



Influence des facteurs environnementaux sur les peuplements de macroinvertébrés des canaux des Grangettes (VD, Suisse)

par

Jean-Luc GATTOLLIAT¹ et Michel SARTORI¹

Abstract.—GATTOLLIAT J.-L., SARTORI M., 1996. Effects of environmental factors on the macroinvertebrate communities of dykes in the area of «Les Grangettes» (Vaud, Switzerland). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 84.1: 49-64.

This study deals with macroinvertebrate communities of small dikes in Nature Reserve «Les Grangettes». Our aim was to evaluate the effect of environmental factors on the biodiversity of the macroinvertebrate populations. We also wanted to compare the fauna of the dikes to that of other nearby aquatic biotopes (pools, lake and streams).

Nine stations were chosen on three dikes and were sampled three times between April and September 1993. 120 taxa were identified. The analysis of physico-chemical and environmental parameters allowed us to determine four groups of factors: pollution, vegetation, drought and stream.

The anthropogenous pollutants such as nitrogen and phosphate are in fact the most influential factors. In such conditions, only a few species are able to live; consequently the biodiversity is very low.

However, when the water quality is sufficient, the faunistic composition is mostly influenced on the one hand by the frequency and the length of drought periods and on the other hand by the abundance of aquatic vegetation. In these places, the biodiversity is rather high.

The invertebrate species living in dikes are very similar to those of the ponds, especially when the level of pollution is low. Only a few ubiquitous species are common to the dikes and to other aquatic biotopes such as lake and streams.

Keys words: macroinvertebrates, dikes, biodiversity, environmental factors.

Résumé.—GATTOLLIAT J.-L., SARTORI M., 1996. Influence des facteurs environnementaux sur le peuplement de macroinvertébrés des canaux des Grangettes (VD, Suisse). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 84.1: 49-64.

Cette étude porte sur l'ensemble de macroinvertébrés des canaux de la réserve naturelle des Grangettes. Notre but était de montrer les effets des conditions environnementales

¹Musée Cantonal de Zoologie, Palais de Rumine, CP 448, CH-1000 Lausanne 17

sur la structure et la biodiversité des peuplements. Nous voulions également comparer la faune des canaux à celle d'autres milieux aquatiques proches (beine lacustre, cours d'eau et mares).

Neuf stations ont été choisies sur trois canaux (Saviez, La Muraz et Grangettes) et ont été visitées à trois reprises entre avril et septembre 1993. 120 taxa ont pu être identifiés. L'analyse des paramètres physico-chimiques et environnementaux nous a permis de mettre en évidence quatre groupes de facteurs: la pollution, la végétation, l'assèchement et la vitesse du courant.

Les polluants d'origine anthropogène (en particulier les phosphates, nitrates et nitrites) jouent un rôle prépondérant dans la composition faunistique. Dans de telles conditions seul un nombre réduit d'espèces adaptées prolifèrent; la diversité biologique est donc extrêmement faible.

Lorsque les concentrations en polluants sont faibles, la composition faunistique est directement influencée par deux facteurs: d'une part la fréquence et la durée des périodes d'assèchement du canal et d'autre part la densité de la végétation aquatique et hydrophile, donc la quantité de lumière qui parvient au sol.

Les peuplements des canaux sont très similaires à ceux des mares, en particulier lorsque les teneurs en polluants sont faibles. Ils n'ont par contre qu'un nombre réduit d'espèces en commun avec la roselière lacustre et les herbiers des cours d'eau voisins.

Mots-clés: macroinvertébrés, canaux, biodiversité, facteurs environnementaux.

1. INTRODUCTION

1.1. Buts

Ce travail a pour but d'obtenir une connaissance approfondie de la composition des peuplements de macroinvertébrés ainsi que des paramètres qui influencent leur diversité. L'utilisation de ce groupe se justifie par l'importance du rôle qu'il joue dans le réseau trophique d'un milieu aquatique (HYNES 1960, 1970).

Cette étude devrait nous permettre de quantifier la richesse actuelle des peuplements des canaux. Il nous sera ensuite possible d'apprécier l'originalité de ces milieux: leurs peuplements sont-ils composés d'espèces ubiquistes ou sténoèces? De quels milieux se rapprochent-ils le plus du point de vue faunistique: des mares (NACEUR 1993, 1996) ou des autres milieux inventoriés (beine lacustre, herbiers des rivières)? Nous pourrions ainsi nous rendre compte de la valeur intrinsèque de ces canaux.

La diversité et la structure des peuplements sont directement déterminées par les conditions environnementales. Elles sont donc susceptibles de nous fournir des informations sur les facteurs influençant l'écosystème dans sa totalité, la manière dont il évolue et les perturbations qu'il subit (BOURNAUD *et al.* 1980).

1.2. Présentation du site

Cette étude a pour cadre la réserve naturelle des Grangettes. Ce bas-marais s'étend sur plus de 90 hectares au bord du lac Léman entre Villeneuve et Le Bouveret (Vaud). Il est constitué par une mosaïque de différents milieux humides (roselières, forêts et prairies humides) et aquatiques (mares, étangs et canaux) (AUBERT 1991).

Ce site est un vestige de ce que fut autrefois la basse plaine du Rhône; de ce fait, il remplit donc le rôle de sanctuaire pour de nombreuses espèces tant animales que végétales. Il comprend également une des dernières roselières d'importance du Léman (MORET 1982, 1984).

Les trois principaux canaux ont été choisis comme milieu d'étude. Ils traversent la réserve sur une longueur d'environ 1000 mètres. Ils ont une largeur comprise entre 50 cm et 3 m et une profondeur variant entre 5 et 50 cm. Les conditions environnementales sont très variables entre canaux et au sein même d'un canal.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. *Choix des stations*

Trois stations ont été choisies sur le canal de La Muraz (LM), des Saviez (SA) et des Grangettes (GR). Elles ont été numérotées de I à III d'aval en amont (fig. 1).

Nous avons également effectué des prélèvements dans deux stations sur des cours d'eau bordant la réserve (l'Eau Froide (HF) et le Grand Canal (GC)) ainsi que dans la roselière de la beine lacustre (Lac) (fig. 1).

