

Colonisation de substrats artificiels par les Ephémères dans des ruisseaux et rivières de Guyane Française : résultats préliminaires [Ephemeroptera]

par Raphaël GLEMET*^{1,2}, Alain THOMAS* & Véronique HOREAU**

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

** Laboratoire HYDRECO, B.P. 823, 97388 Kourou Cedex, Guyane Française

¹ Travail effectué dans le cadre d'un Diplôme d'Etudes Supérieures Universitaires (GLEMET 2003)

² Avec la collaboration technique de Laurent GUILLEMET (Laboratoire HYDRECO) sur le terrain

Mots-clés : Ephémères, région néotropicale, substrats artificiels, colonisation, qualité de l'eau.

Dans le cadre du développement d'un indice de qualité de l'eau, basé sur le Score Moyen des Ephéméroptères de Guyane (SMEG), des substrats artificiels ont été implantés dans 18 criques et rivières pour compléter des relevés faunistiques préexistants par filets, drague et benne Eckman, en particulier dans les endroits non accessibles aux filets Surber et troubleau. Trois substrats "végétaux" SAB ont été implantés sur 17 sites pendant une durée de 2 semaines ; à chaque pose et retrait des substrats, un prélèvement de 20 minutes a été effectué au filet (PF).

En parallèle, une expérience pilote a été réalisée dans la crique Maman Léopard avec des retraits différentiels sur une, deux et trois semaines, en deux séries successives, afin d'évaluer le temps d'immersion optimal et la dynamique de colonisation sur ce type de substrat. Une série de substrats "pierreux" SAP a également été posée à titre comparatif. La communauté d'éphémères de la crique pilote compte 21 taxons. La dynamique de colonisation des Baetidae est très rapide, déclinant dès la deuxième semaine. La colonisation par les Leptophlebiidae est d'interprétation plus complexe. La possible relation avec le régime trophique est discutée. On observe un remplacement continu des taxons sur les trois semaines, avec apparition d'environ 20% de taxons nouveaux pendant la troisième semaine, prouvant la nécessité de relevages différentiels des substrats pour obtenir un inventaire taxonomique le plus complet possible. Par rapport aux SAP, les SAB ont collecté nettement plus du double d'individus et 16 taxons au lieu de 8.

34 taxons ont été récoltés dans les 18 sites (18 Baetidae, 9 Leptophlebiidae et 7 d'autres familles). Plusieurs genres, rares lors des études antérieures, sont plus abondants sur les SAB. Les courbes de corrélation et le test de Pearson comparant les 2 méthodes SAB et PF confirment statistiquement la plus grande efficacité des PF pour la collecte des Baetidae et celle des SAB pour la capture des Leptophlebiidae, avec un nombre important de taxons non communs aux deux modes de prélèvements. La complémentarité des deux méthodes est établie. Une AFC stations-espèces sépare 4 noyaux : potamal à fort marnage ; secteur aval de 3 criques à fort déficit en O₂ ; ensemble hétérogène de criques petites et moyennes ; rhithral typique sur fond pierreux. L'évaluation de la polluosensibilité de 4 genres de Leptophlebiidae (*Miroculis*, *Microphlebia*, *Ulmeritoides* et le Genre *U*) est réajustée. Dans la mesure du possible, l'emploi des substrats artificiels, conjointement aux méthodes de prélèvements directs, est vivement recommandé pour ce type d'études.

Colonization of artificial substrates by mayflies in brooks and rivers of French Guiana : preliminary results [Ephemeroptera]

Keywords : Mayflies, neotropical region, artificial substrates, colonization dynamics, water quality.

Within the framework of a water quality assessment index, based on the Average Score of Guiana Mayflies (SMEG), artificial substrates were laid down in 18 brooks and rivers to supplement the faunistic statements already obtained by nets, dredger and Eckman grab, in particular in places not accessible to hand nets. Three artificial substrates filled with vegetable material (SAB) were laid down in 17 sites during two weeks; a 20 minutes net sampling (PF) was also made when laying and raising substrates.

A pilot experiment was also carried out in the Maman Léopard brook with differential raising after one, two and three weeks, in two successive series, in order to evaluate the optimal exposure duration and the colonization dynamics on this type of substrate. Substrates filled with stones (SAP) were also used comparatively. The mayfly community in the pilot brook numbers 21 taxa. Baetidae colonization dynamics was very fast, regressing the second week. Interpretation of colonization by Leptophlebiidae is more complex. The possible relationship with diet is discussed. A continuous replacement of taxa occurred all over the three weeks; approximately 20% new taxa appeared during the third week, proving the need for differential raising to obtain the most complete taxonomic inventory. In comparison with SAP, SAB collected more than twice the numbers of individuals, and 16 taxa instead of 8.

34 taxa were collected in the 18 sites (18 Baetidae, 9 Leptophlebiidae and 7 in other families). Several genera, considered rare in previous studies, were more abundant in SAB. Correlation curves and the chi-square test comparing the two methods, SAB and PF, statistically confirmed the greatest effectiveness of PF in collecting Baetidae and that of SAB in collecting Leptophlebiidae. Complementarity of the two methods SAB and PF is established. A Factorial Analysis of Correspondence (FAC) between stations and species separated 4 clusters : potamal with strong daily water level fluctuations; downstream sector of three brooks with strong deficit in O₂; heterogeneous group of small and average brooks; typical rhithral on stony bottom. Polluosensitivity evaluation for 4 Leptophlebiidae genera (*Miroculis*, *Microphlebia*, *Ulmeritoides* and the genus *U*) is readjusted. As far as possible, the use of artificial substrates, jointly with the direct sampling methods is highly recommended regarding this kind of study.

1. Introduction

En eau courante, l'utilisation de substrats artificiels pour la récolte des macroinvertébrés présente plusieurs avantages comparativement au filet, avec ou sans cadre de Surber (ROSENBERG & RESH 1982). Tout d'abord, le filet Surber est inefficace en courant très lent ou nul. Ensuite, la prospection de zones difficilement accessibles en raison de la profondeur, cas fréquent en Guyane, est grandement facilitée (ROUX et al. 1976), ainsi que la standardisation du protocole d'échantillonnage, d'un opérateur à un autre. Enfin, ce type de prélèvement peut renseigner sur les successions d'espèces lors de la colonisation et sur leurs préférences de substrats.

Les deux inconvénients majeurs résident dans l'obligation de devoir retourner aux stations pour le relevage à des dates intangibles, parfois défavorables (crue, mise à sec etc.), ainsi que dans l'incertitude du devenir des substrats (arrachement, vandalisme etc.).

L'utilisation de substrats artificiels est souvent recommandée dans les projets de bioindication (HILSENHOFF 1969, CROSSMAN & CAIRNS 1974, DE PAUW et al. 1986). Une approche préliminaire par SA peut justifier concrètement une étude d'impact ultérieure (DEJOUX et al. 1983).

Les données concernant l'utilisation de substrats artificiels en région néotropicale sont rares, voire même absentes en ce qui concerne la Guyane Française. Rappelons qu'une température élevée a une forte influence sur l'intensité de la dérive et de la colonisation (WILLIAMS 1980).

La présente étude ne constitue qu'une première approche, complémentaire de prospections antérieures au filet Surber, à la drague ou à la benne Eckman, dans un but d'évaluation de la qualité

de l'eau (THOMAS et al 2001). Compte tenu du manque de références bibliographiques antérieures, elle a été largement inspirée de travaux effectués en Europe et en Amérique du Nord.

