix sous-bassins. Il se situe entre deux importantes villes d'Algérie (Alger et Constantine). Sa principale caractéristique est d'être composé de deux plateaux (celui de Bouira à l'Ouest et celui de Sétif à l'Est) et de la vallée de la Soummam (Fig. 1). Il est limité au Nord par les montagnes du massif du Djurdjura, par la mer Méditerranée et les chaînes côtières de la Kabylie de la Soummam. Au Sud, il est limité par le contrefort des monts de Hodna (Benhamiche, 1997).

L'oued Soummam résulte de la jonction en amont d'Akbou de deux oueds importants : l'oued Sahel, dont la superficie du bassin est de 3815 km^2 et l'oued Boussellam d'un bassin d'une superficie de 4230 km^2. Le bassin de la vallée de la Soummam occupe une superficie de 1080 km^2 ; son lit est de 80 km environ et présente des resserrements dont la largeur maximale de 4 km à El-Kseur se réduit à 100 m à Sidi-Aïch (Zouggaghe, 2010).

ÉCHANTILLONNAGE DES COMMUNAUTÉS DE MACRO-INVERTÉBRÉS

Au cours de cette étude, un total de 14 cours d'eau a été échantillonné dont 34 stations ont été prospectées (Fig. 1) sur deux saisons (printemps et été) des années 2005, 2006 et 2007. Un total de quatre prélèvements par station et par campagne : deux sur les rives (Rv1 et Rv2) et deux au chenal d'écoulement (Ch1 et Ch2). Il faut noter qu'en plus de l'emplacement de ces prélèvements (rive ou bien chenal), d'autres facteurs se sont ajoutés à ce choix comme la vitesse d'écoulement (< 10 cm/s ou > 20 cm/s) et la profondeur de la lame d'eau (< 10 cm ou > 10 cm).

Les quatre prélèvements ont été effectués à l'aide d'un filet Surber (surface de 1/20 m^2) à maille de 275 microns. Pour chaque habitat (rive par exemple) et pour chaque station, la surface totale était donc de deux fois 1/20 m^2 (1/10 m^2). Le total des prélèvements du printemps a été de 33 stations x 2 prélèvements et celle de l'été de 17 stations x 2 prélèvements. Il faut noter que les stations en grisé dans le tableau III sont celles qui subissent un assèchement total durant la saison estivale.

Une détermination jusqu'à la famille, parfois au genre, a été effectuée sous une loupe binoculaire, par fractions successives dans des boites de Pétri à fond quadrillé. L'ouvrage de base pour la détermination était le guide des invertébrés d'eau douce de Tachet *et al.* (2000).

La répartition des stations par cours d'eau et par sous-bassin versant, ainsi que les principales caractéristiques (vitesse, profondeur et substrat) des stations étudiées sont représentées dans le tableau I.

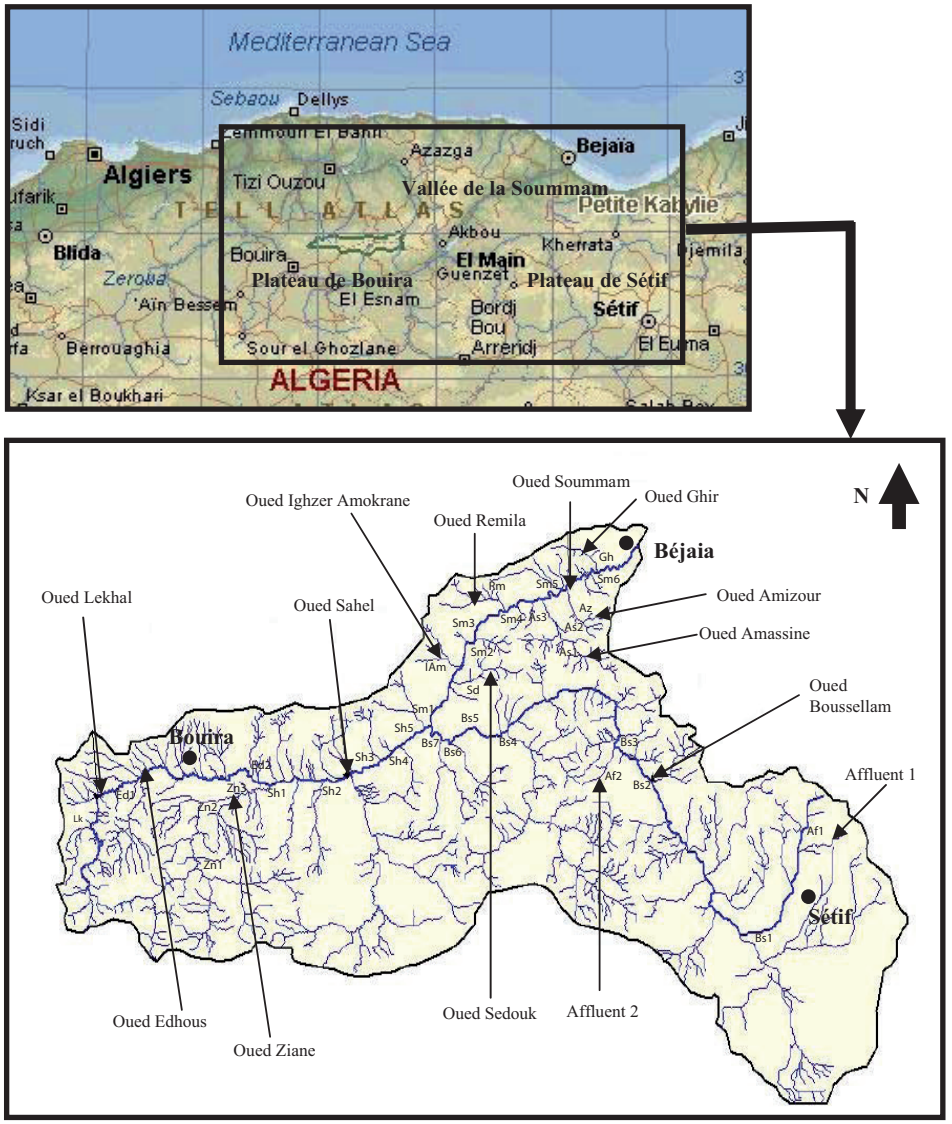


Figure 1. — Carte du bassin versant de la Soummam et localisation des stations d'étude. *Map of the Soummam watershed and location of the studied stations.*

ANALYSE DES DONNÉES

L'indice de similarité a été utilisé pour mesurer le degré d'association de deux sites ou de deux échantillons. Il se calcule par la formule suivante :

$$S = \frac{2C}{A + B}$$

où :
A : N^{bre} total de taxons du milieu 1.
B : N^{bre} total de taxons du milieu 2.
C : N^{bre} total de taxons communs entre les deux milieux.