2.2. *Périodes de prélèvements*

Trois campagnes de prélèvement ont été effectuées en 1993: une campagne de printemps (avril), une campagne d'été (juillet) et une campagne d'automne (septembre). Ces trois campagnes donnent une bonne estimation quantitative et qualitative des peuplements de macroinvertébrés, tout en tenant compte des variations saisonnières des différents peuplements.

2.3. *Méthodes de prélèvement*

Sur chacune des stations, des prélèvements quantitatifs et semi-quantitatifs ont été effectués.

Pour les prélèvements quantitatifs, un filet de type Surber modifié a été utilisé. En effet le courant n'est pas suffisant pour utiliser un filet Surber conventionnel. Ce problème a été résolu en ajoutant un manche et un racloir au filet, pour pouvoir déplacer le filet tout en raclant le fond. La maille du filet est de 0.2 mm. Deux prélèvements par station ont été effectués, chacun sur une surface de 0.27 m² (largeur du racloir du filet x longueur du prélèvement: 0.27 m x 1 m). Ce type de prélèvement permet de récolter la faune de la vase et celle vivant dans la végétation du fond.

Pour les prélèvements semi-quantitatifs, une passoire à maille de 2 mm et d'un diamètre de 15.5 cm a été utilisée. Dans chacune des stations, cinq coups de passoire ont été donnés au hasard sur chaque rive. Les échantillons sont ensuite triés au laboratoire et les macroinvertébrés fixés à l'alcool à 70%.

2.4. Analyses physico-chimiques

Cinq sites de prélèvements ont été choisis sur les trois canaux (fig. 1).

Nous avons effectué six campagnes de prélèvements (23 juin, 25 août, 26 octobre, 15 décembre 1993, 10 février et 2 mai 1994). Nous avons fait plusieurs prises échelonnées pendant la journée. En effet de nombreux paramètres varient, entre autres, en fonction de la température, de la luminosité et de l'activité biologique (HYNES 1970).

Les paramètres mesurés en laboratoire sont le pH, la conductivité, les matières en suspension, le carbone organique dissous, l'ammonium, les nitrites, les nitrates, l'azote total, les orthophosphates, le phosphore total filtré, le phosphore total brut, les chlorures, les sulfates et la silice.

2.5. Variables environnementales

Nous avons regroupé sous le nom de variables environnementales toutes les variables directement observables sur le terrain. Neuf d'entre elles ont été retenues:

- la largeur et la profondeur du canal;
- la vitesse du courant;
- la fréquence et la durée des périodes d'assèchement;
- le type de végétation qui borde le canal (forêt, roselière, végétation herbacée);
- le pourcentage du lit du canal recouvert par de la végétation aquatique ou hydrophile;
- la distance au lac;
- l'ensoleillement.

Au sens strict du terme, les teneurs en polluants et les autres mesures liées à la qualité de l'eau sont également des variables environnementales. Toutefois, de par leur très forte influence sur la macrofaune, nous avons choisi de les traiter de manière séparée.

2.6. Analyses statistiques

Pour quantifier la richesse biologique du milieu, nous avons utilisé deux indices: la richesse spécifique et la diversité.

La richesse spécifique a été définie comme étant le nombre de taxa trouvé dans chacune des stations au cours des trois campagnes de prélèvements. La comparaison de la richesse des stations est possible si l'effort de chasse est sensiblement le même dans chacune des stations (LUDWIG and REYNOLDS 1988), ce qui est le cas dans notre travail. Toutefois la richesse spécifique ne tient pas compte de la répartition des individus entre les différents taxa.

La définition de la diversité est basée sur le nombre total d'espèces de la communauté (la richesse spécifique) et sur la manière dont les individus se répartissent entre les espèces (l'équitabilité ou la régularité) (LUDWIG and REYNOLDS 1988).

De nombreux indices ont été proposés; pour ce travail, nous avons utilisé l'indice de diversité de Shannon-Wiener:

$$H' = -\sum p_i \log p_i$$

où p_i est la proportion de la $i^{\text{ème}}$ espèce dans l'échantillon ($p_i = n_i/N$ où n_i est le nombre d'individus de la $i^{\text{ème}}$ espèce et N le nombre total d'individus de l'échantillon). Il a une valeur minimale ($H' = 0$) lorsque l'échantillon ne contient qu'un seul taxon, sa valeur augmente lorsque le nombre de taxa augmente, sa valeur est maximale, pour un nombre de taxa donnés, lorsque toutes les espèces ont le même nombre d'individus. H' vaut alors le logarithme du nombre d'espèces (LEGENDRE et LEGENDRE 1984b).

Afin de diminuer l'influence des taxa dominants, nous avons réparti les abondances des taxa en treize classes. Les intervalles sont en progression géométrique de raison 2 (classe 1: 1 individu, classe 2: 2 individus, classe 3: 3 à 4 individus, classe 4: 5 à 8 individus, classe 5: 9 à 16 individus...) Une telle transformation des données en valeurs semi-quantitatives par classe d'abondance est fréquemment utilisée lors d'études similaires à la nôtre (BOURNAUD *et al.* 1980, MOUTHON 1980); elle rend plus accessible l'information contenue dans les peuplements tout en ne l'affectant pas (LEGENDRE et LEGENDRE 1984a).

Nous avons choisi l'analyse factorielle des correspondances (AFC) comme méthode pour regrouper les stations et les espèces selon leurs similitudes. L'AFC a été utilisée avec succès dans le domaine de la biotypologie des cours d'eau (BOURNAUD *et al.* 1980, MOUTHON 1980). L'intérêt de cette méthode est de pouvoir représenter, dans un espace réduit à deux ou à trois dimensions, la distribution simultanée des espèces et des stations (BORCARD 1991).

Le graphique ainsi obtenu permet de:

- regrouper les stations suivant la ressemblance de leur peuplement;
- regrouper les espèces suivant leur distribution dans les différentes stations;
- apprécier les liens entre espèces et stations: plus la distance entre une espèce et une station sera faible, plus elles seront associées entre elles.

