

LA SELECTIVITE DE TROIS ENGINES D'ECHANTILLONNAGE DU BENTHOS LACUSTRE

par P. ANDRE, P. LEGENDRE et P. P. HARPER¹

Des mesures de ressemblance, une ordination en espace réduit et une analyse de contingence ont permis de comparer des prélèvements de benthos faits à la benne Ponar et à l'aide de deux substrats artificiels, soit le panier de cailloux et le panier de filtres de fibre synthétique. Ces engins sont tous sélectifs, compte tenu de leur mode d'action et du mode de vie des organismes qu'ils récoltent. Les paniers capturent plus d'organismes suprabenthiques et haptobenthiques, alors que la benne échantillonne mieux les formes épibenthiques et endobenthiques. La variation des nombres de taxons et d'individus dépend essentiellement de la surface exposée à la colonisation, à l'intérieur d'un volume donné, et de la diversité d'habitats offerts ou échantillonnés par l'engin. Comme les informations obtenues à l'utilisation de plusieurs engins sont complémentaires, il semble justifié d'employer simultanément la benne et un type de panier ; le panier de filtres présente une image déformée de la communauté en surévaluant le suprabenthos, alors que le panier de cailloux paraît être un intermédiaire valable entre la benne et le panier de filtres.

The selectivity of three samplers for lake benthos.

Measures of ecological likeness, a technique of ordination in reduced space, and a contingency analysis were used in a comparison of benthos sampled with a Ponar grab and two basket-type artificial substrates, one filled with stones, and the other with synthetic webbing. The three devices are selective, given the mode of action of each sampler and the ways of life of the organisms collected. The baskets gather more clingers, swimmers and climbers, whereas the grab collects more sprawlers and burrowers. The differences in numbers of taxa or individuals depend on the amount of surface fit for colonization within the sampling volume and on the diversity of habitats offered or sampled by the device. The data provided by each method are somewhat complementary ; it thus seems appropriate to use jointly a grab and one type of basket. The basket filled with webbing tends to overemphasize the swimmers and climbers. The stone-filled basket gives results which are intermediate between those from the grab and those from the basket filled with webbing.

Depuis les travaux pionniers d'Ekman (1911) et de Moon (1935) sur les bennes et les substrats artificiels, des centaines d'appareils ont été imaginés pour échantillonner le benthos des eaux continentales. Le fonctionnement de plusieurs de ces instruments a été analysé dans la littérature (Resh 1979), souvent par la comparaison des résultats obtenus par des engins à modes d'action similaires. La comparaison

1. Département de Sciences biologiques, Université de Montréal, C. P. 6128, Succursale « A », Montréal, QC, Canada H3C 3J7.

d'appareils à modes d'action différents entraîne bien souvent des problèmes d'interprétation des surfaces échantillonnées et de la représentativité des prélèvements obtenus (Anderson et Mason 1968, Fulner 1971, Voshell et Simmons 1977). Pour pallier à cette difficulté, certains auteurs ont introduit dans leurs comparaisons des mesures de la structure de la communauté, telle la diversité ou l'indice séquentiel de comparaison (Dickson *et al.* 1971, Benfield *et al.* 1974, Crossman et Cairns 1974); seul Hughes (1975) semble cependant avoir utilisé des mesures de ressemblance pour comparer le rendement d'engins de récolte du benthos.

C'est à l'aide de mesures de ressemblance, d'une ordination en espace réduit et d'une analyse de contigence, que nous tenterons de comparer l'efficacité de trois engins à modes d'action différents. Les questions auxquelles nous attarderons plus particulièrement sont : ces engins échantillonnent-ils de la même façon la communauté des macroinvertébrés ? favorisent-ils la capture de certains types particuliers d'organismes ?

1. — MATERIEL ET METHODES

1.1. Les engins

Les trois appareils utilisés sont : une benne et deux substrats de colonisation, soit le panier rempli de cailloux et le panier rempli de fibres synthétiques. La benne était de type Ponar, mais de petite taille (10 kg ; 0,023 m²). Les paniers étaient semblables au modèle décrit par Mason *et al.* (1967) et contenaient soit des cailloux polis et striés de 2,5 à 5 cm de diamètre, soit des plaques de filtre à air (Dundas-Jafine Industries Ltd, Toronto, Canada), un substrat similaire au « Conservation web » recommandé par Prins et Black (1971) et par Simmons et Winfield (1971) : les paniers avaient des dimensions externes de 25,3 cm de longueur et de 17,4 cm de diamètre.

1.2. Les milieux

Les prélèvements ont été réalisés dans deux lacs du bassin hydrographique de la Grande Rivière, un important tributaire de la Baie de James dans le Moyen-Nord du Québec. Le lac Béréziuk (54°00' N ; 76°20' W) est un lac oligotrophe de grande taille (71,1 km² ; z_m = 90 m), alors que le lac Toto (53°29' N ; 77°09' W) est plus modeste (1,9 km² ; z_m = 15 m). Les transects ont été établis dans des baies abritées de ces lacs. Ces deux stations (G2 403 & G2 405) font partie du Réseau de surveillance écologique établi par la Société d'énergie de la Baie James (Bachand et Fournier 1977) et elles sont d'ailleurs recouvertes maintenant par les eaux du Réservoir LG 2 sur La Grande Rivière ; les paramètres physico-chimiques et biologiques y sont mesurés de façon régulière depuis 1977 (Bachand *et al.* 1979). A chacune

des stations, les prélèvements ont été faits à 9 profondeurs, échelonnées de 0,5 à 9 m. Les caractéristiques du fond à chaque point de prélèvement sont consignées au tableau I.