Dans cette première étape, le matériel biologique retenu est exclusivement l'ordre des éphéméroptères pour les raisons suivantes :

- il est très diversifié dans les biotopes d'eau courante guyanais (HOREAU & RICHARD 1996, ORTH et al 2001, DOMINIQUE et al 2001) ;
- il est reconnu pour son fort potentiel bioindicateur ;
- enfin et surtout, la connaissance de sa systématique, en rapide progrès, est très en avance à l'heure actuelle sur la plupart des autres groupes de macroinvertébrés (THOMAS et al. 2005).

Un indice préliminaire de la qualité de l'eau des rivières a été proposé à la DIREN (THOMAS et al 2001). Il est basé sur les communautés d'éphéméroptères. Le niveau systématique opérationnel est pour l'instant le genre. On peut en effet estimer le nombre de genres d'Ephémères présents en Guyane Française à une cinquantaine. Cet indice est de type score moyen (SMEG pour Score Moyen des Ephéméroptères de Guyane). Pour une station donnée, il est donc intéressant de disposer de la plus grande diversité systématique possible, bien que le SMEG soit relativement stable, c'est-à-dire assez peu influencé en général par l'absence d'une ou deux espèces rares. En conséquence, le but du présent travail était de vérifier l'étendue de l'apport éventuel par la technique des substrats artificiels, proposée en complément des autres techniques par A. Thomas lors du projet de l'étude en 1999.

2. Matériel utilisé et méthodes

2. 1. Nature des substrats artificiels

La structure de base utilisée consiste en une armature cylindrique en grillage métallique plastifié de vide de maille de 1 cm, pour 25 cm de longueur et de 13 cm de diamètre, soit un volume d'environ 3300 cm³. Elle est remplie de débris végétaux, composante très abondante dans les cours d'eau prospectés et désignée SAB pour "substrats artificiels bois" : branches de petit diamètre, parallèles, de la longueur du cylindre, auxquelles sont ajoutées des feuilles, fraîches pour éviter une dégradation totale pendant le séjour en immersion, cette dégradation étant en effet très rapide en région néotropicale. L'utilisation d'éléments minéraux (désignée SAP pour "substrats artificiels pierres") n'a été réalisée qu'une seule fois, à titre comparatif au début de l'étude, à cause de la rareté relative de ce type de substrat dans les cours d'eau prospectés. En raison de leur légèreté, les SAB sont lestés extérieurement sous le cylindre.

2. 2. Protocole d'utilisation

Pose

Les substrats ont été implantés sur le fond par séries de 3 et arrimés individuellement à la berge par une corde en nylon.

Durée d'immersion

D'après la littérature (KHALAF & TACHET 1977 en France ; DEJOUX et al. 1983 en Côte d'Ivoire ; MATHOOKO et MAVUTI 1992 au Kenya), un temps d'immersion de deux semaines était apparu comme favorable a priori. Cette durée a donc été retenue comme valeur "standard" pour 17 sites.

Néanmoins, en parallèle, nous avons essayé d'évaluer sur une "crique-pilote" la durée d'immersion optimale à standardiser à l'avenir, en implantant comparativement des substrats pendant

une, deux et trois semaines. Un 18^e cours d'eau, la crique Maman-Lézard a ainsi été choisi à titre d'essai, à la fois pour sa facilité d'accès et le fait qu'il représente une crique forestière guyanaise typique. Deux séries de prélèvements sur une durée de trois semaines y ont été effectuées, chacune avec un relevage hebdomadaire d'un tiers des substrats :

- la première série a été menée du 17/11 au 8/12/2002. 18 substrats ont été implantés à la date J 0 (9 d'entre eux de type bois/feuilles SAB, et 9 autres de type pierreux SAP, à titre d'expérimentation unique). A chacune des dates J + 7, J + 14 et J + 21, 6 substrats ont été relevés (3 SAB et 3 SAP) pour évaluer la dynamique de la colonisation.

- la seconde série, effectuée du 14/01 au 5/02/2003, n'a impliqué que les SAB (pose de 9 substrats avec un relevage hebdomadaire de 3).

Remarque importante

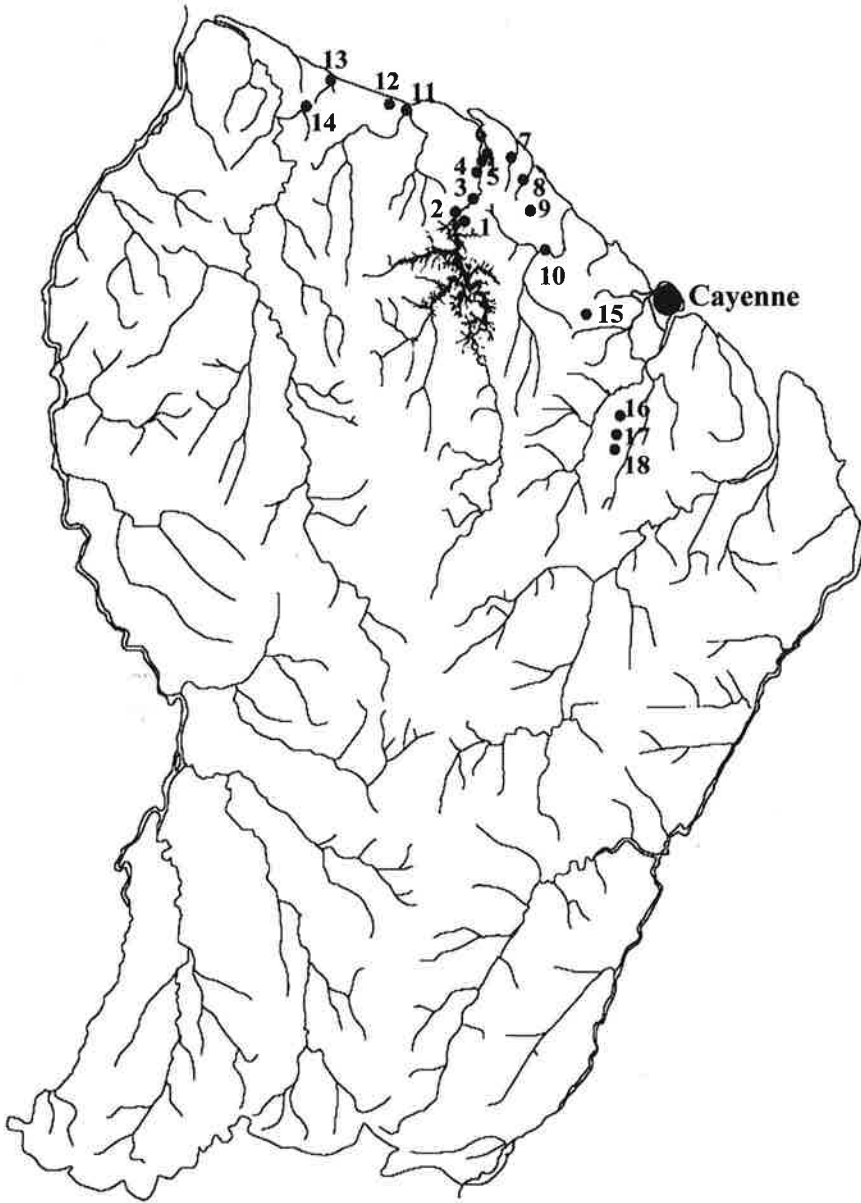
Des prélèvements au filet (PF) d'une durée de 20 minutes ont aussi été effectués (vide de maille : 300 µm) lors de la pose et du retrait des substrats, pour comparer l'efficacité des deux méthodes.