TABLEAU I

Principales caractéristiques des stations d'étude (vitesse, profondeur et substrat (A : Argile, S : Sable, C : Cailloux, G : Gravier, P : Pierre, B : Bloc, V : Vase))

Main characteristics of study sites (speed, depth and substrate)

Sous- bassin	*Cours d'eau*	*Stations*	*Printemps*			*Eté*		
			V (cm/s)	*Pr (cm)*	*Sub*	*V (cm/s)*	*Pr (cm)*	*Sub*
Plateau de Bouira	Oued Sahel	Sh1	76	30	S+G	17,8	15	S+G
		Sh2	109,5	50	S+C+A	17,1	10	C+A
		Sh3	119	30	S+A	15,3	10	S+A
		Sh4	102	40	S+A	/	/	/
		Sh5	100	50	S+A	/	/	/
	Oued Ziane	Zn1	58,8	40	S+G	/	/	/
		Zn2	78,4	40	S+A+G	29,2	15	S+G
		Zn3	62,5	20	S+G	27,3	15	S+G
	Oued Edhous	Ed1	71,4	50	S+P+B	/	/	/
		Ed2	52,6	40	G+P	/	/	/
	Oued Lekhal	Lk	46,6	20	S	/	/	/
Vallée de la Soummam	Oued Soummam	Sm1	142,5	50	S+G	17,3	15	S+G
		Sm2	62,5	70	G+P	33,1	20	G+A
		Sm3	100	40	S+C+P	/	/	/
		Sm4	/	/	/	37,7	40	P+V
		Sm5	66,7	40	S+A	22,3	15	S+V
		Sm6	100	50	S+A+B	19,6	50	S+B+A
	Oued Amassine	As1	33	30	S	/	/	/
		As2	90	20	S+C	/	/	/
		As3	100	30	S+G	21,1	15	S+G
	Oued Sedouk	Sd	44	15	S+P	/	/	/
	Oued Amizour	Az	20	15	S+C	/	/	/
	Oued Ghir	Gh	59	30	S+A	/	/	/
	Oued Remila	Rm	50	30	P+B	/	/	/
	Oued I. Amokrane	IAm	40	30	P+B	/	/	/
Plateau de Sétif	Oued Boussellam	Bs1	64,5	30	P+G	37,2	20	P+V
		Bs2	39	40	G+P	44,1	30	G+P
		Bs3	123	40	S+P+G	52,6	40	S+P
		Bs4	133	40	B+P+G	33,7	30	P+B
		Bs5	70	50	S	/	/	/
		Bs6	132	30	S	23,5	20	S+V
		Bs7	123,5	50	S+G	22,1	20	S+V
	Affluent 1	Af1	43	30	S+C	/	/	/
	Affluent 2	Af2	29,7	15	S+G	/	/	/

Cet indice varie de 0 à 1 (ou 100 %). S'il est égal à 0, les deux sites sont dissimilaires et ils n'ont pas d'espèces en commun. S'il est égal à 1, la similarité est complète et cela désigne que les compositions des richesses des deux sites sont identiques. Plus la similarité tend vers 1, plus les milieux comparés se ressemblent.

En plus de l'indice de similitude, les courbes Diversité-Abondance (Faessel *et al.*, 1993) appartiennent à un type d'analyse qui permet l'étude de la structure des peuplements faunistiques d'un milieu donné. Le principe est de représenter sur un graphique la répartition des individus dans les différents taxons existants, partant du principe selon lequel les communautés lotiques naturelles présentent comparativement un petit nombre d'espèces communes représentées par un grand nombre d'individus et un grand nombre d'espèces comptant peu d'individus. Pour réaliser cette analyse, on place chaque taxon dans une des cinq classes suivantes selon le nombre d'individus (m^2) qui le compose : classe 1 = 1 à 50 individus ; classe 2 = 50 à 150 individus ; classe 3 = 150 à 500 individus ; classe 4 = 500 à 1000 individus ; classe 5 = 1000 individus ou plus.

RÉSULTATS

COMPOSITION DE LA COMMUNAUTÉ DE MACRO-INVERTÉBRÉS

Le peuplement benthique du bassin versant de la Soummam est caractérisé par un cortège faunistique classique commun aux milieux aquatiques d'eaux courantes de la Méditerranée, principalement dominé par les Diptères *Chironomidae*, les Oligochètes *Naididae* et les Ephéméroptères *Baetidae* (Zouggaghe, 2010).

L'analyse systématique des échantillons a permis de répertorier un total de 75 taxons de macro-invertébrés benthiques répartis sur 8 classes, 24 ordres et 70 familles. L'inventaire faunistique est dominé essentiellement par les Diptères (51,7 %), les Oligochètes (17,7 %), les Ephéméroptères (17,3 %), les Ostracodes (3,5 %) et les Trichoptères (3,15 %).

Les variations en termes d'abondances globales montrent que les trois régions du bassin versant de la Soummam ont une certaine ressemblance durant les deux saisons entre les rives et le chenal d'écoulement : entre 43 et 57 % (Tab. II). Ainsi, les variations rive-chenal par groupes faunistiques montrent une répartition presque similaire entre la rive et le chenal pour les Insectes et les Crustacés, l'abondance des Arachnides et des Achètes au niveau du chenal et l'inverse pour les autres taxons (Fig. 2).