LACS	PROFONDEUR m	SABLE LIMON ARGILE			EXTINCTION	VAGUES	VEGETATION	M.O.
		%	%	%	LUMINEUSEZ	0-3	0-1	%
BEREZIUUK	0,5	92	4	4	44,06	3	1	1,9
	1,0	74	22	4	26,87	2	1	2,9
	2,0	42	42	16	16,40	1	1	4,0
	3,0	18	51	31	5,70	0	0	6,9
	4,0	18	41	41	2,76	0	0	8,0
	5,0	24	39	37	1,09	0	0	6,8
	6,0	30	31	39	0,48	0	0	7,5
	7,5	38	27	35	0,16	0	0	6,8
	9,0	46	25	29	0,05	0	0	6,1
TOTO	0,5	95	3	2	37,89	3	1	2,1
	1,0	93	3	4	12,97	2	1	1,7
	2,0	89	6	5	3,17	1	1	1,1
	3,0	84	8	8	0,63	1	0	1,7
	4,0	42	36	22	0,25	0	0	5,0
	5,0	32	37	31	0,09	0	0	7,9
	6,0	36	34	30	0,02	0	0	9,7
	7,5	44	27	29	0,01	0	0	10,8
	9,0	36	35	29	0,00	0	0	11,1

TABLEAU I. — Paramètres physiques et biologiques des stations d'échantillonnage (M. O. = matière organique ; Vagues, effet croissant de 0 à 3 ; Végétation aquatique, présence (1) ou absence (0)).

1.3. La méthodologie

Au mois de juin 1978, à chacune des 18 places-échantillons, 4 paniers de cailloux et 4 paniers de filtres ont été déposés sur le fond. Deux paniers de chaque type ont été relevés au début d'août et les deux autres au début d'octobre. De plus, à chaque visite, trois prélèvements à la benne ont été faits à chacune des places-échantillons.

Lors des récoltes, les paniers étaient remontés lentement jusqu'à la surface et recueillis dans une taie d'oreiller afin d'éviter le lessivage causé par la sortie de l'eau et le mouvement des vagues. Les prélèvements étaient alors rapportés au laboratoire, filtrés sur un tamis de

maille de 500 μm , séparés par flottation au sucre (Anderson 1959) et triés sous une loupe de grossissement de 2 X. Les organismes ont ensuite été identifiés au genre, à l'exception des Nématodes, des Oligochètes et des Hydracariens qui n'ont pas été considérés dans l'analyse numérique.

1.4. Le traitement numérique

Pour déterminer si les engins fournissent des informations similaires, nous avons entrepris une analyse en mode Q (ressemblance entre des objets) et une analyse de contingence.

Comme il existe de grands écarts entre les abondances dans les divers prélèvements, il a été nécessaire de normaliser les données en leur faisant subir une transformation logarithmique en base 3 ; nous obtenons ainsi huit classes d'abondance, correspondant à la progression géométrique de raison 3 ; 0, 1-3, 4-9, 10-27, 28-81, 82-243, 244-729, 730-2187. Comme les surfaces échantillonnées et les modes de prélèvement varient d'un engin à l'autre, il est devenu nécessaire d'employer un coefficient de ressemblance qui puisse comparer les profils d'abondance relative plutôt que les nombres d'individus, fussent-ils normalisés. L'indice de Whittaker (1952) a donc été retenu ; il se définit :

$$S(x_1, x_2) = 1 - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_{i1}}{\sum_{i=1}^n y_{i1}} - \frac{y_{i2}}{\sum_{i=1}^n y_{i2}} \right|$$

où x_1 et x_2 sont les échantillons 1 et 2 et y_i est le nombre d'individus d'espèce i dans l'échantillon 1. Les calculs ont été effectués à l'aide du logiciel SIMIL (Vaudor et Legendre 1979). L'ordination des échantillons dans un espace réduit de coordonnées principales (Gower 1966) permet par la suite de résumer la variabilité qu'exprime la matrice d'association, tout en préservant autant que possible les relations de distance existant entre les échantillons.

Afin de définir ensuite quels sont les taxons « discriminant » entre les engins, chacun des descripteurs-espèce est comparé aux trois descripteurs-engin à l'aide d'une analyse de contingence. L'information commune à chaque descripteur-espèce et au descripteur-engin (valeur B dans Legendre et Legendre 1979 : 98) sera utilisée pour établir le degré de signification de cette association de descripteurs grâce à la relation existant entre B et le χ^2 . En effet, en utilisant les logarithmes de base 2 pour les calculs d'information, on peut retrouver la valeur-test de l'épreuve de χ^2 de Wilks grâce à la relation

$$\chi^2 \approx pB \ln 4$$

où p est le nombre total d'observations (Kullback 1959). On peut ainsi associer à B une probabilité avec (rangées-1) (colonnes-1) degrés de liberté, en consultant une table du χ^2 .

Cette valeur d'information commune B a été calculée pour chaque tableau de contingence comparant un taxon au descripteur-engin ; le programme utilisé fournit, pour chacun des descripteurs-espèce, une valeur d'association avec le descripteur-engin, mesurée d'après le coefficient asymétrique d'incertitude (Nie *et al.* 1975 : 226) qui peut s'écrire

$$S = B/(A + B)$$

selon la terminologie de Legendre et Legendre (1979), où B est l'information commune aux deux descripteurs et (A + B) l'information totale que contient le descripteur-engin ; ces coefficients permettront d'établir la valeur discriminante de chacun des taxons. Le programme fournit aussi les tableaux de contingence constitués des classes d'abondance des différents descripteurs-espèce et du descripteur-engin ; les tableaux serviront ensuite à déterminer lequel des engins favorise davantage la capture de chacun des taxons discriminants. Le nombre de classes des descripteurs-espèce, variables continues, a été lui-même déterminé à l'aide d'un programme qui choisit les limites des classes de façon à ce que soit maximale la valeur de la fraction de l'information de la classification de ce descripteur-engin expliquée par le descripteur considéré (B/(A + B)).

2. — RESULTATS

Le tableau II présente l'importance relative et le nombre de taxons de chacun des groupes taxonomiques, ainsi que le nombre total d'individus et de prélèvements. Les Chironomides constituent toujours un groupe d'importance majeure, quel que soit le type d'engin de récolte ou le moment de l'échantillonnage ($\geq 27\%$) ; de plus, les Pélécytopodes, les Nématodes et les « autres Diptères » sont plus importants dans les prélèvements à la benne ; dans les paniers de filtres, ce sont les Amphipodes et les Ephéméroptères Baetidés qui prennent de l'importance, alors que dans les paniers de cailloux, ce sont les Hirudinés et les Trichoptères.