3. Cours d'eau étudiés

18 sites situés sur 18 cours d'eau différents -y compris la crique-pilote Maman Lézard- ont été retenus (Fig. 1).

Ces cours d'eau sont :

- Crique Maman Lézard : le site de pose se trouve à 100 mètres en amont de l'intersection avec la route de Petit Saut (carbet Maman Lézard) en prenant le sentier latéral longeant la berge droite de la crique ;
- Crique Grégoire : à l'aval de la première chute Grégoire ;
- Crique Vénus : près de la confluence avec le Sinnamary ;
- Fleuve Sinnamary : à la Pointe Combi, au niveau de la passerelle flottante ;
- Canal Rémy : quelques mètres en amont du pont de la RN1 ;
- Crique Paracou : en aval de la "buse" de la RN1 ;
- Crique Malmanoury : quelques mètres en amont de l'intersection avec la RN1 ;
- Crique Karouabo : au niveau du pont dans le site du CNES (premier pilier) ;
- Crique Passoura : 100 mètres en amont de la buse de la RN1 ;
- Fleuve Kourou : au niveau de la station expérimentale de Soucoumou ;
- Fleuve Iracoubo : au niveau du village Amérindien de Bellevue ;
- Crique Morpio : au niveau de l'aire de repos "Morpio" de la RN1 en amont des carbets, dans la zone couverte (forestière) ;
- Crique Organabo : au niveau des "premières" cascades ;
- Crique Gargoulette : au niveau du pont de la RN1 ;
- Crique Maripa : sur la route de Montsinéry ;
- Crique "sans nom" : quelques mètres en amont de l'intersection avec la RN1 ;
- Crique Boulanger : quelques mètres en amont de l'intersection avec la RN1 ;
- Crique Blanche : quelques mètres en aval de l'intersection avec la RN1 ;



1 : cr. Maman Léopard; 2 : cr. Grégoire; 3 : cr. Vénus; 4 : fl. Sinnamary (Pointe Combi); 5 : canal Rémy; 6 : cr. Paracou; 7 : cr. Malmanoury; 8 : cr. Karouabo; 9 : cr. Passoura; 10 : fl. Kourou; 11 : fl. Iracoubo; 12 : cr. Morpio; 13 : cr. Organabo; 14 : cr. Gargoulette; 15 : cr. Passoura; 16 : cr. « sans nom »; 17 : cr. Boulanger; 18 : cr. Blanche.

Fig. 1. Carte générale de la Guyane Française et sites étudiés.

Fig. 1. Global map of French Guiana and study sites.

Ces cours d'eau représentent des milieux diversifiés, autant par le débit que par la qualité de l'eau. Les paramètres écologiques pris en compte (Tableau 1) sont :

- la teneur minimale de l'eau en oxygène en mg/L et le pourcentage de saturation correspondant ;

- le pH ;

Stations	MLé	Mor	Ira	Org	Gar	CaR	Par	Mal	Sin
Bassin-versant	Sinnamary	Morpio	Ira-coubo	Orga-nabo	Mana	Sinnamary	Paracou	Malma-noury	Sinnamary
Profondeur mini (m)	0,4	0,1	1,3	0,4	0,4	1	0,7	0,4	0,9
Profondeur maxi (m)	1,1	0,7	2	0,6	0,8	1	0,7	0,4	3
Largeur (m)	5	3,5	63	14	12	9	10	4	80
Marnage	2	2	1	2	2	1	1	1	1
Temp. maxi eau (°C)	23,6	24,5	25,2	24,6	23,9	27,2	24,7	24,2	27,4
O2 minimum (mg/L)	6,0	4,8	4,6	6,3	5,5	3,2	5,9	4,2	4,7
pH	5,5	4,1	5,3	4,8	5,0	5,7	5,9	5,3	5,7
Conductivité (µS/cm)	22	52	25	33	29	30	37	36	25
Redox	395	458	406	417	415	308	333	388	392
Courant	2	2	1	3	1	1	1	2	3
Couvert végétal (%)	90	100	0	60	0	0	0	60	20
Turbidité maxi °NTU	4,3	2,7	13,0	12,3	6,3	23,9	2,8	3,9	6,6
Nature du fond	3	2	1	4	1	1	2	2	1
Matière Organique	3	3	2	1	1	4	3	3	1

Stations	Pas	Kar	Mar	Bla	Bou	SaN	Vén	Gré	Kou
Bassin-versant	Karou- abo	Karou- abo	Mont- sinéry	Orapu	Orapu	Orapu	Sinnamary	Sinnamary	Kourou
Profondeur mini (m)	0,6	1	2	0,4	0,4	1,5	6,6	0,4	2
Profondeur maxi (m)	0,9	1	2	0,4	0,4	1,5	6,6	0,7	2
Largeur (m)	17	20	10	5	6	9	15	10	110
Marnage	1	1	2	2	2	2	1	2	1
Temp. maxi eau (°C)	26,6	26,8	24,1	23,6	23,7	23,7	24,0	24,0	26,1
O2 minimum (mg/L)	1,1	3,2	6,1	6,8	7,2	6,3	6,1	6,8	5,6
pH	5,4	5,8	5,2	5,2	5,8	6,1	6,6	6,0	5,8
Conductivité (µS/cm)	106	40	30	22	30	34	30	26	31
Redox	374	363	383	410	381	363	348	370	347
Courant	1	1	1	3	3	2	1	1	2
Couvert végétal (%)	20	0	10	70	50	75	80	70	10
Turbidité maxi °NTU	4,4	1,8	2,7	3,2	5,5	4,5	7,1	1,8	11,2
Nature du fond	1	1	1	3	3	1	1	4	1
Matière Organique	1	1	2	2	2	3	4	2	1

Tableau 1. Principaux paramètres abiotiques aux 18 stations étudiées.

Table 1. Main abiotic parameters at the 18 study sites.