3. RÉSULTATS

3.1. Taxa présents

Sur l'ensemble des prélèvements, 25'650 individus ont été récoltés, répartis entre 120 taxa différents (annexe 1). 81 taxa ont pu être déterminés jusqu'à l'espèce, 21 jusqu'au genre et 17 jusqu'à la sous-famille ou la famille.

Les 15 espèces les plus abondantes représentent plus du 75% des individus récoltés. Ils se répartissent de la manière suivante; Mollusques: 10 taxa, Diptères: 1 taxon, Hirudinés: 1 taxon, Crustacés: 1 taxon et Hétéroptères: 1 taxon. Les taxa les plus abondants sont: *Anisus leucostoma* (4583 ind., 17.8%), *Chironomus plumosus* (2811 ind., 10.9%), *Micronecta griseola* (2116 ind., 8.2%), *Bythinia tentaculata* (1310 ind., 5.1%) et *Valvata cristata* (1276 ind., 5.0%).

28 taxa n'ont été capturés qu'à une seule reprise sur l'ensemble des campagnes. Si nous regardons ceux qui sont présents en faible nombre (moins de dix individus capturés sur l'ensemble des campagnes), 78 taxa sont concernés, soit plus de 60%. Il s'agit principalement des Odonates (exception faite de *Coenagrion puella* et *pulchellum*), des Hétéroptères (exception faite de *Micronecta griseola* et des Gerromorphes), des Lépidoptères, et de la grande majorité des Coléoptères sous forme de larves ou d'imagos.

Le nombre total d'individus capturés par station varie entre 200 (SAIII) et 2431 (Lac) (tab. 1). Les valeurs les plus élevées sont dues à des pullulations monospécifiques (*Chironomus plumosus* dans le canal des Saviez, de *Anisus leucostoma* dans la partie supérieure du canal des Grangettes et de *Micronecta griseola* dans la beine lacustre).

Les stations qui ont la plus grande diversité biologique sont situées dans la partie aval des canaux des Grangettes et de La Muraz; plus de 40 taxa y ont récoltés (tab. 1). L'opposé, la partie amont des canaux des Saviez et de La Muraz ont des peuplements très peu diversifiés (moins de 15 espèces) (tab. 1).

Tableau 1.—Nombre d'individus (nb ind), diversité spécifique (nb taxa) et indice de diversité de Shannon-Wiener (H') pour les 12 stations.

Indices	SAI	SAII	SAIII	LMI	LMII	LMIII
nb ind	542	1683	200	435	893	374
nb taxa	35	18	7	38	41	13
H'	3.285	2.175	2.185	3.845	3.71	1.06
Indices	GRI	GRII	GRIII	GC	Lac	HF
nb ind	1236	1914	2431	1461	2282	519
nb taxa	49	32	29	42	15	42
H'	3.79	2.535	1.895	4.16	0.62	4.485

3.2. Variables physico-chimiques

Certains facteurs physico-chimiques sont relativement constants entre les différents points de prélèvement; c'est le cas notamment du pH (minimum au Saviez III: 7.55, maximum aux Grangettes: 7.74) des chlorures et dans une moindre mesure de la silice (tab. 2).

Les différents polluants liés à des apports anthropogènes (azote total, phosphates totaux, matière en suspension, sulfates) sont corrélés entre eux (coefficients de corrélation de rang de Spearman avec $N=5$, $r_s > 0.9$ $P < 0.05$). Il n'existe par contre pas de corrélation entre les autres facteurs physico-chimiques.

Les facteurs physico-chimiques nous permettent de regrouper les stations en deux catégories. D'une part, les stations des Saviez se distinguent par un niveau de pollution très important. Au sein même du canal, les teneurs les plus élevées ont été mesurées en amont; la qualité de l'eau s'améliore d'amont en aval (tab. 2).

Les stations des canaux de la Muraz et des Grangettes ont des concentrations en polluants d'origine anthropogène nettement inférieures; leur qualité peut donc être considérée comme acceptable.

La qualité de l'eau a un effet direct sur la diversité faunistique (tab. 1). En effet, la quantité de matières en suspension, la concentration en azote total, en phosphates totaux et dans une moindre mesure en sulfates diminuent significativement la valeur de l'indice de Shannon-Wiener (coefficients de corrélation de rang de Spearman avec $N=5$, $r_s > 0.9$ $P < 0.05$). Par contre, la concentration de ces polluants n'a pas d'influence significative sur le nombre d'individus.

Tableau 2.-Analyse des eaux; moyenne et écart-type (e).

Station	SAI		SAII		SAIII		LM		GR	
	Moyenne	e	Moyenne	e	Moyenne	e	Moyenne	e	Moyenne	e
mat. en suspension (mg/l)	28.000	25.259	64.500	50.067	173.167	163.667	10.500	5.431	4.800	1.643
pH	7.553	0.087	7.505	0.072	7.507	0.058	7.632	0.119	7.736	0.145
conductivité (µS/cm)	766.167	83.543	761.333	60.599	695.667	54.390	665.500	68.803	524.400	99.683
carbone org. dissout (mg C/l)	6.883	0.674	7.933	0.715	6.283	1.246	7.783	1.778	6.880	2.213
ammonium (mg N/l)	1.885	1.270	1.881	1.393	1.305	0.662	0.194	0.093	0.256	0.194
nitrites (mg N/l)	0.035	0.017	0.037	0.013	0.034	0.010	0.015	0.011	0.026	0.042
nitrates (mg N/l)	1.814	1.666	2.224	1.886	3.285	2.954	1.214	2.269	0.286	0.349
azote total (mg N/l)	4.213	0.890	4.813	1.128	5.247	3.376	1.712	2.354	0.976	0.766
phosphore ortho (mg P/l)	0.008	0.006	0.015	0.017	0.093	0.094	0.009	0.012	0.009	0.010
phosphore tot. filtré (mg P/l)	0.015	0.011	0.025	0.023	0.118	0.094	0.021	0.017	0.019	0.015
phosphore tot. brut (mg P/l)	0.195	0.092	0.270	0.088	0.619	0.320	0.063	0.022	0.048	0.013
chlorures (mg Cl/l)	13.182	1.513	13.522	1.355	13.808	1.495	15.367	1.939	12.884	2.185
sulfates (mg SO ₄ /l)	40.165	7.236	46.890	9.054	52.538	7.516	17.482	6.061	19.912	15.577
silice (mg SiO ₂ /l)	12.875	2.138	11.928	1.688	10.840	1.537	11.005	1.735	6.786	1.395

Tableau 3.-Variables environnementales. Période d'assèchement: 0 = aucun assèchement, 1 = forte diminution de niveau de l'eau, assèchement bref, 2 = périodes d'assèchement longues ou fréquentes. Vég. forêt, vég. roselière, vég. herbacée = nombre de berges bordées par une de ces strates. Ensoleillement: 0 = ensoleillement nul, 1 = arbres sur une seule berge ou arbres très espacés, 2 = ensoleillement maximum. Vég. des berges = nb de berges recouvertes par de la végétation herbacée. Vég. du fond = pourcentage de recouvrement du lit par de la végétation aquatique ou hydrophile.