TABLEAU II

Abondance des macro-invertébrés collectés sur la rive (Rv) et le chenal(Ch) au printemps et en été dans les trois régions du bassin versant de la Soummam. Abundance of macro-invertebrates collected on the bank (Rv) and channel (Ch) during spring and summer in the three regions of the watershed Soummam

	V. Soummam		*P. de Bouira*		*P. de Sétif*	
	Ch	*Rv*	*Ch*	*Rv*	*Ch*	*Rv*
Printemps						
N[b] de prélèvements	26	26	22	22	18	18
Abondance totale	9201	11881	7192	6443	4521	3993
%	43,6	56,4	52,7	47,2	53,1	46,9
Valeurs (Min, Max)	(26 – 883)	(51 – 1021)	(54 – 997)	(29 – 1014)	(64 – 1097)	(90 – 610)
Moyenne ± Ecart-type	354 ± 184,5	457 ± 274,2	327 ± 248,8	293 ± 112,8	251 ± 212,7	222 ± 115,9
Été						
N[b] de prélèvements	12	12	10	10	12	12
Abondance totale	4599	5938	5418	5469	5623	6066
%	43,6	56,4	49,8	50,2	48,1	51,9
Valeurs (Min, Max)	(170 – 608)	(80 – 1075)	(268 – 837)	(65 – 1172)	(71 – 870)	(53 – 958)
Moyenne ± Ecart-type	384 ± 153,3	495 ± 261,7	542 ± 218	547 ± 401	469 ± 232,1	506 ± 264,2

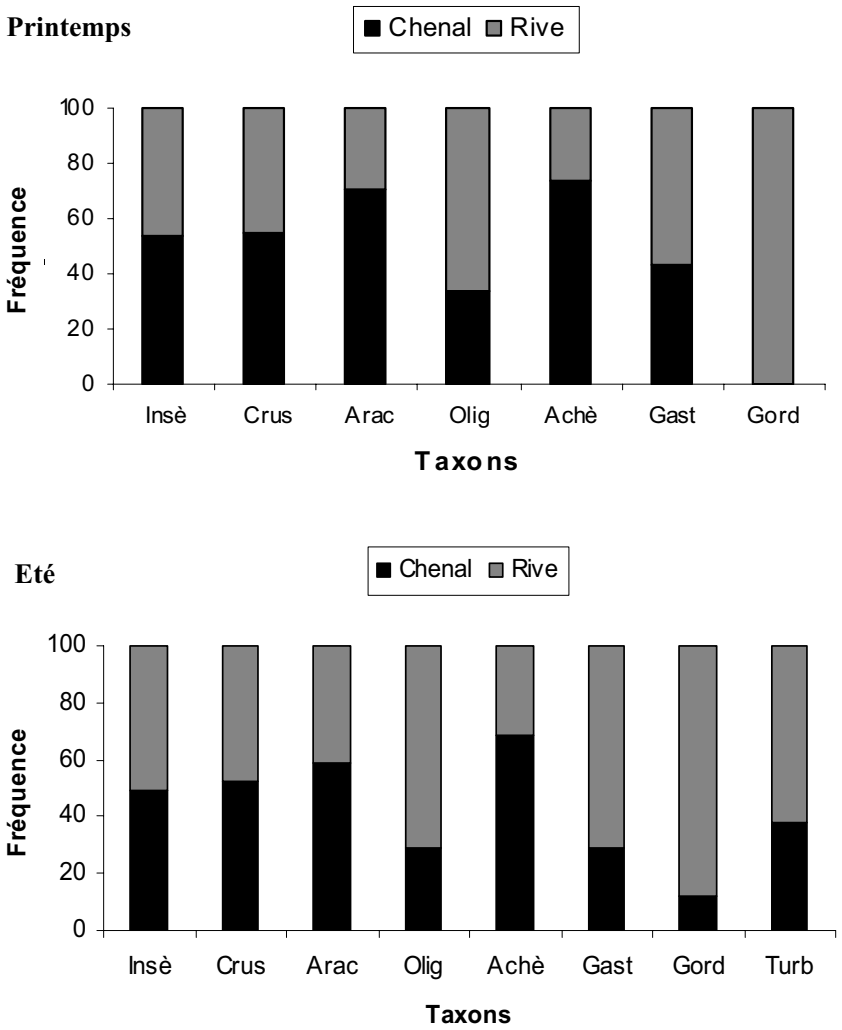


Figure 2.— Frèquence des principaux taxons de macro-invertèbrès benthiques dans la rive et le chenal d'ècoulement.
Frequency of major taxa of benthic macroinvertebrates in the bank and channel for the watershed Soummam.

Les résultats faunistiques obtenus au cours de cette étude montrent l'existence de deux groupes de taxons : taxons des milieux lénitiques et taxons des milieux lotiques. Dans le premier groupe, nous avons les Diptères *Ceratopogonidae*, *Chironomidae* et *Tabanidae*, les Oligochètes *Tubificidae* et *Naididae*, les Coléoptères *Elmidae, Haliplidae* et *Dytiscidae*, les Hétéroptères *Corixidae*, les Gastéropodes *Planorbidae, Physidae* et *Ancylidae* et les Triclades *Dugesiidae*, qui se trouvent avec des abondances très élevées dans ces habitas. Pour le deuxième groupe, nous avons les Diptères *Simuliidae,* les Ephéméroptères *Baetidae, Caenidae* et *Heptageniidae*, les Trichoptères *Hydropsychidae*, les Achètes *Glossiphoniidae*, les Crustacés *Cyclopidae* et les Hydracariens, qui sont en quelque sorte typique des milieux de moyenne à forte vitesse du courant où leurs abondances sont très importantes dans ce type du milieu (Annexe).

Structure de la communauté de macro-invertébrés

Au printemps, la richesse taxinomique dans le plateau de Sétif est plus importante sur les rives des stations Bs3, Af2 et Bs7 mais, pour la station Bs4, la richesse la plus élevée est signalée dans le chenal d'écoulement. Dans les stations Sm1, As3, IAm et Gh de la vallée de la Soummam, le nombre le plus élevé de taxons est plutôt signalé sur les rives que dans le chenal. Il est à noter aussi le rapprochement de la richesse entre le chenal et la rive dans les stations As1, As2, Sd, Re et Az. Pour le plateau de Bouira, on soulignera une importance de la richesse taxinomique dans le chenal pour les trois stations d'amont (Lk, Ed1 et Ed2), presque une égalité pour les stations de l'oued Ziane (Zn1, Zn2 et Zn3) et pour les premières stations de l'oued Sahel (Sh1 et Sh2). Par contre dans le reste des stations de ce dernier, les rives abritent toujours plus de taxons que le chenal.