Numéro	Taxons	F. O.	Numéro	Taxons	F. O.
	LEPTOPHLEBIIDAE			BAETIDAE (suite)	
sp. 1	<i>Hagenulopsis minuta</i>	0,33	sp. 20	<i>Harpagobaetis</i> sp.	0,06
sp. 2	<i>Hermanella</i> sp.	0,11	sp. 21	<i>Paracloeodes</i> sp.	0,33
sp. 3	<i>Microphlebia</i> sp.	0,22	sp. 22	<i>Spiritiops</i> sp.	0,06
sp. 4	<i>Miroculus</i> sp.	0,67	sp. 23	<i>Waltzohyphius roberti</i>	0,17
sp. 5	<i>Simothraulopsis</i> sp.	0,39	sp. 24	<i>Zelusia</i> sp.	0,44
sp. 6	<i>Terpides guyanensis</i>	0,06	sp. 25	Genus E sp.	0,33
sp. 7	<i>Ulmeritoides</i> sp.	0,39	sp. 26	Genus M sp.	0,06
sp. 8	Genus A sp.	0,39	sp. 27	Genus Z sp.	0,06
sp. 9	Genus U sp.	0,28		LEPTOHYPHIDAE	
	BAETIDAE		sp. 28	<i>Leptoxyphes</i> sp.	0,56
sp. 10	<i>Americabaetis</i> sp.	0,39	sp. 29	<i>Tricorythodes</i> sp.	0,22
sp. 11	<i>Apobaetis</i> sp.	0,06		CORYPHORIDAE	
sp. 12	<i>Aturbina</i> sp. 1	0,39	sp. 30	<i>Coryphorus</i> sp.	0,06
sp. 13	<i>Aturbina</i> sp. 2	0,33		EUTHYPLOCIIDAE	
sp. 14	<i>Aturbina</i> sp. 3	0,06	sp. 31	<i>Campylocia</i> sp.	0,17
sp. 15	<i>Callibaetis</i> sp.	0,06		CAENIDAE	
sp. 16	<i>Camelobaetidium billi</i>	0,06	sp. 32	<i>Caenis</i> sp.	0,61
sp. 17	<i>Camelobaetidium janae</i>	0,11		POLYMITARCYIDAE	
sp. 18	<i>Cloeodes</i> sp.	0,44	sp. 33	<i>Asthenopus</i> sp.	0,06
sp. 19	<i>Cryptonympha</i> sp.	0,06	sp. 34	<i>Campsurus</i> sp.	0,39

Tableau 2. Diversité taxonomique du matériel total récolté et fréquence d'occurrence (F. O.) des taxons.

Table 2. Taxonomic diversity of total study material and frequency of occurrence (F. O.) of the taxa.

- la température maximale de l'eau en °C ;
- la conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- le potentiel d'oxydoréduction ;
- la turbidité maximale de l'eau en degrés NTU, mesurée au laboratoire ;
- la vitesse du courant, mesurée par micromoulinet, ou au moins son estimation dans les zones inaccessibles (courant fort, moyen, faible) ;
- la profondeur en m au point d'implantation des substrats ;
- la largeur du cours d'eau en m ;
- l'estimation de la couverture arborée en pourcentage ;
- la nature du fond ;
- la présence ou l'absence de marnage.
- la présence éventuelle de macrophytes aquatiques ou d'autres supports végétaux.

Ces paramètres ayant été relevés à la pose et au relevage des substrats, les résultats présentés sont une moyenne de deux valeurs, sauf pour la température (valeur maximale), la turbidité (maximale) et la teneur en oxygène (minimale).

4. Taxons récoltés

Sur le total des stations, ils sont au nombre de 34. Le Tableau 2 en précise aussi la fréquence d'occurrence (F.O.). En considérant comme fréquents les taxons présentant une F.O. supérieure à 0,5 et peu fréquents ceux de F.O. inférieure 0,2, on relève la présence de 3 taxons fréquents (*Miroculis*, *Leptophyes* et *Caenis*) et de 13 taxons peu fréquents, avec une grande majorité présentant une fréquence intermédiaire.

A l'exception de deux espèces du genre *Camelobaetidius*, très différentes par leur paracercue (vestigial -en rapport avec la rhéophilie- vs très développé), et de trois espèces du genre *Aturbina* typiques, l'unité taxonomique retenue est le genre. En fait, la diversité spécifique à l'intérieur des genres étant faible en Guyane, ces taxons sont le plus souvent monospécifiques, correspondant à des espèces non encore nommées.

Les deux familles de loin les plus diversifiées sont les Baetidae (18 taxons) et les Leptophlebiidae (9). Le total des genres représentant les 5 autres familles est seulement de 7.

5. Dynamique de la colonisation des substrats artificiels sur le site pilote Man Lézard

5. 1. Comparaison avec l'expérimentation unique par SAP

La comparaison des deux types de substrats SAB et SAP (Tableau 3) dans des conditions identiques montre une efficacité très supérieure des végétaux sur les pierres (respectivement pour les deux séries 222 larves récoltées appartenant à 16 taxons et 140 pour 16, contre 44 pour 8 taxons). Par ailleurs, aucun de ces 8 taxons n'est exclusif des SAP.

5. 2. Structure du peuplement des SAB

Les deux séries de prélèvements par SAB ont récolté 21 taxons (Tableau 3) : 7 Leptophlebiidae, 8 Baetidae et 6 appartenant à d'autres familles. Les 2 genres les plus abondants sont de loin *Miroculis* (Leptophlebiidae) et *Zelus* (Baetidae), avec respectivement 37 et 42 % du total des effectifs.

5. 3. Variation de la richesse taxonomique sur SAB

La richesse taxonomique moyenne par substrat artificiel individuel est de 9,5 +/- 2,9 taxons pour la première semaine, 8,5 +/- 4,9 la deuxième semaine, et 7,5 +/- 1,0 la troisième semaine. Il n'a donc pas été observé de variation temporelle importante de la richesse totale. En particulier, la richesse taxonomique présente une stabilité relative pendant les deux premières semaines pour les Baetidae et pendant les trois semaines pour les Leptophlebiidae. Mais cette apparente stabilité masque des remplacements de taxons (Tableau 4), le total de 21 n'étant obtenu que par la somme de tous les relevés.

5. 4. Variation de l'abondance sur SAB

Le nombre d'individus, toutes familles cumulées, est plus élevé pour les deux premières semaines de la première série (novembre-décembre) que pour celles de la deuxième série (janvier-février) (Tableau 3). Un important pic de pluviométrie -100 mm- a été observé le lendemain de la pose de la première série, provoquant très probablement un accroissement de la dérive des organismes.

Chez les Baetidae, un nombre moyen d'individus de 52,5 +/-28,4 est observé la première semaine, de 32 +/-27,4 la deuxième, et de 7,5 +/-4,9 la troisième. Les deux séries accusent indivi-

Séries Semaines		Première			Seconde			Troisième		
		1e	2e	3e	1e	2e	3e	1e	2e	3e
Types de substrat		S A Bois (SAB)			S A Bois (SAB)			S A Pierres (SAP)		
Taxons	n°									
<i>Hagenulopsis minuta</i>	1	1	1	.	.	.	.	.	1	1
<i>Hermanella</i> sp.	2	.	.	.	5	.	.	.	.	.
<i>Microphlebia</i> sp.	3	.	.	2	.	.	1	.	.	.
<i>Miroculis</i> sp.	4	28	34	11	18	13	29	.	3	5
<i>Ulmeritoides</i> sp.	7	.	2	1	.	.	.	.	.	.
Genus A sp.	8	8	6	1	1	.	.	.	.	1
Genus U sp.	9	.	.	1	1	2	.	.	.	.
<i>Americabaetis</i> sp.	10	3	3	.	.	.	1	3	2	.
<i>Aturbina</i> sp. 1	12	.	.	.	2	.	.	.	.	.
<i>Aturbina</i> sp. 3	14	1	.	.	.	.	1	1	.	.
<i>Camelobaetidium billi</i>	16	.	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Cloeodes</i> sp.	18	.	1	.	2	1	3	.	.	.
<i>Paracloeodes</i> sp.	21	.	.	.	.	1	.	.	.	.
<i>Waltzohyphius roberti</i>	23	.	1	.	2	2	5	.	.	.
<i>Zelus</i> sp.	24	63	41	5	31	14	.	21	3	.
<i>Leptohyphes</i> sp.	28	1	1	.	2	.	.	.	2	.
<i>Tricorythodes</i> sp.	29	.	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Coryphorus</i> sp.	30	.	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Campylocia</i> sp.	31	.	1	1	.	.	.	.	.	.
<i>Caenis</i> sp.	32	2	.	.	1	.	.	.	1	.
<i>Campsurus</i> sp.	34	.	.	1	.	.	.	.	.	.
Total		107	92	23	66	33	41	25	12	7
Total général	406	= 222			= 140			= 44		
Total Bactiidae	214	67	46	5	38	18	10	25	5	.
Total Leptophlebiidae	177	37	43	16	25	15	30	.	4	7
Total autres familles	15	3	3	2	3	.	1	.	3	.