Variables	SAI	SAII	SAIII	LMI	LMII	LMIII	GRI	GRII	GRIII	GC	Lac	HF
Profondeur (cm)	40	20	3	35	30	1	25	15	7	60	80	40
largeur (cm)	175	70	100	90	185	55	100	130	80	1500	2000	1000
vitesse du courant (m/s)	0.02	0.06	8.00	0.13	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.14
période d'assèchement	0	0	0	0	0	2	1	1	2	0	0	0
vég. forêt	0	2	2	0	1	2	0	2	1	0	0	0
vég. roselière	2	0	0	2	1	0	2	0	0	0	2	0
vég. herbacée	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	2
ensoleillement	2	1	0	2	2	0	2	0	1	2	1	2
vég. du fond (%)	15	0	0	70	50	5	70	5	70	80	20	10
distance au lac (m)	50	600	980	70	300	750	120	770	1050	1100	0	400

Le taux de carbone organique dissous n'est pas corrélé avec les différentes mesures de la diversité biologique.

3.3. Variables environnementales

Ces variables comportent une information qui est dans certains cas redondante (tab. 3): la végétation herbacée du fond et des berges est bien sûr liée à l'ensoleillement (coefficients de corrélation de rang de Spearman avec $N=9$, $r_s > 0.587$, $P < 0.05$), l'ensoleillement est inversement corrélé à la présence d'une végétation forestière (coefficients de corrélation de rang de Spearman avec $N=9$, $r_s < -0.727$, $P < 0.01$). De même, la vitesse du courant est inversement corrélée avec la durée des périodes d'assèchement (coefficients de corrélation de rang de Spearman avec $N=9$, $r_s < -0.727$, $P < 0.01$).

Parmi les variables environnementales retenues, seul l'ensoleillement et la végétation du fond sont corrélés avec l'indice de Shannon-Wiener et le nombre d'espèces (coefficients de corrélation de rang de Spearman avec $N=9$, $r_s > 0.587$, $P < 0.05$).

3.4. Analyse factorielle des correspondances

Une première analyse (matrice: abondances des 120 taxa x 12 stations) discrimine très fortement la station Lac, du fait de son extrême pauvreté en espèces et la pullulation de *Micronecta griseola*. La beine lacustre et les espèces qui y sont associées forment la tendance LAC.

Dans une deuxième analyse, cette station a été supprimée; les tendances jusqu'ici masquées peuvent alors être mises en évidence. La figure 2 représente la projection des espèces et des stations dans le plan formé par les deux premiers axes de l'AFC (matrice: abondance des 119 taxa x 11 prélèvements). La figure 3 représente la projection des mêmes objets dans le plan formé par les axes 1 et 3 de l'AFC. Le premier axe explique 33% de la distribution des points objets, 25% pour le deuxième axe et 23% pour le troisième axe. Chacune des deux projections, dans le plan des axes 1 et 2 (fig. 2) et celui des axes 1 et 3 (fig. 3), contient plus de 55% de l'information totale contenue dans l'espace multidimensionnel de départ. Cela signifie que les projections que nous avons obtenues donnent une image peu biaisée de la réalité.

Les axes obtenus permettent de mettre en évidence les différentes tendances:

-l'axe 1 discrimine les stations LMI, LMII et GRI et les espèces associées: la totalité des espèces d'Odonates, deux espèces d'Ephéméroptères (*Cloëon dipterum* et *Caenis macrura*), les espèces de Coléoptères détritivores et prédateurs de grande taille, chez les Hétéroptères le genre *Notonecta* et la plupart des espèces de Gerromorphes, les grands Gastéropodes tels que *Lymnaea stagnalis*, *Lymnaea corvus*, *Anisus planorbis* et *Planorbis corvus*. Les stations et les espèces susmentionnées forment ce que nous appelons la tendance VÉGÉTATION;

-l'axe 2 permet de mettre en évidence la tendance SÉCHERESSE. Elle englobe les stations LMIII, GRII et GRIII. Les espèces qui vivent dans ces stations sont: les Gastéropodes *Anisus leucostoma* et *Lymnaea truncatula*, les Coléoptères *Dryops* sp. (dont l'adulte n'est que hydrophile), *Cyphon* sp. et *Helophorus aquaticus* et le Trichoptère *Berea* sp.;