Le tableau III regroupe les taxons dominants et renseigne sur leur importance relative ainsi que sur leur mode de vie (d'après les indications de Merritt et Cummins 1978). Il existe des différences essentielles dans l'abondance relative des taxons selon l'engin employé : à la benne, les larves de Cératopogonides et les larves des Chironomides *Procladius*, *Pseudochironomus* et *Stempellina* montrent une dominance supérieure à celle qui prévaut dans les échantillons recueillis dans les paniers ; ces organismes sont des animaux principalement endobenthiques. Dans les paniers de filtres, l'Amphipode *Hyaella azteca* et les Chironomides *Ablabesmyia* et *Zavrelia* sont récoltés en grand nombre ; dans les paniers de cailloux, se sont les Hirudinés, les

GROUPES TAXONOMIQUES	LAC BEREZIUK						LAC TOTO																		
	AOÛT			OCTOBRE			AOÛT			OCTOBRE															
	B	F	C	B	F	C	B	F	C	B	F	C													
Amphipoda	1	△	1	▲	1	□	1	△	1	●	1	□	1	○	1	●	1	△	1	△	1	●	1	□	
Hirudinae			2	△	2	○			1	△	2	○			3	△	4	□			2	△	2	△	
Oligocheta	1	▲	1	△	1	□	1	□	1	○	1	□	1	□	1	□	1	▲	1	□	1	□	1	○	
Hydracarina	1	□	1	▲	1	▲	1	□	1	○	1	○	1	△	1	○	1	○	1	△	1	△	1	△	
Coleoptera	1	△	2	△	1	△			1	△				2	△	2	△			1	△				
Diptera																									
Chironomidae	22	●	22	●	25	●	26	●	28	●	30	●	27	●	27	●	26	●	25	●	25	●	24	●	
autres	1	□	1	△	1	△	2	□	1	○	1	○	2	○	1	△	1	△	2	○	1	△	1	△	
Ephemeroptera	2	△	3	○	4	△	3	△	3	□	4	□	4	△	4	○	5	△	3	□	6	□	5	□	
Hemiptera			1	△									1	△											
Neuroptera	1	△	1	△	1	△	1	△	1	△	1	△							1	△			1	△	
Odonata																									
Anisoptera														1	△	2	△	1	△			3	△	1	△
Zygoptera																							1	△	
Trichoptera	4	○	4	□	6	▲	5	△	8	□	11	▲	6	○	7	○	7	□	6	○	13	□	8	▲	
Gasteropoda	1	△	2	○	2	△	1	○	3	○	2	△	1	△	4	○	3	○	2	△	4	○	3	○	
Pelecypoda	7	●	8	▲	6	□	7	●	9	▲	7	□	10	▲	10	□	6	□	10	●	11	▲	7	▲	
Nematoda	1	○	1	△	1	△	1	□	1	△	1	△	1	△	1	○	1	△			1	△			
Nematomorpha			1	△																			1	△	
TOTAL:																									
Taxons	43	51	52	49	59	62	56	64	58	53	71	55													
Individus	1045	3057	1070	1931	4031	1735	984	4959	1123	1589	7460	1698													
Prélèvements	9	9	9	9	9	9	9	8	7	9	9	9													

TABLEAU II. — Nombre de taxons (chiffres) et importance relative (symboles) des grands groupes taxonomiques dans chaque série de prélèvements à la benne (B), aux paniers de filtres (F) et aux paniers de cailloux (C). Les symboles expriment des pourcentages : △ ($0 < \% < 1$), ○ ($1 \leq \% < 3$), □ ($3 \leq \% < 9$), ▲ ($9 \leq \% < 27$), ● ($\% \geq 27$).

larves de Trichoptères *Polycentropus* et *Oxyethira*, de même que les Chironomides *Glyptotendipes* (*Phytotendipes*), *Paratanytarsus* et *Microtendipes* qui prennent une importance accrue.