Remarque :

forte
crue

forte
crue

Tableau 3. Site pilote Maman Léopard : matériel total récolté par série et par semaine.

Table 3. Pilot site Maman Léopard : total material sampled in series and per week.

duellement une baisse sensible de l'abondance au cours de la deuxième, puis de la troisième semaine (Tableau 3).

Chez les Leptophlebiidae, le nombre moyen d'individus est de 31 +/- 1,7 la première semaine, de 29 +/- 27,4 la deuxième et de 23 +/- 13,7 la troisième. On observe donc une stabilité relative des effectifs pendant les trois semaines (Tableau 3).

	Première série : 16 taxons récoltés		
	1e semaine	2e semaine	3e semaine
Baetidae	3	2	0
Leptophlebiidae	3	1	2
Autres familles	2	2	1
Total	8 (50%)	5 (31%)	3 (19%)
	Seconde série : 16 taxons récoltés		
	1e semaine	2e semaine	3e semaine
Baetidae	5	1	2
Leptophlebiidae	4	0	1
Autres familles	2	0	1
Total	11 (69%)	1 (6%)	4 (25%)

Tableau 4. Apparition des taxons avec le temps (site Maman Lézard).

Table 4. Chronological appearance of taxa (Maman Lezard site).

5. 5. Discussion

La structure de la communauté d'éphéméroptères de la crique Maman Lézard est assez représentative de la région néotropicale, avec une dominance de l'abondance par un faible nombre de taxons, le reste de la communauté étant constitué de taxons beaucoup moins abondants ou même rares (MATHURIAU 2002). Malgré la brièveté des cycles de développement d'Ephéméroptères en région néotropicale (JACKSON & SWEENEY 1995) ou subtropicale (BENKE & JACOBI 1986), il apparaît donc hasardeux de tenter un recensement faunistique exhaustif des macroinvertébrés sur un cours d'eau guyanais avec un nombre réduit de relevés, comme cela pourrait être envisagé en Europe. En utilisant trois substrats simultanément (soit un volume déjà important de 10 litres), le nombre de taxons apparus pendant la troisième semaine n'est pas négligeable, puisque de l'ordre de 20% du total : 3 lors de la première série, 4 lors de la seconde (Tableau 4). Ceci n'est pas en accord avec les observations de DE PAUW et al. (1986) en région paléarctique tempérée (Belgique) : "dans beaucoup de cas tous les taxons sont présents après une semaine". Ainsi, un échantillonnage visant à récolter le nombre maximum de taxons devra-t-il être effectué sur plusieurs semaines afin d'essayer de piéger tous les "taxons rares".

Une différence de stratégie de colonisation entre les deux principales familles Leptophlebiidae et Baetidae peut être constatée. Les effectifs totaux des Baetidae diminuent considérablement après la première semaine, alors que ceux des Leptophlebiidae apparaissent plus stables, mais plus difficiles à interpréter que ces derniers pendant les trois semaines. Au Canada, CIBOROWSKI & CLIFFORD (1984) relèvent une abondance maximale de *Baetis tricaudatus* après seulement 1 à 4 jours de colonisation sur gravier, déclinant par la suite. Dans une étude très complète sur un cours d'eau du Costa-Rica, PRINGLE & RAMIREZ (1998) ont montré que le taux de dérive le plus élevé par rapport au standing crop était celui des Baetidae, des Simuliidae et des larves de Décapodes. SHAW & MINSHALL (1980) ont observé que *Baetis intermedius* était l'un des colonisateurs les plus rapides sur un cours d'eau de l'Idaho, avec des densités de population très élevées au bout de deux jours seulement. Au Canada, CIBOROWSKI & CORKUM (1980) ont montré expérimentalement que les larves de *Baetis vagans*, libérées en dérive dans la colonne d'eau, sont nettement plus aptes à regagner le substratum que celles de *Paraleptophlebia mollis*.

S'il est toujours reconnu que les Baetidae présentent une dérive et un potentiel de colonisation rapide particulièrement élevés, les avis divergent par contre en ce qui concerne leur régime alimentaire et donc leurs stratégies trophiques adaptatives, conditionnant leurs déplacements. JONES (1950) a montré que le régime alimentaire de *Baetis rhodani* était majoritairement constitué de débris organiques et dans une moindre mesure de *Batrachospermum* sp. (algue verte), beaucoup plus que de Diatomées. BROWN (1961) écrit aussi au sujet de deux espèces européennes, pourtant bien différentes par leur comportement et leur microhabitat : "Algae were an unimportant food component in *Cloeon dipterum* and *Baetis rhodani* on the basis of the proportion of the total volume of the gut contents that they occupied" et "When feeding under natural conditions, the larvae of *C. dipterum* et *B. rhodani* ingest mainly detritus, the food material that requires the least expenditure of energy for its collection". Par ailleurs, selon cet auteur, la valeur nutritive du film de micro-organismes qui entoure les particules minérales est mal connue en eau courante et pourrait être importante pour les larves jeunes de ces Baetidae.

Au contraire, RICHARDS & MINSHALL (1988) ont montré que "the functional relationship between *Baetis bicaudatus* density and chlorophyll a was consistent through the summer" sur un petit cours d'eau de l'Idaho. La répartition des Baetidae suivrait la distribution des zones de haute densité algale (RICHARDS & MINSHALL t.c.). Selon BOHLE (1978), la principale cause du drift de *Baetis rhodani* est d'origine trophique : les larves émigrent quand la ressource diminue ou devient impropre à la consommation. KOHLER (1985) suggère que l'"active drift is a component of *Baetis [tricaudatus]* food searching behavior and that individuals abandon habitats by entering the water column when their estimate of habitat quality falls to some threshold level". On peut donc penser que l'évolution de la structure nutritive du périphyton et la disponibilité des particules organiques déposées dans les substrats entraîne une dynamique d'émigration des Baetidae après une semaine. Cette hypothèse paraît en rapport avec notre constat personnel de la diminution -perceptible à l'œil nu- de la couche algale verte sur les substrats végétaux après la première semaine d'immersion.

Mais le régime alimentaire de beaucoup d'Ephémères paraît encore assez mal connu pour être utilisé comme trait biologique sans précaution. Ainsi, selon SHAPAS & HILSENHOFF (1976) les Leptophlebiidae (*Leptophlebia*, *Paraleptophlebia*) du Wisconsin sont herbivores-détritivores -confirmant plusieurs travaux antérieurs- et les Baetidae sont détritivores, avec quelques espèces consommant de grandes quantités d'algues. Selon EDMUNDS & WALTZ (1996) ces deux familles sont "collectors-gatherers, scrapers", avec *Paraleptophlebia* seulement "facultative shredder-détritivore". Le très intéressant travail de PECKARSKY (1986) classe *Paraleptophlebia* dans les "shredders", et d'autre part *Baetis* et *Pseudocloeon* dans les "grazer/collectors". Il montre une croissance des populations de *Paraleptophlebia* sur substrat naturel entre 3 et 42 jours d'exposition, au contraire une décroissance précoce significative chez *Pseudocloeon* et une décroissance d'interprétation plus complexe chez *Baetis*.