Durant la saison estivale, on observe une égalité en termes de richesse entre les rives et le chenal pour les deux stations de la région de Sétif (Bs1 et Bs7), pour les trois stations de la Soummam (Sm1, Sm5 et Sm6) et pour les deux stations de la région de Bouira (Zn2 et Sh2). Une importante richesse au niveau des rives pour les deux stations du plateau de Sétif (Bs2 et Bs3), les trois stations de la région de la Soummam (Sm2, Sm4 et As3) et les deux stations du plateau de Bouira (Zn3 et Sh1). Par contre, l'importance des taxons dans le chenal est signalée seulement dans les deux stations de la région de Sétif (Bs4 et Bs6) et la seule station (Sh3) de la région de Bouira (Tab. III).

Similitude taxinomique

Les bilans de richesse taxinomique et d'abondance nous permettre d'identifier les dissemblances et ressemblances entre les faciès d'écoulement au sein de la même station, en comparant les peuplements deux à deux. En considérant à la fois le niveau qualitatif et le niveau quantitatif, il est plus facile de comprendre comment sont structurées les communautés.

Le tableau III donne le pourcentage de similitude des deux faciès (rive et chenal) de chaque station. On constate que très peu de stations présentent des similitudes très faibles (inférieures à 40 %). Au contraire, la majorité des stations sont caractérisées par un taux élevé de ressemblance (supérieur à 60 %) entre les rives et le chenal.

Durant la période printanière, certaines stations comme Zn1 et Zn3 montrent des similitudes très élevées entre les deux faciès avec respectivement 88,9 et 90,9 %, mais aussi des peuplements avec des abondances très éloignées où le rapport Rv/Ch est de 1,92 pour Zn1 et 0,4 pour Zn3. On observe la même chose pour la station Bs7 durant la saison estivale qui montre une similitude de plus de 93 %, mais le rapport d'abondance Rv/Ch est de 1,81. Les stations Sh4 et Af1 présentent les plus faibles ressemblances avec respectivement 33,3 et 28,6 %, mais les rapports d'abondance Rv/Ch sont proches de 1.

Courbes diversité-abondance

Les courbes diversité-abondance des peuplements de macro-invertébrés benthiques évoluent d'une manière régulière ou uniforme entre les prélèvements du chenal et celles de la rive pour les trois régions du bassin versant de la Soummam. Les valeurs de la richesse taxinomique sont relativement basses dans le chenal par rapport à la rive. Elles présentent des valeurs relativement importantes durant la saison printanière comparativement à la saison estivale pour les trois régions (Fig. 3).

TABLEAU III

Similitude taxinomique (%) en fonction de la distance rive-chenal(Ch : chenal, Rv : rive, TC : taxons communs)
Taxonomic similarity (%) in function of the distance bank-channel

Stations	Printemps						Eté					
	N^{bre} de taxons			S (%)	Distance Rv-Ch (m)	Rapport d'abondance Rv-Ch	N^{bre} de taxons			S (%)	Distance Rv-Ch (m)	Rapport d'abondance Rv-Ch
	Ch	Rv	TC				Ch	Rv	TC			
Lk	6	3	3	66,70	0,75	0,94						
Ed1	9	7	5	62,50	1,75	0,07						
Ed2	21	19	12	60	2,25	0,53						
Zn1	4	5	4	88,90	2,25	1,92						
Zn2	5	4	2	44,40	3,75	0,73	12	13	11	88	1,75	1,09
Zn3	5	6	5	90,90	4,5	0,4	9	13	7	63,60	1,12	1,22
Sh1	13	11	7	58,30	11,25	2,49	6	9	4	53,30	1,25	0,35
Sh2	12	11	7	60,80	11,25	1,37	8	10	7	77,80	0,88	1,93
Sh3	11	15	9	69,20	11,25	0,5	16	9	8	64,00	3,75	0,24
Sh4	8	10	4	28,60	11,25	0,73						
Sh5	15	19	12	70,50	9	0,98						
Af1	5	7	2	33,30	1,25	1,37						
Af2	11	16	9	66,70	0,75	3,19						
Bs1	7	9	4	50	2,75	0,56	9	8	6	70,60	1,75	1,1
Bs2	9	8	5	58,80	2,75	0,62	9	20	8	55,20	2,25	1,49
Bs3	6	12	6	66,70	1,25	2,64	9	12	7	66,70	1,75	0,8
Bs4	15	11	9	69,20	4,5	0,46	17	15	14	87,50	2,75	1,24
Bs5	9	10	7	73,70	3,25	1,42						
Bs6	5	5	4	80	11	0,91	10	7	5	58,80	2,25	0,22
Bs7	7	12	6	63,20	9,5	1,81	7	8	7	93,30	2,75	2,54
Sm1	11	14	9	72	18,5	0,44	9	9	7	77,80	5,5	0,47
Sm2	4	10	4	57,10	12,5	3,21	7	9	7	87,50	5,5	2,17
Sm3	6	4	4	80	11	0,27						
Sm4							10	12	8	72,70	4,5	0,58
Sm5	9	7	4	50	11	3,97	8	8	6	75	3,25	1,38
Sm6	12	8	6	60	9	0,93	11	11	8	72,70	2,75	1,06
As1	14	15	9	62	2,25	2,19						
As2	12	12	7	58,30	0,75	1,91						
As3	12	15	9	66,70	3,75	1,94	11	16	11	81,40	1,12	1,92
Az	14	13	11	81,40	0,75	2,15						
Sd	9	8	5	58,80	1,25	1,7						
IAm	12	22	11	64,70	2,25	1,73						
Re	15	15	12	80	3,75	0,65						
Gh	13	22	12	68,60	2,25	0,67						