TAXONS	A B C D E	LAC BEREZIEUX						LAC TOTO									
		AOUT			OCTOBRE			AOUT			OCTOBRE						
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
HIRUDINEA																	
Erpobdellidae	X X X						2,1										
PELECYPODA																	
<i>Pisidium casertanum</i>	X	5,6	1,6	0,3	2,5	2,3	0,7	6,5	1,7	0,6	3,0	1,4	1,1				
<i>P. ferrugineum</i>	X	5,2	0,8	2,9	1,1	2,1	0,3	5,0	2,6	2,9	3,8	2,8	1,4				
<i>P. lilljeborgi</i>	X	1,6	0,8	0,1				14,5	0,3	0,8	13,5	1,6	0,9				
<i>P. nitidum</i>	X	23,4	7,7	2,0	24,0	9,6	2,4	13,4	1,0		5,1	1,5	0,3				
<i>Pisidium</i> sp.	X										2,0	0,5	1,6				
GASTEROPODA																	
<i>Valvata sincera sincera</i>	X								0,8	0,9							
<i>Physa jenneesi jenneesi</i>	X							0,1	2,4	0,9			0,3	0,7			
<i>Gyraulus parvus</i>	X		1,4	0,8		2,0	0,2				0,1	1,6	0,6				
CRUSTACEA																	
<i>Hyalella astoea</i>	X X X	0,7	26,5	3,5	0,6	29,0	3,0	1,5	30,8	0,8	0,2	33,5	8,9				
INSECTA																	
<i>Caenis</i> sp.	X							0,1	0,8		2,6	1,3	0,1				
<i>Ephemera</i> <i>temporalis</i>	X X X	0,2	1,9	1,8	0,1	3,7	1,7					0,3	0,2				
<i>Leptophlebia</i> sp.	X X X				0,1	3,2	2,1	0,1	0,4	0,5		3,4	4,1				
<i>Stenonema</i> sp.	X											0,1	1,9				
<i>Polycentropus</i> sp.	X		1,2	7,1		5,0	14,2	0,1	0,8	2,0	0,1	1,8	5,6				
<i>Hydroptila</i> sp.	X				0,1	1,1	0,1										
<i>Oxyethira</i> sp.	X					0,9	1,3										
<i>Agrypnia</i> sp.	X							0,1	0,5	0,5	0,1	0,4	0,6				
<i>Lepidostoma</i> sp.	X X X											1,0	1,9				
<i>Procladius</i> sp.	X	6,9	0,8	0,7	7,5	1,0	1,6	14,6	0,4	0,2	9,6	1,0	0,3				
<i>Ablabesmyia</i> sp.	X	0,1	7,1	7,1	0,7	3,0	3,3		4,5	2,7	1,9	11,6	3,5				
<i>Corynoneura</i> sp.	X								0,6	0,4							
<i>Cricotopus</i> sp.	X X							0,2	0,3	0,7	0,6	0,3	1,1				
<i>Heterotriessooladius</i> sp.	X X	10,7	2,3	4,0	5,7	5,2	4,9	1,4	3,8	1,5	0,7	0,8	0,1				
<i>Orthocladius</i> sp.	X X				4,1	0,4	0,4					1,5	0,2	0,1			
<i>Orthocladius</i> gr. <i>apicalis</i>	X X											0,8	0,2				
<i>Psectrocladius</i> sp.	X X											0,4	0,2	0,7			
<i>Psectrocladius</i> gr. <i>medius</i>	X X	0,6	3,6	5,5				1,2	1,9	1,2							
<i>Triessooladius</i> sp.	X				0,3	0,2	0,3										
<i>Cryptotendipes</i> sp.	X				1,8	0,2	0,2										
<i>Endoicronomus</i> sp.	X		0,9	1,6	0,1	1,2	2,0	1,8	1,5	12,6		0,6	2,2				
<i>Glyptotendipes</i> (<i>Phytotendipes</i>) sp.	X X				0,1	1,5	0,2	8,0	22,6	0,1	8,3	23,3					
<i>Limnochironomus</i> (<i>Dicoretendipes</i>) sp.	X	0,5	0,5	0,5	0,7	2,0	3,5	0,9	2,2	1,5	1,1	5,2	6,6				
<i>Microtendipes</i> sp.	X							0,5	1,5	3,8	0,3	2,6	10,2				
<i>Pagastrella minuta</i>	X X	4,7	1,7	3,2	8,3	2,1	1,8	1,4	0,3	0,5	1,4	0,1	0,1				
<i>Parachironomus</i> sp.	X	0,2	0,1	0,7				0,7	2,3	7,1							
<i>Polypedilum</i> spp.	X X				0,6		0,6	2,9	1,6	0,5	5,6	0,5	1,1				
<i>Polypedilum laetum</i>	X X											0,2	2,6				
<i>Pseudochironomus</i> sp.	X							1,4	0,1	0,1	1,7	0,1	0,1				
<i>Paratanytarsus</i> sp.	X	0,7	2,4	3,9	0,8	2,1	8,9	0,1	0,4	0,8		0,2	0,6				
<i>Stempellina</i> sp.	X X X	1,9	0,3	0,3	2,4	0,3	0,4				4,0	0,4	0,1				
<i>Tanytarsus</i> gr. <i>nanus</i>	X X				1,0	0,2	0,1	3,8	0,1	0,1	4,5	0,1	0,2				
<i>Zavrelia</i> sp.	X X X	3,0	6,8	0,4				1,6	4,2								
<i>Tanytarsini</i> autres	X X X	4,0	3,5	7,0	10,0	11,5	23,5	6,0	4,5	4,5	20,0	10,0	11,0				
<i>Ceratopogonidae</i>	X X	3,0	0,9	0,6	5,1	1,2	1,6	2,4	0,1	0,1	2,7	0,1	0,3				

TABLEAU III. — Mode de vie et importance relative (%) des principaux taxons récoltés dans chaque série de prélèvements à la benne (1), aux paniers de filtres (2) et aux paniers de cailloux (3). On distingue les organismes suprabenthiques nageurs (A), les organismes haptobenthiques (B), les organismes épibenthiques (C), les organismes suprabenthiques grimpeurs (D) et les organismes endobenthiques (E).

Le tableau IV présente la prédominance de chaque type d'organisme (selon le mode de vie) dans les prélèvements par chacun des engins. Il y a dans les paniers une dominance d'organismes suprabenthiques nageurs et grimpeurs et d'organismes haptobenthiques ; par contre, la benne semble mieux échantillonner les animaux épibenthiques.

	LAC BEREZIUK						LAC TOTO					
	AOUT			OCTOBRE			AOUT			OCTOBRE		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Endobenthiques	14	10	13	19	16	20	16	11	12	21	15	16
Epibenthiques	30	26	28	29	32	30	35	30	27	31	35	30
Haptobenthiques	11	19	14	12	21	25	16	21	23	14	24	20
Suprabenthiques N	2	7	6	4	5	5	3	9	10	1	5	4
Suprabenthiques G	8	12	12	7	14	13	6	17	16	8	22	15

TABLEAU IV. — Nombre de taxons récoltés dans chaque série de prélèvements à la benne (1), aux paniers de filtres (2) et aux paniers de cailloux (3) et distribués selon le mode vie des organismes.

La matrice composée des valeurs de similarité permet d'effectuer des ordinations en espace réduit selon la méthode des coordonnées principales. La figure 1 A-D représente les quatre ordinations (selon les deux premiers axes des coordonnées principales) des prélèvements d'août et d'octobre aux lacs Béréziuk et Toto. Dans tous les cas, les prélèvements à la benne s'isolent de ceux aux paniers au niveau du premier axe qui représente la direction de la plus grande variabilité entre les échantillons. Les deux premiers axes expliquent toujours plus de 45 % de la variation totale.