L'augmentation des effectifs après une forte précipitation confirme le rôle de la dérive qui "représente le moteur essentiel de la colonisation et qui présente une intensité très forte dans les cours d'eau tropicaux" (DEJOUX et al. 1983).

Malgré sa brièveté, la présente expérience concernant 18 substrats pierreux paraît montrer un preferendum probable de beaucoup d'Ephémères Guyanais pour les végétaux. Les relevés ayant été effectués dans une zone riche en matières organiques et végétaux immergés, il serait intéressant de tester cette expérience sur une vaste zone rocheuse (saut, dalle rocheuse), ce qui permettrait éventuellement de parvenir à des conclusions différentes. Ces observations sont en accord avec les résultats d'EGGLISHAW (1964) qui montrent une préférence de beaucoup d'invertébrés lotiques pour les débris végétaux. RICHARDSON (1992) a observé une nette préférence pour les accumulations de feuilles, comparativement à des feuilles artificielles (substrat inerte au même titre

que les substrats pierreux), par les organismes de type "shredder" mais aussi, dans une moindre mesure, par les "non-shredders". MATHURIAU & CHAUVET (2002) ont d'autre part montré expérimentalement qu'en région néotropicale (Colombie), les litières abritent de très abondantes populations de macroinvertébrés, dont peu de déchetueurs.

6. Comparaison de l'efficacité des deux méthodes SAB et PF sur l'ensemble des sites étudiés

Au simple plan quantitatif, les résultats respectifs obtenus par les substrats artificiels bois et les prélèvements au filet selon notre méthodologie sont remarquablement voisins (Tableaux 5 et 6) : 910 individus contre 855. Qualitativement, les différences sont considérables.

6. 1. Corrélations entre les richesses taxonomiques obtenues par SAB et par PF

a) Richesses taxonomiques totales

On observe une corrélation positive hautement significative entre la richesse totale d'un site observée par la méthode des SAB et celle obtenue par la méthode des PF (corrélation de Pearson, $r = 0.702$, $p < 0.01$) ; les deux méthodes apportent statistiquement une information voisine (courbe de corrélation passant près de l'origine : Fig. 2A, p. 99).

b) Richesses taxonomiques en Leptophlebiidae

Il y a une corrélation positive significative (corrélation de Pearson $r = 0.622$, $p < 0.05$), en faveur de la méthode des SAB, qui récolte davantage de taxons de Leptophlebiidae que les PF (Fig. 2B) : les SAB sont donc les plus performants pour la récolte des Leptophlebiidae.

c) Richesses taxonomiques en Baetidae

On observe une corrélation positive hautement significative entre la richesse en Baetidae par SAB et la richesse en Baetidae par PF (Fig. 2C) (corrélation de Pearson $r = 0.723$, $p < 0.01$), mais la courbe est en faveur de la méthode des PF qui sont donc les plus efficaces pour la récolte des Baetidae.

6. 2. Taxons non communs aux deux méthodes

Dans les limites de nos prélèvements (une seule série de relevés sur deux semaines, sauf sur la crique Maman-Lézard), le nombre de taxons non récoltés obtenu exclusivement par une seule méthode peut toutefois être important (Tableau 7, p. 100). Si les nombres totaux de taxons non récoltés par SAB et par PF sont identiques sur l'ensemble des familles (3,3 en moyenne par station), la méthode des PF est déficiente vis-à-vis des Leptophlebiidae (1,7) et celle des SAB encore plus déficiente vis-à-vis des Baetidae (2,3). En revanche SAB et PF capturent respectivement la quasi-totalité des Leptophlebiidae (déficit de 0,4 seulement) et des Baetidae (0,5).

6.3. Discussion

La plus grande efficacité des SAB pour la récolte des Leptophlebiidae est à rapprocher du comportement de ces derniers sur substrat végétal (type rampant). En Grande-Bretagne, MACAN & KITCHING (1976) ont observé que deux espèces de *Leptophlebia* sont plus "lentes" que deux Cloeoninae et beaucoup plus étroitement inféodées aux substrats végétaux. Les SAB assurent une protection des larves, au-delà du rôle trophique, permettant la présence simultanée de nombreux taxons. Les Baetidae ou "small minnow mayflies" se déplacent beaucoup moins dans les interstices et utilisent surtout les substrats comme support ; leur comportement nageur induit une dérive très élevée et un temps de séjour plus bref sur les substrats, ce qui explique l'efficacité des PF à leur égard. Rappelons que selon WATERS (1964), la recolonisation à 100% d'une aire de substrat

SAB	MLé	Mor	Ira	Org	Gar	CaR	Par	Mal	Sin	Pas	Kar	Mar	Bla	Bou	SaN	Vén	Gré	Kou	TOTAL	
LEPTOPHLEBIIDAE																				
sp. 1	<i>Hagenulopsis minuta</i>	1	1	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
sp. 3	<i>Microphlebia</i> sp.	.	6	.	.	3	.	.	.	.	.	8	.	.	1	.	.	.	18
sp. 4	<i>Miroculis</i> sp.	34	.	.	114	148	1	16	1	1	.	1	.	3	6	.	3	61	389	
sp. 5	<i>Simothraulopsis</i> sp.	.	14	5	10	.	.	1	.	.	.	8	.	.	14	.	.	.	85	
sp. 7	<i>Ulmeritoides</i> sp.	2	1	.	.	2	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	4	.	11
sp. 8	Genus A sp.	6	.	.	5	1	.	1	4	.	.	.	8	4	.	.	.	.	29
sp. 9	Genus U sp.	.	.	.	13	.	.	1	3	.	.	.	.	1	.	.	.	.	18
BAETIDAE																				
sp. 10	<i>Americabaetis</i> sp.	3	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	11	41	.	.	.	1	58
sp. 11	<i>Apobaetis</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1
sp. 12	<i>Aturbina</i> sp. 1	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	3
sp. 14	<i>Aturbina</i> sp. 3	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
sp. 18	<i>Cloeodes</i> sp.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	2	6
sp. 21	<i>Paracloeodes</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	4
sp. 23	<i>Waltzohyphius roberti</i>	1	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	7
sp. 24	<i>Zelus</i> sp.	41	.	.	3	1	.	1	1	.	.	.	53	.	.	.	2	.	102	
LEPTOHYPHIDAE																				
sp. 28	<i>Leptohyphes</i> sp.	1	1	.	30	.	.	.	.	.	.	.	3	3	2	.	.	1	41
sp. 29	<i>Tricorythodes</i> sp.	.	.	2	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	4
CORYPHORIDAE																				
sp. 30	<i>Coryphorus</i> sp.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
EUTHYPLOCIIDAE																				
sp. 31	<i>Campylocia</i> sp.	1	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
CAENIDAE																				
sp. 32	<i>Caenis</i> sp.	.	.	.	.	12	9	.	4	.	76	22	1	4	.	.	3	.	132
POLYMITARCYIDAE																				
sp. 33	<i>Asthenopus</i> sp.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5
sp. 34	<i>Campsurus</i> sp.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
TOTAL par station		137	23	8	186	172	16	20	17	2	76	24	17	142	54	23	10	82	38	910

N.b.: il n'a été retenu qu'un seul relevé de deux semaines (une des deux séries ayant été tirée au sort) à la station Maman Léopard pour la rendre compatible, dans l'AFC, avec le temps de pose de deux semaines retenu pour les autres stations.