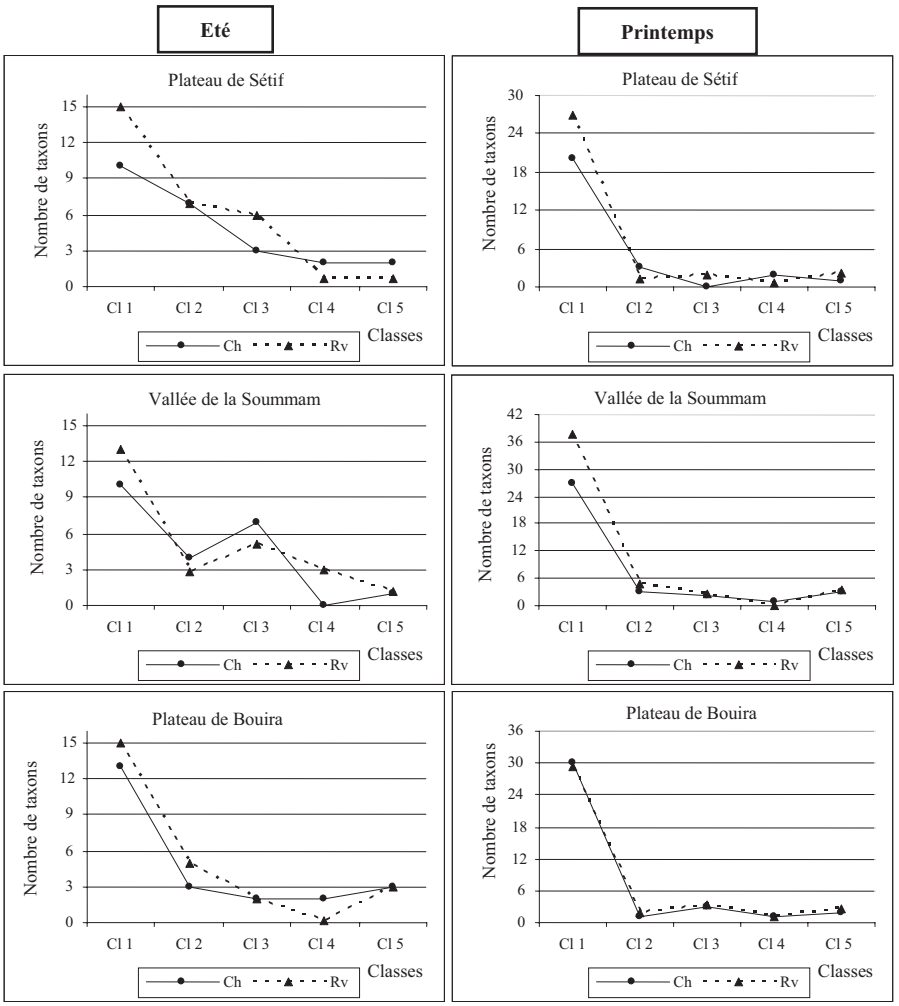


Figure 3. — Courbes diversitè-abondance des macro-invertèbrès benthiques du chenal et de la rive durant l'ètè et le printemps dans les trois règions du bassin versant de la Soummam. *Diversity-abundance curves for benthic macro-invertebrates of the channel and bank during summer and spring in the three regions of the watershed Soummam*.

DISCUSSION

En termes de richesse taxinomique, il existe une grande similitude (supérieure à 60 %) entre les communautés des rives et celles du chenal dans la majorité des cas, ce qui signifie que les dissemblances sont moins de 40 %. Mais en termes d'abondance, les différences sont très remarquables entre le chenal et les rives, surtout pour les taxons caractéristiques (Zouggaghe & Moali, 2009) de chaque région (Hétéroptères *Corixidae*, Ephéméroptères *Heptageniidae* et Crustacés *Cyclopidae* du plateau de Bouira ; les Trichoptères *Hydropsychidae* et *Hydroptilidae*, les Oligochètes *Tubificidae*, les Ephéméroptères *Oligoneuriidae* et les Achètes *Glossiphoniidae* du plateau de Sétif ; et enfin, les Oligochètes *Tubificidae*, les Crustacés *Cyclopidae* et les Gastéropodes *Physidae* et *Ancylidae* de la vallée de la Soummam). Dans les prélèvements des rives, les conditions du milieu favorisent l'installation d'une faune lénitophile (Hétéroptères *Corixidae* par exemple) à l'inverse des prélèvements du chenal où le peuplement est bien

représenté par les rhéophiles (Ephéméroptères *Baetidae* par exemple). Globalement le taux de ressemblance trouvé dans chaque station est faiblement corrélé à la distance rive-chenal ($r = 0{,}29$ au printemps et 0,08 en été) (Fig. 4). Par conséquent, la structure de ces communautés de macro-invertébrés benthiques n'est pas liée a la distance entre la rive et le chenal d'écoulement, parce qu'au niveau des stations Zn3, Bs6, Sm3 et Sh5, la distance Rv-Ch est importante, mais le taux de ressemblance est trop élevé arrivant jusqu'à 90 % dans la station Ziane 3 (Zn3), par contre dans les stations Zn2 et Af1 où la distance est faible, le taux de ressemblance est aussi faible. Il faut noter que les couples rive-chenal des communautés d'été se ressemblent plus que ceux du printemps, parce qu'en été la surface de la lame d'eau est très réduite, ce qui provoque un regroupement de ces peuplements dans cet espace réduit.

Concernant cette richesse taxinomique dans les deux faciès, il ressort que beaucoup de taxons présents sur la rive se retrouvent aussi dans le chenal de la même station quel que soit le type de substrat, mais avec des abondances très variables. Ceci traduit la variabilité structurelle de ces peuplements au niveau de deux habitats différents (rive et chenal) de la même station. Cela signifie que l'habitat aquatique reste très localisé pour les peuplements de macro-invertébrés benthiques. Cependant, les point du prélèvement qui se rapprochent ne présentent pas forcement un peuplement semblable et on observe de plus faibles similitudes pour certaines stations où la distance entre le chenal et la rive est moins de deux mètres.

La répartition des macro-invertébrés benthiques des écosystèmes d'eaux courantes est soumise aux variations du régime hydrologique très irrégulier. Cette répartition à l'échelle intra-stationnelle est fonction en premier lieu de la vitesse du courant et secondairement de la profondeur de la lame d'eau, ainsi que de la composition du substrat et de la structure trophique. Reid & Thoms (2008) montrent que le pourcentage de type du substrat ainsi que le flux de surface ont un effet important sur la distribution d'invertébrés benthiques, mais beaucoup plus sur la distribution longitudinale (amont-aval) que sur la distribution transversale (rive-chenal). Les mêmes auteurs montrent que les vitesses dans les directions transversale et verticale ont une influence minime sur la distribution des macro-invertébrés ; mais les turbulences dans le sens transversal ont une importance égale ou supérieure à celle des turbulences dans le sens longitudinal.