Compte tenu de l'ensemble des taxons identifiés, l'analyse de contingence identifie les taxons responsables de la différence entre les engins (fig. 2). On n'a conservé pour chaque échantillonnage que les taxons dont la capture semble dépendre des engins de façon hautement significative ($p \leq 0,01$); l'importance de la dépendance se reflète par le rapport $(B/A + B)$; l'engin qui favorise les captures de chaque taxon est aussi indiqué. Les récoltes faites au lac Toto semblent plus affectées par la nature des engins que les récoltes du lac Béréziuk; cela se reflète dans le nombre élevé de taxons qui ont un rapport $(B/A + B)$ supérieur à 40 %. Ces taxons sont généralement favorisés par les paniers de filtres et les paniers de cailloux. Certains organismes montrent une très forte dépendance et ce dans plusieurs séries de prélèvements: ce sont *Ablabesmyia*, *Heterotrissocladus*, *Polycentropus* et *H. azteca* favorisés par les paniers, surtout de filtres, de même que *P. ferrugineum* et *Procladius*, récoltés surtout à la benne. Certains

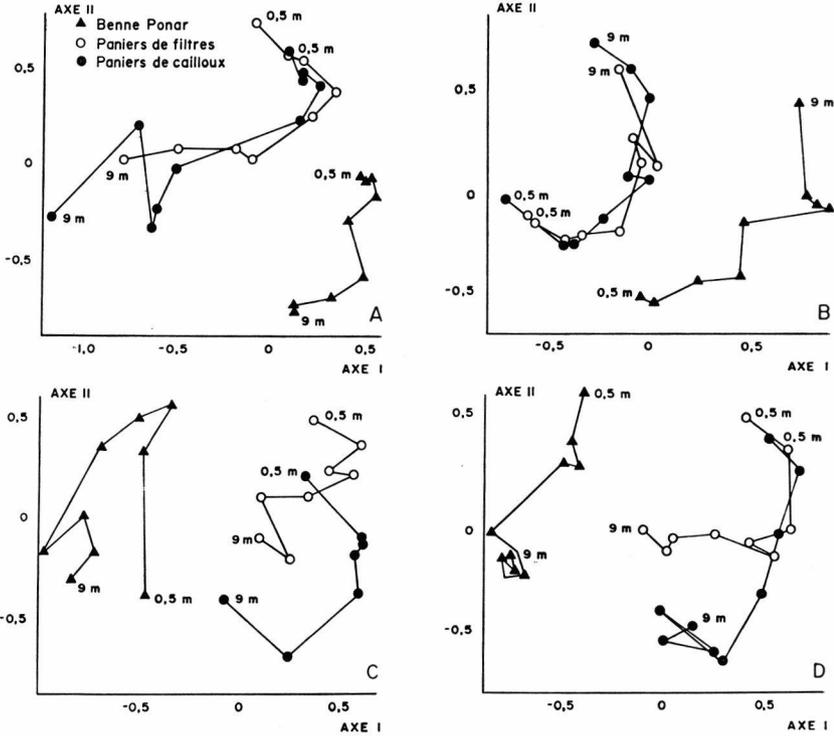


Fig. 1. — Ordinations des prélèvements selon les deux premiers axes des coordonnées principales. A. Prélèvements d'août au lac Béréziuk (les 2 axes rendent compte de 50 % de la trace de la matrice de similarité centrée). B. Prélèvements d'octobre au lac Béréziuk (47 % de la trace). C. Prélèvements d'août au lac Toto (47 % de la trace). D. Prélèvements d'octobre au lac Toto (49 % de la trace).

taxons n'affichent de dépendance qu'à l'une des périodes d'échantillonnage, par exemple en octobre, *Leptophlebia* et *Microtendipes* dans les paniers de filtres et *Polypedilum* et *Cryptotendipes* à la benne. Par contre, pour d'autres taxons, la dépendance n'apparaît qu'à l'un des lacs, mais aux deux périodes d'échantillonnage ; c'est le cas de *Stenonema* et des Chironomides Tanytarsini au lac Toto.

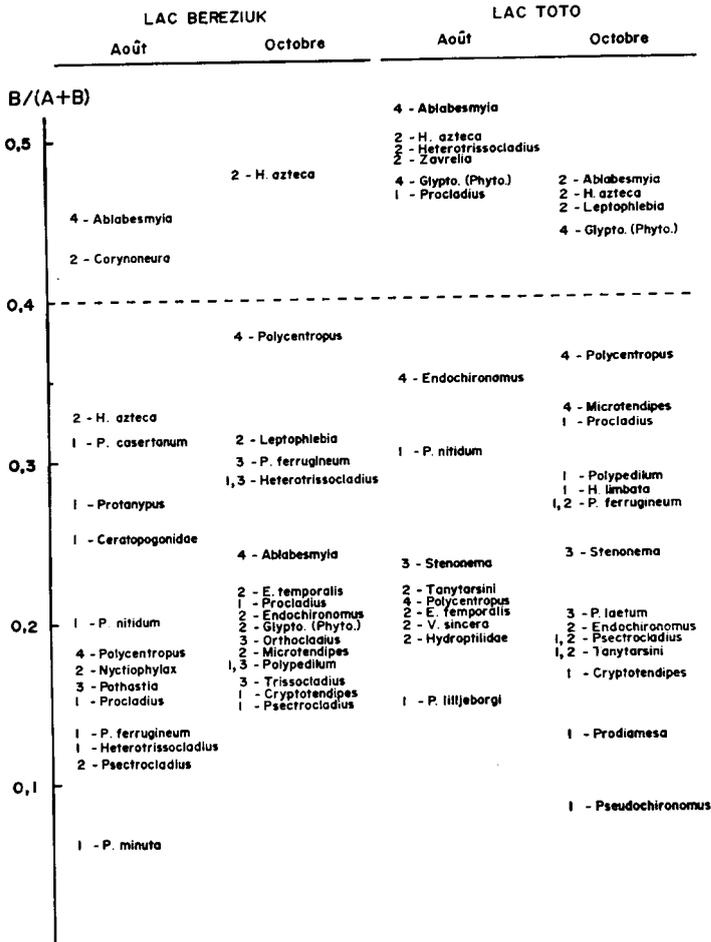


FIG. 2. — Distribution sur l'échelle des coefficients asymétriques d'incertitude des taxons qui montrent une dépendance hautement significative ($p \leq 0,01$) avec un ou plusieurs engins (1. benne ; 2. paniers de filtres ; 3. paniers de cailloux ; 4. les deux types de paniers).