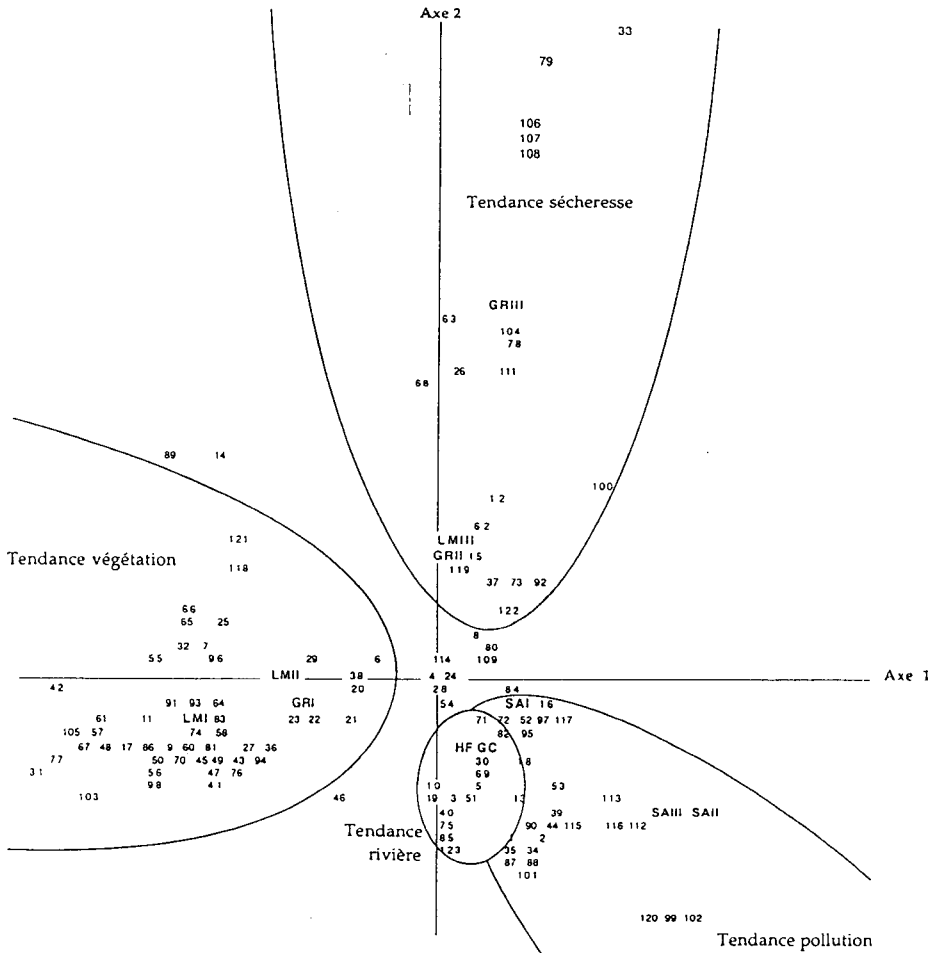


Figure 2.—Analyse factorielle des correspondances. Axe 1: horizontal ($\lambda=0.33$), axe 2: vertical ($\lambda=0.25$). Nombre de 1 à 122: numéro des taxa (Annexe 1). Lettres majuscules: stations.

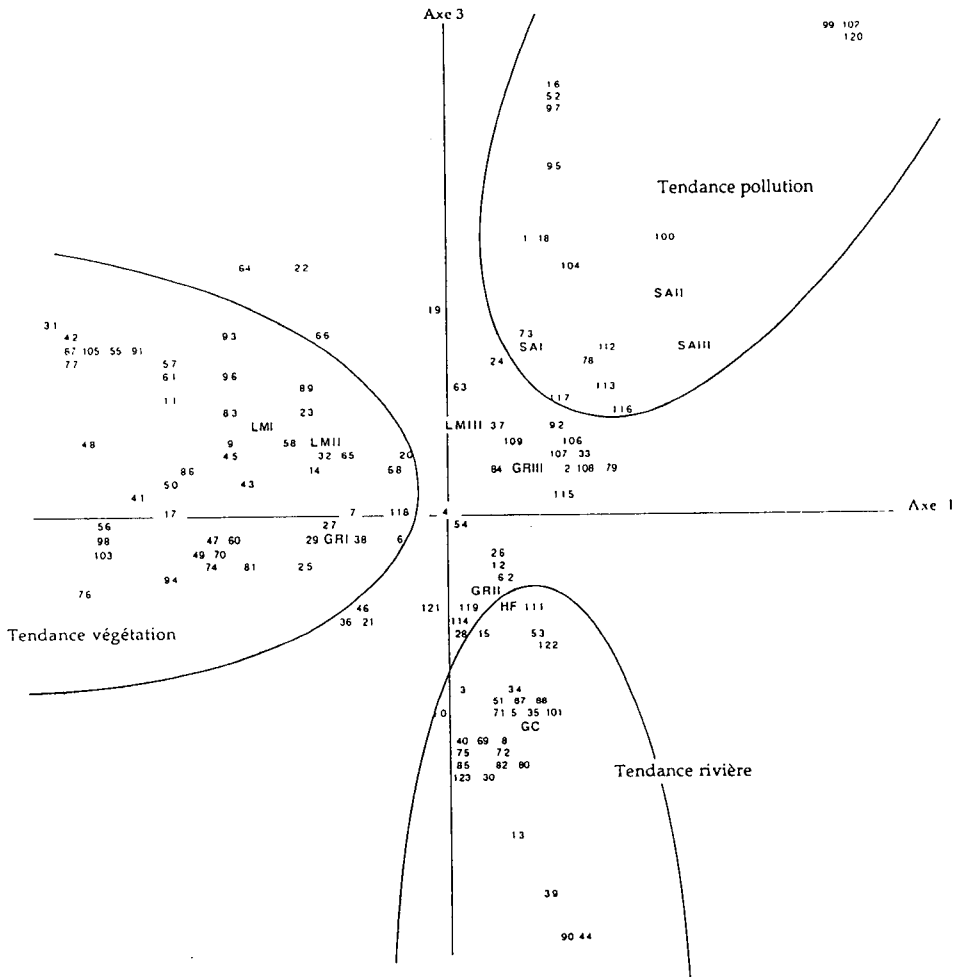


Figure 3.—Analyse factorielle des correspondances. Axe 1: horizontal ($\lambda=0.33$), axe 3: vertical ($\lambda=0.23$). Nombre de 1 à 122: numéro des taxa (Annexe 1).

—l'axe 3 discrimine les stations témoins HF et GC. Les espèces typiques sont *Gammarus* gr. *pulex*, *Baetis alpinus*, et les Coléoptères *Haliphus lamina-tus* (larves et adultes), *Laccophilus hyalinus* et *L. minutus*. Ces stations et ces espèces composent la tendance RIVIÈRE;

—une dernière tendance peut être mise en évidence: la tendance POLLUTION. Elle est de direction opposée à chacune des autres tendances (elle forme donc un angle de 45° par rapport à chacun des axes). Cette tendance regroupe les stations SAI, SAII et SAIII. Les espèces caractéristiques sont: *Chironomus plumosus* et les Tanytarsini chez les Diptères, *Anacaena limbata* chez les Coléoptères et *Glossosiphonia* sp. chez les Hirudinés;

Les analyses factorielles de correspondances nous ont permis de regrouper les stations et les espèces selon cinq tendances distinctes (lacustre, végétation, sécheresse, rivière et pollution). Pour la suite de ce travail, nous garderons cette classification des stations et des espèces.