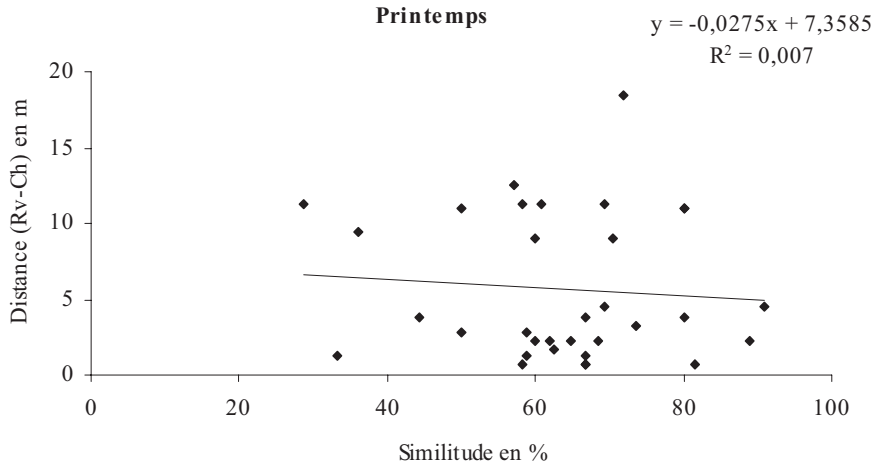
D'après Fruget & Dessaix (2002), les caractéristiques de l'écoulement influent sur l'habitat secondaire, en particulier sur les méso-habitats minéraux fins que sont les graviers, les limons et les sables. Ces derniers habitats sont très pauvres tant qualitativement que quantitativement. Les modifications du fonctionnement et des conditions hydrauliques auront donc un effet sur ces constituants secondaires de la mosaïque fluviale. D'après Pardo & Armitage (1997), les peuplements de macro-invertébrés benthiques des cours d'eau sont en relation avec la variabilité des méso-habitats.

On notera la diminution des densités pour les vitesses les plus élevées (Sh2, Sh3, Sh5, Sm1, Bs3, Bs6, Bs7, etc.), ce qui rejoint les conclusions de nombreux auteurs ayant travaillé sur les conséquences des crues sur les peuplements de macro-invertébrés benthiques (Quinn & Hickey, 1990). Toutefois, d'après Hart & Merz (1998), lorsque le débit d'écoulement est élevé, le phénomène de prédation est réduit et cela influe sur les abondances de quelques taxons de macro-invertébrés, donc ce phénomène constitue un facteur important dans la distribution des invertébrés dans un gradient hydraulique.

La même diminution des densités est aussi observée pour la granulométrie de petite taille, représentée par les graviers, les sables et les argiles : cas des stations Lk, Zn1, Zn2, Bs5, Bs6, Sh3, etc.

En général, les ressemblances sont plus importantes en été qu'au printemps ; cela est dû à la réduction du niveau d'eau pendant la période estivale quand les communautés de macro-invertébrés benthiques ont alors un espace de colonisation très réduit par rapport au printemps. En raison de l'instabilité des conditions environnementales (essentiellement de l'absence fréquente de l'écoulement), la richesse et l'abondance diminuent durant ces conditions défavorables (Wrigth *et al.*, 1984 ; Del Rosario & Resh, 2000 ; Bonada, 2003).

Pires *et al.* (2000) ont rapporté que les diptères constituent le taxon dominant dans les ruisseaux intermittents et ont conclu aussi que les diptères dominent la faune, car ils sont plus tolérants à la sécheresse et ont des mécanismes de recolonisation plus efficaces.



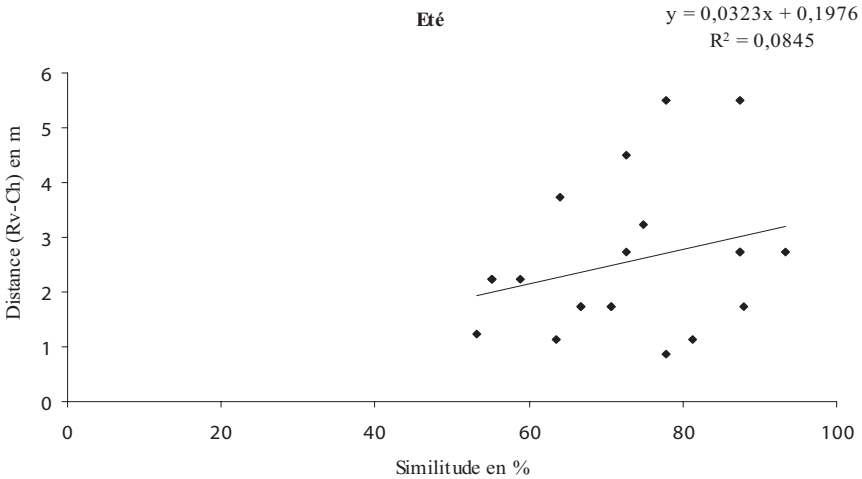


Figure 4.— Corrèlation au printemps et en ètè entre distance (Rv-Ch) et similitude taxinomique. *Correlation in spring and summer between distance (Rv-Ch) and taxonomic similarity.*

Dans les milieux hétérogènes, la diversité des habitats aquatiques engendre une diversité des ressources trophiques, cette dernière est suivie par une forte diversité faunistique, donc la structure change en fonction de ces ressources. À l'inverse, les milieux homogènes possèdent une faible diversité d'habitats qui s'accompagne d'une réduction des ressources trophiques, cela provoque une réduction de la diversité faunistique ; cas des stations de l'oued Lekhal (Lk), de l'oued Boussellam (Bs6) et de l'affluent 1 de l'oued Boussellam (Af1) où la diversité est très faible à cause de l'homogénéité du substrat sableux-graveleux sur la totalité de ces stations. D'après Fruget & Dessaix (2002), les limons et les sables sont deux habitats extrêmement pauvres en termes tant de richesse que d'abondance. Evrard & Micha (1995) ont signalé une richesse et une diversité faunistique importantes (33 familles, 15 790 ind/m^2, H' = 2,08) dans les stations hétérogènes, mais par contre une faible richesse et une faible diversité (17 familles, 1352 ind/m^2, H' = 0,52) sont signalées dans les stations homogènes. La même remarque s'applique au niveau de nos stations hétérogènes qui abritent une richesse et une diversité impor-

tantes (arrivant jusqu'à 17 familles, 5290 ind/m^2, H' = 2,23 pour la station Bs4 par exemple) et l'inverse pour les stations homogènes (avec 6 familles, 1500 ind/m^2, H' = 1,26 pour la station Lk de la région de Bouira).