3. — DISCUSSION

De façon générale, les paniers de filtres récoltent plus d'individus et de taxons que la benne ou que les paniers de cailloux (Tableau II) ; l'abondance relative de chaque taxon diffère aussi grandement selon l'engin de récolte.

La variation du nombre d'individus peut être attribuée à la différence de surface de colonisation ou de capture offerte par l'engin ; c'est ce que suggèrent Minshall et Minshall (1978) et Wise et Molles

(1979) dans leurs études sur les eaux courantes. Même si les paniers de cailloux et les paniers filtres occupent des volumes semblables, les surfaces exposées à la colonisation diffèrent considérablement ; un réseau de fibres entremêlées offre une surface beaucoup plus grande qu'un ensemble de cailloux entassés. Khalaf et Tachet (1978) ont insisté sur la nécessité de rechercher des facteurs de conversion pour établir une valeur réelle de la densité relative des populations benthiques, afin de pouvoir comparer de façon adéquate les méthodes de prélèvement. Dans le cas présent, il ne nous a pas été possible d'établir une telle conversion, mais nous avons tenté d'amoindrir les écarts numériques en transformant nos données en une progression géométrique et en utilisant le coefficient de la similarité des pourcentages de Whittaker qui tient compte surtout de l'importance relative des taxons.

Bien qu'aucun engin n'échantillonne tous les taxons présents dans le milieu, les paniers en récoltent plus que la benne. Cependant l'efficacité d'un type de panier par rapport à l'autre semble dépendre de la station échantillonnée, alors que l'ampleur de la différence entre les deux peut être tributaire de la période d'échantillonnage ; ces phénomènes avaient déjà été observés par Mason *et al.* (1973) qui ont aussi noté les effets de la durée de la colonisation des substrats et ceux de la profondeur de la station. L'efficacité des divers engins à récolter les taxons présents dans un milieu dépend essentiellement de leur mode d'action et du type de fond sur lequel ils reposent.

Dans le cas de la benne, le mouvement de l'eau lors de la descente de l'engin et l'onde de choc à son arrivée peuvent permettre à certains organismes suprabenthiques nageurs ou haptobenthiques d'éviter la capture. De plus, l'inefficacité d'un tel engin en herbier s'explique par l'obstruction des mâchoires ; il est alors normal que le nombre d'organismes suprabenthiques grimpeurs capturés soit faible. Cependant, puisque l'appareil retient les sédiments, il échantillonne bien l'endobenthos.

Pour leur part, les paniers reposent directement sur le fond ; ils sont donc assujettis au dynamisme des organismes colonisateurs ou encore à celui du fond lui-même. Parmi les facteurs premiers de la variation du nombre d'individus et de taxons récoltés, on peut noter la pénétration de l'engin dans les sédiments, le degré d'exposition à l'action des vagues et le pouvoir de rétention réciproque de l'engin et des organismes. Puisqu'il repose sur le fond, le panier de cailloux qui pèse plus de 10 kg aura tendance à s'enfoncer presque entièrement dans les substrats d'argile ou de limon, alors que le panier de filtres pesant moins de 2 kg est moins apte à l'enlèvement et laisse une surface exposée en eau libre ; ainsi les animaux fouisseurs seront récoltés plus facilement par le panier de cailloux et les organismes épibenthiques et haptobenthiques avec le panier de filtres (Tableau IV). Les

animaux suprabenthiques abondent généralement aux profondeurs faibles à substrats de sable et de limon (Tableau I) ; les paniers y sont moins aptes à s'enfoncer et, en conséquence, les paniers de cailloux et les paniers de filtres s'avèrent aussi efficaces pour ce type d'organisme ; c'est d'ailleurs une des raisons de la grande dépendance notée au lac Toto entre les taxons et les engins (fig. 2). Les organismes endobenthiques peuvent pénétrer dans les interstices des paniers de façon statique par simple déplacement de la boue à l'arrivée du panier ou de façon dynamique par colonisation. De plus, en eau peu profonde, le mouvement des vagues peut amener des organismes qui seront retenus par le panier, particulièrement s'il est rempli de fibres.

Ainsi, les variations des nombres de taxons et d'individus capturés par un engin dépendront essentiellement de la surface exposée à la colonisation à l'intérieur d'un volume donné ainsi que de la diversité des habitats offerts ou échantillonnés.

Nos observations de captures préférentielles de certains taxons par les divers engins (fig. 2, Tableau II) confirment plusieurs observations antérieures. L'attrait d'*Ablabesmyia* pour les substrats artificiels a déjà été noté par Laville (1974) et par Voshell et Simmons (1977). Ces engins sont aussi facilement colonisés par les Chironomides *Dicrotendipes*, *Endochironomus* et *Parachironomus* (Voshell et Simmons 1977) ; à cette liste, nous pouvons ajouter *Paratanytarsus*, *Microtendipes*, *Glyptotendipes* (*Phytotendipes*), *Leptophlebia*, *Ephemerella temporalis*, les Trichoptères et les Gastéropodes. Par contre, les paniers sont peu efficaces dans la capture des formes fouisseuses (Mason *et al.* 1967, Prins et Black 1971, Mac Daniel 1974). De son côté, la benne récolte peu de Trichoptères et d'Ephéméroptères (Anderson et Mason 1968).