4. DISCUSSION

Les trois canaux étudiés ont en commun un certain nombre d'espèces ubiquistes. Toutefois, la structure et la diversité de leurs peuplements sont très différentes; elles sont le reflet des conditions environnementales du milieu et des perturbations qu'il subit.

Le niveau de pollution anthropogène peut être considéré comme le facteur qui influence de manière décisive la composition faunistique. Le canal des Saviez se distingue par son niveau de pollution très élevé (concentrations très élevées en PO₄, NO₃, NO₂). Nous n'y avons trouvé qu'un nombre réduit d'espèces ubiquistes et très résistantes à la pollution. Les espèces typiques de ces stations sont en particulier les Diptères (*Chironomus plumosus*, Tanytarsini, Prodiamesinés), les Hirudinés (en particulier *Glossosiphonia complanata*) et le Coléoptère *Anacaena limbata*.

Les peuplements de ce type de stations ne présentent que peu d'intérêt même lorsque les autres conditions environnementales sont favorables.

Il est toutefois intéressant de souligner que la biomasse de ces stations est comparable à celle observée dans les autres stations. La diversité biologique faible de ces stations provient donc de la répartition d'un nombre élevé d'individus en un nombre réduit d'espèces.

Nous distinguons trois stations où pousse une végétation abondante de macrophytes typiques des eaux stagnantes (*Myriophyllum spicatum*, *Nuphar lutea*, *Callitriche stagnalis*...). Ces stations bénéficient d'un très bon ensoleillement, d'un courant lent et d'une profondeur faible (généralement inférieure à 20 cm).

Le réseau trophique y est équilibré: les détritivores et les herbivores forment la majorité du peuplement; les prédateurs sont également bien représentés.

Ces stations présentent une diversité élevée. De nombreuses espèces n'ont été capturées que dans de tel milieu. Il s'agit notamment de toutes les espèces d'Odonates et d'Ephéméroptères, de plusieurs espèces de Coléoptères (*Dytiscus marginalis*, *Ilybius ater*, *Agabus bipustulatus*...) et d'Hétéroptères (*Gerris* spp., *Hydrometra* spp., *Notonecta* spp...). L'ensemble des Gastéro-

podés de grande taille tels que *Lymnaea stagnalis*, *Lymnaea corvus*, *Planorbis corneus* ont leur abondance maximale dans ces stations.

La partie supérieure des canaux de La Muraz et des Grangettes ne bénéficie pas ou peu d'apports d'eau du lac ou de la nappe phréatique. Il en résulte de fréquentes périodes d'assèchements qui influencent la macrofaune de manière importante. Toutefois, il existe de très grandes différences entre les stations quant au nombre d'individus ou à la richesse spécifique. Il y a, d'une part, des stations où l'ensoleillement est important. La richesse en plantes hydrophiles et matière organique en décomposition permet la présence d'un grand nombre d'herbivores et de détritivores qui sont généralement liés aux eaux temporaires donc bien adaptées pour résister à la dessiccation (MOUTHON 1980, ØKLAND 1990). L'espèce la plus abondante est *Anisus leucostoma* qui remplace *A. vortex* dans les eaux temporaires. Ces milieux sont également favorables à des espèces hydrophiles ou dont seule la larve est aquatique; c'est le cas notamment de deux Coléoptères: *Cyphon* sp. et *Dryops* sp.

D'autre part, les portions de canaux qui subissent la sécheresse tout en ne bénéficiant pas d'un ensoleillement suffisant ont des densités de populations extrêmement faibles et un nombre d'espèces très réduits. Seuls les bivalves, certaines espèces de Gastéropodes et quelques Trichoptères du genre *Limnephilus* arrivent à survivre dans ces milieux.

La faune des stations fréquemment asséchées est proche de celle des stations à végétation abondante. Ceci s'explique par la présence de plusieurs espèces peu sensibles à des assèchements de courte durée dans les stations riches en végétation. De plus, ces stations sont très proches géographiquement, ce qui facilite la recolonisation lorsque le canal est à nouveau en eau.

Les deux stations témoins en rivière (HF et GC) se distinguent très nettement des autres stations tant du point de vue des conditions environnementales que par la composition de leurs peuplements.

Elles ont des indices de diversité et un nombre d'espèces aussi élevés que les stations riches en végétation (tab. 1). D'autre part, la structure de leur réseau trophique peut être considérée comme équilibrée avec un nombre important de détritivores et d'herbivores, mais également une population non négligeable de prédateurs, essentiellement formée par des Coléoptères.

Si la structure du peuplement des herbiers des rivières est similaire à celle des stations des canaux, nous constatons par contre un remplacement d'espèces entre les deux peuplements. Une même niche écologique est donc exploitée par deux espèces différentes; c'est le cas notamment de *Gammarus* gr. *pulex* qui remplace *Asellus aquaticus* dès que le courant est plus important (CARL 1923). De même chez les Coléoptères, des taxa tels que *Laccophilus hyalinus*, *L. minutus* et *Haliplus* spp., occupent, dans les eaux courantes, la niche écologique exploitée par des Dytiscidés dans les eaux stagnantes. Les Coléoptères des eaux courantes sont de petite dimension, très hydrodynamiques et avec des griffes puissantes pour s'accrocher à la végétation. Ceux vivants dans les eaux stagnantes sont de taille plus importante; leur morphologie est adaptée pour se déplacer rapidement et avec agilité plutôt que pour offrir une résistance moindre au courant (NACHTIGALL 1984; BOURNAUD *et al.* 1992).

La station de la beine lacustre se distingue très nettement des autres. En effet, son peuplement est très différent: la diversité et le nombre d'espèces sont extrêmement faibles. Nous y avons trouvé essentiellement une espèce

d'Hétéroptère *Micronecta griseola*; il s'agit d'une espèce qui peut pulluler localement dans ce type de milieu; des observations semblables ont été faites dans d'autres roselières lacustres (DETHIER et MATTHEY 1977). Les quelques autres espèces présentes sont des Diptères et des Hirudinés.