CONCLUSION

Les similitudes taxinomiques entre le chenal et la rive sont élevées dans la majorité des cas (supérieures à 60 %), ce qui signifie que les dissemblances peuvent parfois atteindre 40 %. À l'opposé, les variations d'abondance sont très importantes entre le chenal et les rives, surtout pour quelques taxons. La structure de ces communautés de macro-invertébrés benthiques n'est pas liée a la distance rive-chenal, où l'indice de corrélation montre des valeurs très faibles (r = 0,29 au printemps et 0,08 en été).

Concernant la richesse taxinomique sur les rives et dans le chenal d'écoulement, il ressort que beaucoup de taxons présents sur la rive se retrouvent aussi dans le chenal de la même station quels que soient le type de la vitesse d'écoulement et celui du substrat, mais avec des abondances très variables. Ceci traduit la variabilité structurelle de ces peuplements au niveau de deux habitats différents de la même station. Cela signifie aussi que l'habitat aquatique reste très localisé pour les peuplements de macro-invertébrés benthiques. Cependant, les point de prélèvement rapprochés ne présentent pas forcément un peuplement semblable et on observe de plus faibles similitudes pour certaines stations où la distance entre le chenal et la rive est de moins de deux mètres. Il semble donc bien que le peuplement de macro-invertébrés benthiques présente une structure propre pour chaque faciès d'écoulement, même au sein de la même station.

REMERCIEMENTS

Nous remercions M. Sedik Bachir, enseignant-chercheur du laboratoire d'écologie et environnement de l'université de Béjaïa, pour son aide et ses orientations pour la correction de ce manuscrit.

RÉFÉRENCES

ARAB, A. (1989). — *Étude des peuplements d'invertébrés et de poissons appliqués à l'évaluation de la qualité des eaux et des ressources piscicoles des oueds Mouzaia et Chiffa.* Thèse de Magister, Université d'Alger.

ARAB, A., LEK, S., LOUNACI, A. & PARKS, Y.S. (2004). — Spatial and temporal patterns of benthic invertebrate communities in an intermittent river (North Africa). *Ann. Limnol. - Int. J. Limn.,* 40 : 317-327.

BENHAMICHE, N. (1997). — *Modélisation de la relation pluie-relief par l'analyse en composantes principales (ACP) en vue de cartographie par krigeage. Application au bassin versant de la Soummam.* Thèse de Magister en Sciences agronomiques. Option Aménagement et mise en valeur, INA El-Harrach, Algérie.

BONADA, N. (2003). — *Ecology of the macroinvertebrate communities in Mediterranean rivers at different scales and organization levels*. Doctoral thesis, University of Barcelona, Barcelona, Spain.

BOURNAUD, M., TACHET, H., BERLY, A. & CELLOT, B. (1998). — Importance des caractéristiques du micro-habitat sur la micro-distribution du macro-benthos d'une portion du Haut-Rhône. *Ann. Limnol. - Int. J. Limn*., 34 : 83-98.

DEL ROSARIO, R.B. & RESH, V.H. (2000). — Invertebrates in intermittent and perennial streams: is the hyporheic zone a refuge from drying ? *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 19, 680-696.

EVRARD, M. & MICHA, J.C. (1995). — Relation between the substrate diversity and the faunistic diversity in a reach of the river Meuse. *Ann. Limnol. - Int. J. Limn*., 31 : 93-103.

FAESSEL, B., ROGER, M. & CAZEN, B. (1993). — Incidence des rejets ponctuels et diffus sur les communautés d'invertébrés benthiques dans un cours d'eau du Beaujolais : l'Ardières. *Ann. Limnol. - Int. J. Limn*., 29 : 307-323.

FRUGET, J.-F. & DESSAIX, J. (2002). — Biodiversité structurelle et fonctionnelle des peuplements de macro-invertébrés en tant que descripteur de la variabilité hydraulique : exemple de deux parties court-circuitées du Rhône Moyen. *Revue des Sciences de l'Eau*, 15 : 209-221.

GASCHIGNARD, O., PERSAT, H. & CHESSEL, D. (1983). — Répartition transversale des macro-invertébrés benthiques dans un bras du Rhône. *Hydrobiologia*, 106 : 209-215.

HARPER, D.M., KEMP, J.L., VOGEL, B. & NEWSON, M.D. (2000). — Towards the assessment of ecological integrity in running waters of the United Kingdom. *Hydrobiologia*, 422/423 : 133-142.

HART, D.D. & MERZ, R.A. (1998). —— Predator-prey interactions in a benthic stream community: A field test of flow-mediated refuges, *Oecologia*, 114, 263-273.

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. Int. Ver. für Theor. und Angew. Limnol.*, 12 : 1-57.

LOUNACI, A. (1987). — *Recherches hydrobiologiques sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'oued Aïssi (Grande Kabylie).* Thèse de Magister, Université USTHB d'Alger.

LOUNACI, A. (2005). — *Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macro-invertébrés des cours d'eau de Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie).* Thèse de Doctorat d'État en Biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Algérie).

LOUNACI, A., BROSSE, S., THOMAS, A.G.B. & LEK, S. (2000b). — Abundance, diversity and community structure of macro-invertebrates in an Algerian stream: the Sebaou wadi. *Ann. Limnol. - Int. J. Limn.,* 36 : 123-133.

MALAVOI, J.R. (1989). —Typologie des faciès d'écoulement ou unités morphodynamiques des cours d'eau à haute énergie. *Bull. Fr. Pêche Piscult.*, 315 : 189-210.

PARDO, I. & ARMITAGE, P.D. (1997). — Species assemblages as descriptors of meso-habitats. *Hydrobiologia*, 344 : 111-128.