L'analyse des tableaux de contingence (fig. 2) vient confirmer statistiquement ces observations. Certains taxons ont été récoltés de façon inadéquate par les paniers : ce sont les Pélécytopodes, les Cératopogonides, *Hexagenia limbata* et les larves de Chironomides *Procladius*, *Polypedilum*, *Psectrocladius*, *Cryptotendipes*, *Prodiamesa*, *Pseudochironomus* et *Protanypus* ; il s'agit de formes généralement épibenthiques ou haptobenthiques (Tableau III). Les autres taxons mentionnés figure 2 semblent être récoltés moins efficacement à la benne qu'au panier : ce sont principalement des formes haptobenthiques et suprabenthiques. Il y a cependant plus de taxons favorisés par les paniers de filtres que par les paniers de cailloux ; ainsi, l'efficacité des paniers de cailloux est intermédiaire entre celle de la benne et des paniers de filtres.

Les ordinations (fig 1) mettent en évidence les différences entre les résultats obtenus à la benne et ceux des paniers au niveau du premier axe ; l'effet de la profondeur et des facteurs qui lui sont associés se

reflète au niveau du second axe. Ainsi, le facteur responsable d'une grande proportion de la variation semble bien être le mode de récolte lui-même.

Les substrats artificiels peuvent être considérés comme des engins offrant à la colonisation des organismes benthiques un ensemble d'habitats ; il s'ensuit que les résultats obtenus diffèrent souvent de ceux fournis par les méthodes plus traditionnelles qui visent à recueillir une portion du substrat naturel. Arthur et Horning (1969) ont d'ailleurs suggéré qu'en rivière un des facteurs limitants pour la faune benthique est le manque d'habitats naturels adéquats ; cette hypothèse est appuyée par les observations de Macan et Kitching (1972) qui ont pu augmenter la production secondaire du benthos en ajoutant des substrats artificiels sur lesquels les organismes pouvaient trouver à se nourrir sans trop grand risque d'être eux-mêmes dévorés.

Benfield *et al.* (1974) ont déjà observé en rivière que les formes haptobenthiques ont tendance à remplir tout l'espace disponible sur les substrats, limitant ainsi les populations des formes suprabenthiques nageuses qui ne construisent pas de résidence ; l'exclusion de ces taxons peut être attribuée à la compétition pour l'espace, à la modification de l'habitat due à la présence des cases et filets construits par les organismes haptobenthiques ou peut-être aussi à la nature impropre de l'habitat offert par les paniers. En milieu lacustre, la colonisation passive via la dérive est négligeable et c'est sans doute ce qui explique l'importance accrue des formes nageuses sur les paniers ; en effet, ces organismes sont capables d'une colonisation active ; les formes haptobenthiques n'en gardent pas moins la position dominante. Il existe sûrement une compétition entre les deux formes d'organismes, mais les milieux artificiels ne semblent pas impropres au développement des populations d'animaux suprabenthiques nageurs, du moins dans les lacs.

CONCLUSIONS

Cette comparaison de l'efficacité de la benne Ponar, des paniers de filtres et des paniers de cailloux à récolter le benthos lacustre nous permet plusieurs conclusions :

- 1) Les fortes variations numériques dans les résultats exigent une conversion des données brutes avant d'entreprendre une comparaison des résultats.
- 2) L'efficacité d'un type de panier peut dépendre du milieu échantillonné ; de même, le moment de l'échantillonnage peut avoir une influence.
- 3) Le nombre de taxons et d'individus récoltés est relié à la surface exposée à la colonisation par l'engin ou à la diversité des habitats qu'il offre ou qu'il peut échantillonner.

4) Les paniers récoltent plus facilement les organismes haptobenthiques et les organismes suprabenthiques nageurs et grimpeurs, alors que la benne est plus efficace dans la cueillette des formes épibenthiques et endobenthiques.

5) Les différences entre les engins semblent surtout dues à leur mode d'action et non pas à des causes extrinsèques de variation, telles la nature des sédiments, la profondeur ou les autres caractéristiques physico-chimiques du milieu.

6) Les taxons « discriminant » entre les engins varient selon la station, la saison et le cycle vital de l'animal ; *Ablabesmyia* et *Hyalella* sont les organismes les plus attirés par les paniers.

7) Les paniers se sont avérés assez efficaces pour la récolte des formes suprabenthiques nageuses, contrairement à ce qu'on observe en rivière où tout l'espace est accaparé par les organismes haptobenthiques.

Chacun des engins apporte donc des informations différentes et aucun ne récolte de façon quantitative l'ensemble des macroinvertébrés présents dans la communauté benthique. La benne est, au premier abord, l'instrument le plus quantitatif car il retient un volume donné des sédiments ; elle échantillonne adéquatement les organismes fortement liés aux sédiments, donc l'endobenthos et l'épibenthos ; par contre, elle néglige le suprabenthos. Les paniers de filtres surestiment certainement l'importance du suprabenthos. Les paniers de cailloux pourraient à plusieurs égards être considérés comme des moyens termes entre les deux autres engins.

Il n'y a donc pas d'engin parfait et l'expérimentateur devra choisir avec soin la méthodologie qu'il adopte en tenant compte des objectifs qu'il a donnés à son étude.

REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait pu se réaliser sans la collaboration et le support logistique fournis par la Direction Environnement de la Société d'Énergie de la Baie James ; nous tenons particulièrement à remercier MM. A. Soucy, R. Charland, D. Roy, J. J. Fournier, A. Bachand, J. Taillefer, R. Martineau, R. Nault, E. Zaidi, J. P. Dubois, ainsi que M^{lles} J. Boudreault et N. Grenon. M. A. Vaudor du Centre de Recherches en Sciences de l'Environnement (CERSE) de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) a résolu plusieurs de nos problèmes d'informatique. Nos données ont été traitées au Centre de Calcul de l'UQAM.