La beine lacustre a donc une macrofaune très limitée mais qui lui est propre. Elle pourrait toutefois servir de lieu de transit entre les différents canaux pour des espèces uniquement aquatiques.

5. CONCLUSION

La macrofaune des canaux ne ressemble pas à celle des autres milieux inventoriés (cours d'eau et beine lacustre). Ces milieux n'ont en commun qu'un nombre réduit d'espèces ubiquistes.

Les canaux ont en revanche plus de 75% d'espèces communes avec la faune actuelle des mares (NACEUR 1993, 1996). Les conditions environnementales de ces deux milieux sont très proches. Deux différences existent cependant. D'une part, les canaux sont traversés par un faible courant. Il permet à plusieurs espèces végétales comme *Sparganium erectum* et *Glyceria plicata*, généralement absentes des eaux stagnantes, de coloniser les canaux. D'autre part, les canaux forment un réseau hydrique important. Ils sont en contact avec différents milieux aquatiques (mares, étangs, beine lacustre). A l'inverse, les mares constituent un système clos; elles entrent donc plus difficilement en contact avec d'autres milieux aquatiques.

La macrofaune pourrait utiliser les canaux comme des ponts entre ces différents éléments; les canaux faciliteraient donc la colonisation de nouveaux milieux.

Le canal des Saviez se différencie nettement des deux autres par un niveau de pollution très élevé. Seules des espèces très résistantes à la pollution sont présentes. La richesse spécifique et l'intérêt biologique de tels milieux restent très faibles même lorsque les autres conditions environnementales sont favorables.

Le canal de La Muraz et celui des Grangettes présentent une physionomie semblable. La partie la plus en amont est fréquemment asséchée, elle traverse des zones boisées ou cultivées. Les espèces qui s'y trouvent sont très bien adaptées à la sécheresse; il s'agit généralement d'espèces pionnières ou hydrophiles. De tels milieux présentent donc un intérêt biologique certain. Dans leur partie aval, ces deux canaux traversent une roselière atterrie eutrophe. La végétation aquatique est abondante et diversifiée. Les peuplements présentent une très grande diversité biologique; de nombreuses espèces, notamment d'Odonates, d'Ephéméroptères et de Coléoptères, n'ont été trouvées que dans ces stations. Les conditions environnementales sont proches de celles des mares; les espèces qui composent ces peuplements appartiennent à la faune typique des eaux stagnantes.

REMERCIEMENTS

Nous remercions toutes les personnes qui nous ont aidés dans les déterminations ou qui les ont confirmées: Dr Michel Brancucci (Bâle), Dr Michel Dethier (Liège), Dr Claude Lang (Lausanne), Jorg Rüetschi (Berne) et Nigel Thew (Neuchâtel). Nous tenons également à remercier le Dr Raymond Delarze (Lausanne) pour ses conseils sur la partie statistique et Jean-Louis Moret (Lausanne) pour la partie botanique.

Les analyses d'eau ont été effectuées par le Laboratoire Cantonal du Service des Eaux et de la Protection de l'Environnement à Epalinges; nous tenons en particulier à remercier Messieurs Vioget, Fiaux et Strawczynsky pour leur collaboration et leur disponibilité.

Que la Fondation des Grangettes et la Société Vaudoise d'Entomologie soient remerciées pour leur soutien financier.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT D., 1991. Histoire de réserves naturelles du canton de Vaud. *Mém. Soc. vaud. Sc. nat.* 18.4: 357-413.
- BORCARD B., 1991. Ecologie numérique. Cours de l'Université de Neuchâtel. Non publié.
- BOURNAUD M., KECK G. et RICHOUX P., 1980. Les prélèvements de macroinvertébrés en tant que révélateurs de la physionomie d'une rivière. *Ann. Limn.* 16: 55-75.
- BOURNAUD M., RICHOUX P. et USSEGLIO P., 1992. An approach to the synthesis of qualitative ecological information from aquatic Coleoptera communities. *Regulated rivers* 7: 165-180.
- CARL J., 1923. Amphipodes. Catalogue des invertébrés de la Suisse, fascicule 15, Genève. 27 p.
- DETHIER M. et MATTHEY W., 1977. Contribution à la connaissance des Hétéroptères de Suisse. *Rev. Suisse Zool.* 84: 583-591.
- HYNES H. B. N., 1960. The biology of polluted waters. Liverpool University Press, Liverpool. 202 p.
- HYNES H. B. N., 1970. The ecology of running waters. University of Toronto, Toronto. 555 p.
- LEGENDRE L. et LEGENDRE P., 1984a. Ecologie numérique: 1. Le traitement multiple des données écologiques, deuxième édition. Masson, Paris. 260 p.
- LEGENDRE L. et LEGENDRE P., 1984b. Ecologie numérique: 2. La structure des données écologiques, deuxième édition. Masson, Paris. 335 p.
- LUDWIG J. A. and REYNOLDS J. F., 1988. Statistical ecology: a primer on methods and computing. John Wiley and Sons, New York. 337 p.
- MORET J.-L., 1982. Flore aquatique et paludéenne de la région des Grangettes: esquisse d'un catalogue dynamique. *Mém. Soc. vaud. Sc. nat.* 17.3: 117-159.
- MORET J.-L., 1984. Les Pierrettes: transformation d'un site naturel riverain du Léman. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 77.2: 105-118.
- MOUTHON J., 1980. Contribution à l'écologie des Mollusques des eaux courantes: esquisse biotypologique et données écologiques. Thèse. Université Pierre et Marie Curie, Paris.
- NACEUR N., 1993. Etude de la diversité faunistique des mares des Grangettes: description et recherche des facteurs déterminants. Travail de diplôme, EPF Lausanne. 33 p.
- NACEUR N., 1996. Suivi scientifique des invertébrés aquatiques dans les mares des réserves gérées par la Fondation. Résultats 1995. Fondation des Grangettes. Rapport n° 16 (polycopié). 15 p. + annexes.