Tableau 5. Matrice stations-espèces relative aux SAB aux 18 sites.

Table 5. Sites-species matrix concerning SAB sampling at the 18 study sites.

PF	MLé	Mor	Ira	Org	Gar	CaR	Par	Mal	Sin	Pas	Kar	Mar	Bla	Bou	SaN	Ven	Gré	Kou	TOTAL
sp. 1 <i>Hagenulopsis minuta</i>	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	1	.	9
sp. 2 <i>Hermanella</i> sp.	.	.	n	.	.	.	.	.	n	.	.	.	1	4	n	.	.	.	5
sp. 3 <i>Microphlebia</i> sp.	.	3	o	.	.	.	.	.	o	.	.	.	.	.	.	o	.	.	3
sp. 4 <i>Miroculus</i> sp.	20	.	n	23	1	.	10	.	n	.	.	.	.	2	n	.	14	.	70
sp. 5 <i>Simothraulopsis</i> sp.	.	1	.	28	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	29
sp. 6 <i>Terpides guyanensis</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
sp. 7 <i>Ulmeritoides</i> sp.	.	.	a	.	1	.	1	.	a	.	.	.	.	.	.	a	.	.	2
sp. 8 Genus A sp.	2	.	c	4	.	.	.	.	c	.	.	.	.	3	c	.	.	.	9
sp. 9 Genus U sp.	3	.	c	1	.	.	.	1	c	.	.	.	.	.	c	.	.	.	5
sp. 10 <i>Americabaetis</i> sp.	5	.	e	102	.	.	1	.	e	.	2	.	8	25	e	.	15	.	158
sp. 12 <i>Aturbina</i> sp. 1	3	.	s	1	4	.	1	1	s	.	.	.	.	.	s	3	7	.	20
sp. 13 <i>Aturbina</i> sp. 2	2	13	s	6	.	.	.	7	s	.	.	16	.	.	s	.	.	5	49
sp. 15 <i>Callibaetis</i> sp.	.	.	i	.	.	.	.	.	i	.	2	.	.	.	i	.	.	.	2
sp. 16 <i>Camelobaetidium billi</i>	.	.	b	.	.	.	.	.	b	.	.	.	.	.	b	.	4	.	4
sp. 17 <i>Camelobaetidium janae</i>	.	.	l	2	.	.	.	.	l	.	.	.	.	.	l	.	4	.	6
sp. 18 <i>Cloeodes</i> sp.	19	.	e	4	14	.	.	8	e	.	.	.	.	.	e	3	12	2	62
sp. 19 <i>Cryptonympha</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	9
sp. 20 <i>Harpagobaetis</i> sp.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
sp. 21 <i>Paracloeodes</i> sp.	1	5	p	211	.	.	1	.	p	.	.	15	.	.	p	.	16	.	249
sp. 22 <i>Spiritiops</i> sp.	.	.	a	.	.	.	.	.	a	.	.	.	.	.	a	.	10	.	10
sp. 23 <i>Waltzohyphius roberti</i>	1	.	r	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	r	.	.	.	1
sp. 24 <i>Zelusia</i> sp.	18	.	.	13	6	.	.	.	.	.	.	.	1	14	.	.	3	.	55
sp. 25 Genus E sp.	.	.	.	7	1	.	3	.	.	.	.	1	.	.	.	2	1	.	15
sp. 26 Genus M sp.	.	.	f	.	.	.	.	.	f	.	.	2	.	.	f	.	.	.	2
sp. 27 Genus Z sp.	.	.	i	.	.	.	.	.	i	.	.	2	.	.	i	.	.	.	2
sp. 28 <i>Leptohyphes</i> sp.	2	.	l	50	1	.	1	.	l	.	.	.	.	.	l	.	1	.	55
sp. 29 <i>Tricorythodes</i> sp.	1	.	e	.	.	.	.	.	e	.	.	.	.	.	e	.	.	.	1
sp. 31 <i>Campylocia</i> sp.	1	.	t	.	.	.	.	.	t	.	.	.	.	.	t	.	1	.	2
sp. 32 <i>Caenis</i> sp.	.	2	s	.	.	1	1	1	s	2	1	.	.	.	s	.	.	.	8
sp. 33 <i>Campsurus</i> sp.	3	.	.	.	3	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	9
TOTAL par station	86	24		455	31	1	19	19		2	5	36	10	52		8	100	7	855

Tableau 6. Matrice stations-espèces relative aux PF aux 18 sites.

Table 6. Sites-species matrix concerning PF sampling at the 18 study sites.

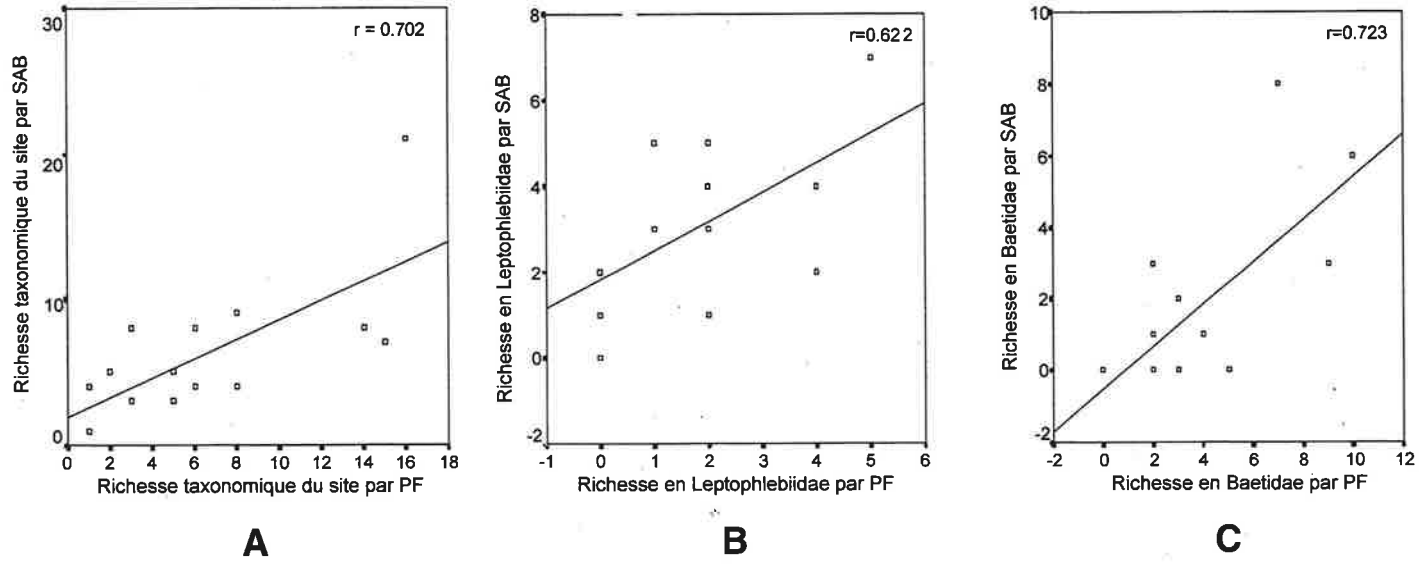


Fig. 2. Corrélations entre les richesses taxonomiques obtenues par PF (abscisses) et par SAB (ordonnées) pour : toutes les familles cumulées (A), les Leptophlebiidae (B), les Baetidae (C).
 Fig. 2. Correlations between taxonomic richnesses obtained by PF (abscisses) and SAB (ordinates) for : all families (A), Leptophlebiidae (B), Baetidae (C).