TRAVAUX CITÉS

- ANDERSON (J.B.) and MASON (W.T., Jr). 1968. — A comparison of benthic invertebrates collected by dredge and basket sampler. *J. Wat. Pollut. Control Fed.*, 40 : 252-259.
- ANDERSON (R.O.). 1959. — A modified flotation technique for sorting bottom fauna samples. *Limnol. Oceanogr.*, 4 : 223-225.
- ARTHUR (J.W.) and HORNING (W.B.). 1969. — The use of artificial substrates in pollution surveys. *Amer. Midl. Natur.*, 82 : 83-89.
- BACHAND (C.A.), DUSSAULT (D.), RODRIGUEZ (F.), VENNE (L.), ACHARD (L.), PINEL-ALLOUL (B.), MÉTHOT (G.), ANDRÉ (P.) et NAULT (R.). 1979. — Réseau de surveillance écologique du Complexe La Grande. Analyse des données 1977-1978. Société d'Énergie de la Baie James, Direction Environnement, Montréal.
- BACHAND (C.A.) et FOURNIER (J.J.). 1977. — Réseau de surveillance écologique du Complexe La Grande. Société d'Énergie de la Baie James, Service Environnement, Division Ecologie, Montréal, VII + 130 p.
- BENFIELD (E.F.), HENDRICKS (A.C.) and CAIRNS (J., Jr). 1974. — Proficiencies of two artificial substrates in collecting stream macroinvertebrates. *Hydrobiologia*, 45 : 431-440.
- CROSSMAN (J.S.) and CAIRNS (J., Jr). 1974. — A comparative study between two different artificial substrate samplers and regular sampling techniques. *Hydrobiologia*, 44 : 517-522.
- DICKSON (K.L.), CAIRNS (J., Jr) and ARNOLD (J.C.). 1971. — An evaluation of the use of a basket-type artificial substrate for sampling macroinvertebrate organisms. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 100 : 553-559.
- EKMANN (S.). 1911. — Neue Apparate zur qualitativen und quantitativen Erforschung der Bodenfauna der Seen. *Int. Rev. Hydrobiol.*, 3 : 553-561.
- FULLNER (R.W.). 1971. — A comparison of macroinvertebrates collected by basket and modified multi-plate samplers. *J. Wat. Pollut. Control Fed.*, 43 : 494-499.
- GOWER (J.C.). 1966. — Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis. *Biometrika*, 53 : 325-338.
- HUGHES (B.D.). 1975. — A comparison of four samplers for benthic macroinvertebrates inhabiting coarse river deposits. *Water Res.*, 9 : 61-69.
- KHALAF (G.) et TACHET (H.). 1978. — Un problème d'actualité : revue de travaux récents en matière d'utilisation de substrats artificiels pour l'échantillonnage des macroinvertébrés en eaux courantes. *Bull. Ecol.*, 9 : 29-38.
- KULLBACK (S.). 1959. — Information theory and statistics. John Wiley & Sons, New York, 399 p.
- LAVILLE (H.). 1974. — Utilisation de substrats artificiels pour l'étude de la faune macrobenthique de la zone littorale rocheuse des lacs de montagne. *Annls Limnol.*, 10 : 163-172.
- LEGENDRE (L.) et LEGENDRE (P.). 1979. — Ecologie numérique. Masson, Paris et Les Presses de l'Université du Québec, Montréal, 2 tomes, XIV + 197 et VIII + 254 p.
- MACAN (T.T.) and KITCHING (A.). 1972. — Some experiments with artificial substrata. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 18 : 213-220.
- MACDANIEL (M.D.). 1974. — Design and preliminary evaluation of an improved artificial substrate sampler for aquatic macroinvertebrates. *Prog. Fish-Cult.*, 36 : 23-25.
- MASON (W.T., Jr), ANDERSON (J.B.) and MORRISON (G.E.). 1967. — A limestone-filled artificial substrate sampler-float unit for collecting macroinvertebrates in large streams. *Prog. Fish-Cult.*, 29 : 74.
- MASON (W.T., Jr), WEBER (C.I.), LEWIS (P.A.) and JULIAN (E.C.). 1973. — Factors

- affecting the performance of basket and multiplate macroinvertebrate samplers. *Freshwat. Biol.*, 3 : 409-436.
- MERRITT (R.W.) and CUMMINS (K.W.) (ed.). 1978. — An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall-Hunt Publ. Co., Dubuque, Iowa, VIII + 441 p.
- MINSHALL (G.W.) and MINSHALL (J.N.). 1978. — Further evidence of the role of chemical factors in determining the distribution of benthic invertebrates in the River Duddon. *Arch. Hydrobiol.*, 83 : 324-355.
- MOON (H.P.). 1935. — Methods and apparatus suitable for an investigation of the littoral region of oligotrophic lakes. *Int. Rev. Gesam. Hydrobiol.*, 32 : 319-333.
- NIE (N.H.), HULL (C.H.), JENKINS (J.G.), STEINBRENNER (K.) and BENT (D.H.). 1975. — SPSS-Statistical package for social sciences. Second edition. McGraw-Hill, New York, XXIV + 675 p.
- PRINS (R.) and BLACK (W.). 1971. — Synthetic webbing as an effective macrobenthos sampling substrate in reservoirs. In Hall, G.E. (edit.) Reservoir fisheries and limnology. *Amer. Fish. Soc. Spec. Publ.*, 8 :
- RESH (V.H.). 1979. — Sampling variability and life history features : basic considerations in the design of aquatic insect studies. *J. Fish. Res. Board Can.*, 36 : 290-311.
- SIMMONS (G.M.) and WINFIELD (A.). 1971. — A feasibility study using conservation webbing as an artificial substrate in macrobenthic studies. *Va. J. Sci.*, 22 : 52-59.
- VAUDOR (A.) et P. LEGENDRE. 1979. — SIMIL, un logiciel de mesures de ressemblance. Centre de Recherches en Sciences de l'Environnement, Université du Québec à Montréal, 25 p.
- VOSHELL (J.R., Jr) and SIMMONS (G.M., Jr). 1977. — An evaluation of artificial substrates for sampling macrobenthos in reservoirs. *Hydrobiologia*, 53 : 257-269.
- WHITTAKER (R.H.). 1952. — A study of summer foliage insect communities in the Great Smokey Mountains. *Ecol. Monogr.*, 30 : 279-338.
- WISE (D.H.) and MOLLES (M.C., Jr). 1979. — Colonization of artificial substrates by stream insects : influence of substrate size and diversity. *Hydrobiologia*, 65 : 69-74.