NACHTIGALL W., 1984. Swimming in aquatic insects. In: KERKUT, G. A. & GILBERT, L. I. (ed.), *Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology*. Vol. 5, p. 467-490. Pergamon Press, Oxford.

ØKLAND J., 1990. Lakes and snails. Universal Book Service, Oegstgeest. 450 p.

Manuscrit reçu le 15 avril 1996

Annexe 1.—Liste des taxa. N° = numéro de l'espèce pour les analyses factorielles.

Classes	N°	Taxa	Ordres	N°	Taxa	Ordres	N°	Taxa
Hirudinés	1	<i>Glossosiphonia complanata</i>	Ephéméroptères	40	<i>Baetis alpinus</i>	Coléoptères (adultes)	82	<i>Haliphys spp.</i>
	1	<i>Glossosiphonia sp.</i>		41	<i>Caenis macrura</i>		83	<i>Hyphodrus ovatus</i>
Gastéropodes	2	<i>Helobdella stagnalis</i>		42	<i>Caenis robusta</i>		84	<i>Hydroporus palustris</i>
	3	<i>Herpobdella sp.</i>		43	<i>Cloeon dipterum</i>		85	<i>Noterus clavicornis</i>
	4	Indéterminés		44	Indéterminé		86	<i>Noterus crassicornis</i>
	5	<i>Valvata piscinalis</i>	Odonates	45	<i>Coenagrion puella/pulchellum</i>		87	<i>Laccophilus hyalinus</i>
	6	<i>Valvata cristata</i>		45	<i>Coenagrion sp.</i>		88	<i>Laccophilus minutus</i>
	7	<i>Bythinia tentaculata</i>		46	<i>Ischnura elegans</i>		89	<i>Agabus bipustulatus</i>
	8	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>		47	<i>Lestes viridis</i>		90	<i>Agabus sturmi</i>
	9	<i>Lymnaea corvus</i>		48	<i>Anax imperator</i>		91	<i>Ilybius ater</i>
	10	<i>Lymnaea ovata</i>		49	<i>Cordulia aena</i>		92	<i>Ilybius fuliginosus</i>
	11	<i>Lymnaea stagnalis</i>		50	<i>Somatochlora flavomaculata</i>		93	<i>Ilybius obscurus</i>
	12	<i>Lymnaea truncatula</i>	Hétéroptères	51	<i>Sigara cf striata</i>		94	<i>Rhantus exoletus</i>
	13	<i>Lymnaea sp.</i>		52	<i>Sigara cf falléni</i>		95	<i>Rhantus pulverosus</i>
	14	<i>Aplexa hypnorum</i>		53	<i>Sigara sp.</i>		96	<i>Hydaticus seminiger</i>
	15	<i>Physa acuta</i>		54	<i>Micronecta griseola</i>		97	<i>Acilius canaliculatus</i>
	16	<i>Aegopinella nitidula</i>		55	<i>Notonecta glauca glauca</i>		98	<i>Copelatus haemorroidalis</i>
	17	<i>Nesovitreia hammonis</i>		56	<i>Notonecta cf viridis</i>		99	<i>Anacaena globulus</i>
	18	<i>Vitreia cristallina</i>		57	<i>Notonecta sp.</i>		100	<i>Anacaena limbata</i>
	19	<i>Zonitoides nitidus</i>		58	<i>Gerris lacustris</i>		101	<i>Laccobius sp.</i>
	20	<i>Discus rotundatus</i>		60	<i>Microvelia sp.</i>		102	<i>Cercyon ustulatus</i>
	21	<i>Anisus albus</i>	Trichoptères	61	<i>Hydrometra gracilentia</i>		103	<i>Helochaeres obscurus</i>
22	<i>Anisus carinatus</i>	62		<i>Hydrometra stagnorum</i>		104	<i>Hydrobius fuscipes</i>	
23	<i>Anisus contortus</i>	63		<i>Beraea sp.</i>		105	<i>Hydrophilus caraboides</i>	
24	<i>Anisus complanatus</i>	64		<i>Limnephilus sp.</i>		106	<i>Helophorus aquaticus</i>	
25	<i>Anisus planorbis</i>		64	<i>Limnephilini</i>		107	<i>Dryops sp.</i>	
26	<i>Anisus leucostoma</i>		65	<i>Limnephilidae</i>		108	<i>Cyphon sp.</i>	
27	<i>Anisus vortex</i>	Lépidoptères	67	<i>Acentropus niveus</i>	Diptères (Larves)	109	Tanyponidae	
28	<i>Anisus sp.</i>		68	<i>Nymphula nymphaeata</i>		111	Diamesinae et Orthocladinae	
29	<i>Planorbis corneus</i>	Coléoptères (larves)	69	<i>Haliphys sp.</i>	112	Prodiamesinae		
30	<i>Anisus (laevis?)</i>		70	<i>Hyphodrus sp.</i>	113	<i>Chironomus plumosus</i>		
31	<i>Acroloxus lacustris</i>		71	<i>Hydroporus sp.</i>	114	<i>Chironomus thummi</i>		
32	<i>Cochlicopa lubrica</i>		72	<i>Agabus sp.</i>	115	Chironomini		
33	<i>Cochlicolina laminata</i>		73	<i>Agabini</i>	116	Tanytarsini		
34	<i>Trichia hispida</i>		74	<i>Ilybius sp.</i>	117	Chironomidae		
35	<i>Succinia putris</i>		75	<i>Rantus sp.</i>	118	Tipulidae		
36	Indéterminés		76	<i>Hydaticus seminiger</i>	119	Limoniidae		
Bivalves	37	Indéterminés		77	<i>Dytiscus marginalis</i>	120	Ceratopogonidae	
	38	<i>Asellus aquaticus</i>		78	<i>Cyphon sp.</i>	121	Stratiomidae	
Crustacés	39	<i>Gammarus gr. pulex</i>		79	<i>Dryops sp.</i>	122	Culicidae	
				80	<i>Hydrophilus sp.</i>	123	Anthomyiidae	
				81	<i>Spercheus emarginatus</i>	109	Tanypodinae	
						112	Prodiamesinae	
					115	Chironominae		
					117	Chironomidae		
					120	Ceratopogonidae		
					122	Culicidae		