PIRES, A.M., COWX, I.G. & COELHO, M.M. (2000). — Benthic macroinvertebrate communities of intermittent streams in the middle reaches of the Guadiana Basin (Portugal). *Hydrobiologia*, 435, 167-175.

QUINN, J.M. & HICKEY, C.W. (1990). — Characterisation and classification of benthic communities in New Zealand rivers in relation to environment factors. New Zealand. *J. Mar. Freshw. Res.*, 24 : 387-409.

REID, M.A. & THOMS, M. (2008). — Surface flow types, near-bed hydraulics and the distribution of stream macroinvertebrates. *Biogeosciences*, 5 : 1043-1055.

STATZNER, B., GORE, J.A., & RESH, V.H. (1988). — Hydraulic stream ecology: Observed patterns and potential applications. *J. N. Amer. Benthol. Assoc.*, 7 : 307-360.

STATZNER, B. & HIGLER, B. (1986). — Stream hydraulics as a major determinant of benthic invertebrate zonation patterns. *Freshwater Biol.,* 16 : 127-139.

STATZNER, B., HOPPENHAUS, K., ARENS, M.F. & RICHOUX, P. (1997). — Reproductive traits, habitat use and templet theory: a synthesis of world-wide data on aquatic insects. *Freshwater Biol.*, 38, 109-135.

TACHET, H., BOURNAUD, M., RICHOUX, P. & USSEGLIO-POLATERA, P. (2000). — *Invertébrés des eaux douces : Systématique, Ecologie, Biologie.* Ed CNRS, Paris.

VANNOTE, R.L., MINSHALL, G.W., CUMMINS, K.W., SEDELL, J.R. & CUSHING, C.E. (1980). — The River Continuum Concept. *J. Fish. Aquat. Sci.*, 37 : 130-137.

WARD, J.V. (1989). — The four dimensional nature of lotic ecosystems. *J. N. Amer. Benthol. Soc.*, 8 : 2-8.

WASSON, J.G., DUMONT, B. & TROCHERIE, F. (1981). — *Protocole de description des habitats aquatiques et de prélèvements des invertébrés benthiques dans les cours d'eau.* Rapport du CEMAGREFde Lyon.

WRIGHT, J.F., HILEY, P.D., COOLING, D.A., CAMERON, A.C., WIGHAM, M.E. & BERRIE, A.D. (1984). — The invertebrate fauna of a small chalk stream in Berkshire, England, and the effect of intermittent flow. *Arch. Hydrobiol.*, 99, 176-199.

ZOUGGAGHE, F. (2003). — *Étude des communautés animales aquatiques de l'oued Soummam et de l'oued Dass ; cas des macro-invertébrés.* Mémoire de Magister en Biologie, Université Abderrahmane Mira de Béjaïa (Algérie).

ZOUGGAGHE, F. (2010). — *Étude des communautés de macro-invertébrés benthiques dans le bassin versant de la Soummam (Algérie).* Thèse de Doctorat, Université A/Mira de Béjaïa (Algérie).

ZOUGGAGHE, F. & MOALI, A. (2009). — Variabilité structurelle des peuplements de macro-invertébrés benthiques dans le bassin versant de la Soummam (Algérie, Afrique du Nord). *Rev. Écol. (Terre Vie),* 64 : 305-321.

ANNEXE

Variabilité d'abondance en individus par m² des principaux taxons de macro-invertébrés entre le chenal et la rive dans le bassin versant de la Soummam durant les deux saisons

Variability in abundance (ind/m2) of the main taxa of macro-invertebrates between the channel and bank in the watershed Soummam during two seasons (spring and summer)

	Bassin versant de la Soummam											
	Eté						Printemps					
	Sétif		Soummam		Bouira		Sétif		Soummam		Bouira	
	Rv	*Ch*	*Rv*	*Ch*	*Rv*	*Ch*	*Rv*	*Ch*	*Rv*	*Ch*	*Rv*	*Ch*
Planariidae	8	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dugesiidae	57	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tubificidae	583	120	567	152	0	0	1	0	16	47	3	5
Naididae	298	132	486	130	112	394	300	66	1945	714	4014	2394
Glossiphoniidae	122	263	0	0	0	0	48	0	1	0	1	40
Planorbidae	67	17	0	0	0	0	2	4	0	2	0	0
Physidae	43	5	648	298	62	15	0	0	10	0	5	10
Ancylidae	0	0	0	0	0	0	0	0	143	108	0	0
Ostracodes	368	0	871	471	387	1075	8	4	284	281	67	297
Cyclopidae	48	87	7	0	13	0	6	44	322	197	0	112
Hydracariens	48	73	20	12	0	0	9	25	32	92	2	1
Baetidae	307	760	292	184	2402	2574	1009	632	2694	2183	227	312
Caenidae	93	195	416	313	127	786	14	2	72	46	12	22
Heptageniidae	50	125	5	0	0	0	20	7	33	16	160	360
Olligoneuriidae	242	110	0	25	0	0	8	2	24	5	6	2
Gomphidae	13	25	6	6	4	9	10	1	5	1	4	1
Corduliidae	0	0	200	242	0	0	1	0	1	0	0	0
Corixidae	0	0	7	19	1816	735	0	0	0	0	0	0
Limoniidae	0	2	57	95	0	0	18	4	16	18	0	0
Dytiscidae	5	2	0	0	48	74	33	18	22	2	22	5
Gyrinidae	0	0	0	0	0	10	0	0	1	3	2	1
Haliplidae	0	0	24	0	16	0	0	0	1	0	2	1
Hydrophilidae	2	3	42	0	14	12	5	3	1	1	4	3
Elmidae	0	0	105	10	13	5	0	0	70	0	0	0
Hydropsychidae	458	1157	21	42	10	198	107	145	84	84	5	31
Hydroptilidae	232	160	116	219	8	8	3	2	1	1	1	17
Chironomidae	6705	5077	5404	4187	5737	4707	2422	2351	3149	2061	1207	1898
Simuliidae	127	913	15	6	8	13	181	564	121	1205	285	983
Ceratopogonidae	47	38	268	111	129	95	36	20	39	22	21	11
Tabanidae	17	0	42	10	8	9	14	0	6	4	6	4
Ephydridae	0	0	0	0	171	46	0	1	0	1	1	1
Dixidae	150	0	0	0	73	65	0	8	9	2	0	2