Stations	Nombres de taxons non récoltés soit par SAB, soit par PF							
	Leptophlebiidae		Baetidae		Autres familles		Total	
	SAB	PF	SAB	PF	SAB	PF	SAB	PF
Maman Lézard	1	3	1	2	0	2	2	7
Morpio	0	2	2	0	1	1	3	3
Organabo	0	0	0	1	0	0	0	1
Gargoulette	0	3	7	0	0	3	7	6
Canal Rémy	0	2	3	0	2	1	5	3
Paracou	1	2	4	1	2	0	7	3
Malmanoury	0	4	2	1	1	0	3	5
Passoura	0	0	0	0	0	0	0	0
Karouabo	0	2	0	0	0	0	0	2
Maripa	0	2	2	0	0	1	2	3
Blanche	0	3	5	1	0	2	5	6
Boulangier	1	0	0	0	0	1	1	1
Vénus	2	2	1	0	0	1	3	3
Grégoire	0	0	3	1	0	0	3	1
Kourou	1	1	5	0	3	4	9	5
Moyenne	0,4	1,7	2,3	0,5	0,6	1,1	3,3	3,3
Ecart-type	0,6	1,3	2,2	0,6	1,0	1,2	2,8	2,1

Tableau 7. Taxons non récoltés par chacune des deux méthodes aux 18 sites.

Table 7. Taxa not collected by each of the two methods at the 18 sites.

dénudée est obtenue entre 4 et 10 jours pour *Baetis vagans*. WILEY & KOHLER (1981) ont mis en évidence la grande instabilité d'une population de *Baetis vagans*, pouvant varier de 1 à 9 individus par 100 cm² en moins de 7 heures. Et il faut encore tenir compte, pour la plupart des cours d'eau guyanais, du fait que "the effectiveness of the swimming ability is greatest in slow water regions, near the shores" (CIBOROWSKI 1987).

Dans les limites de nos relevés, le nombre de taxons récoltés exclusivement par une seule des deux méthodes est important, confirmant la complémentarité de ces dernières. Pour un recensement systématique le plus précis possible, et en particulier sur les cours d'eau lents, les SAB et PF sont donc à utiliser simultanément, les prélèvements au filet n'apportant dans bien des cas qu'une information partielle sur le site étudié. Cette double méthodologie avait d'ailleurs été préconisée par A. Thomas lors de la proposition du protocole de l'étude effectuée pour le compte de la DI-REN (1999-2001).

Enfin, un avantage majeur des substrats artificiels est la supériorité relative à l'accessibilité des sites : ainsi trois sites non prélevables par PF ont pu l'être sans difficulté par SAB.

7. Quelques résultats préliminaires sur l'écologie des Ephéméroptères en Guyane française

7. 1. AFC stations-communautés d'Ephéméroptères

Une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été réalisée (Fig. 3) sur une matrice présence-absence des espèces aux stations (relevés par SAB).

La prise en considération classique des seuls taxons d'abondance supérieure à 5 % aurait éliminé 17 taxons sur les 22 collectés par cette méthode. Aussi a-t-il été indispensable de prendre en compte la richesse totale.

Sur cette analyse tout à fait préliminaire, malgré des pourcentages d'inertie faibles (axe 1 : 19,6 % ; axe 2 : 16,0 %), trois groupes de sites et un site isolé apparaissent nettement :

a) dans la partie positive de l'axe 2, les deux grandes criques Passoura et Karouabo, ainsi que le Canal Rémy, trois cours d'eau en secteur aval (ce sont les trois stations où sont relevées les plus faibles valeurs d'O₂ : en dessous de 3,5 mg/L), rapprochés de la crique Vénus, cette dernière rendue très instable par sa situation d'affluent du Sinnamary en aval immédiat du barrage de Petit-Saut. Dans tous les cas, il s'agit du secteur terminal de cours d'eau, avec un fond vaseux ; le courant y est lent, mais surtout présente une inversion par marnage. La richesse taxonomique est faible ou très faible, avec le seul taxon en commun *Caenis* (32), de loin le plus abondant (et seul présent à Passoura, où la conductivité est nettement la plus élevée des 18 sites). Ceci confirme la tolérance particulière de certaines espèces de ce genre cosmopolite vis-à-vis de ce paramètre (BOUMAIZA & THOMAS 1986). *Ulmeritoides* (7), récolté dans la Karouabo et le Canal Rémy, possède des branchies multi-filamenteuses, tout particulièrement adaptées aux fortes sous-saturations en O₂, à l'instar de celles d'un autre Leptophlebiidae, *Thraulius bellus*, vivant dans le sous-écoulement des berges de rivières européennes (TABACCHI et al 1993).

b) centré de part et d'autre de l'origine, un groupe encore assez hétérogène dans l'état actuel de nos connaissances, rassemblant 10 criques de dimensions modérées (largeur inférieure à 15 m) abritant une richesse taxonomique moyenne à importante.

c) en projection négative sur les deux axes et éloignés sur l'axe 1, les trois fleuves Iracoubo, Kourou et Sinnamary aval (largeur supérieure à 60 m), nettement rapprochés en un groupe homogène (potamal : profondeur relativement importante et fond de sédiments très fortement soumis au marnage). Leur taxon commun est *Campsurus* (34), ce qui en confirme la robustesse déjà constatée par THOMAS et al (2001). Deux autres genres présents à Iracoubo et à Kourou doivent être considérés comme peu polluo-sensibles : *Simothraulopsis* (5) qui vit aussi dans la retenue de Petit-Saut et *Tricorythodes* (29) (voir LENAT 1993).

d) en projection fortement positive sur l'axe 1, la crique Grégoire, isolée. Courant rapide, fond de cailloux et de blocs, et couvert végétal important favorisent le développement d'un rhithron typique. Son point de prélèvement est situé en aval immédiat d'une cascade, le phénomène de dérive expliquant sans doute en partie sa richesse en Baetidae, dont certains n'ont été trouvés qu'à cette station (*Camelobaetidius billi*, *Spiritiops*, *Cryptonympha*, *Apobaetis*).

L'axe 1 représente donc clairement un gradient amont-aval, opposant le rhithral au potamal.

Remarque importante

Un regroupement intéressant de tous les Baetidae est aussi observé très nettement (ellipse en pointillés, Fig. 3). Il traduit la remarquable unité morphoanatomique et fonctionnelle des genres de cette famille, rhéophiles ou pas, qui constituent finalement un ensemble très homogène, comparativement aux autres Ephéméroptères, et en particulier les Leptophlebiidae. On note toutefois sur les SAB l'absence des deux cas "extrêmes", les genres *Callibaetis* et *Camelobaetidius*, de loin les plus typés par la morphologie de leurs griffes tarsales [adaptées dans le premier cas au poser et au

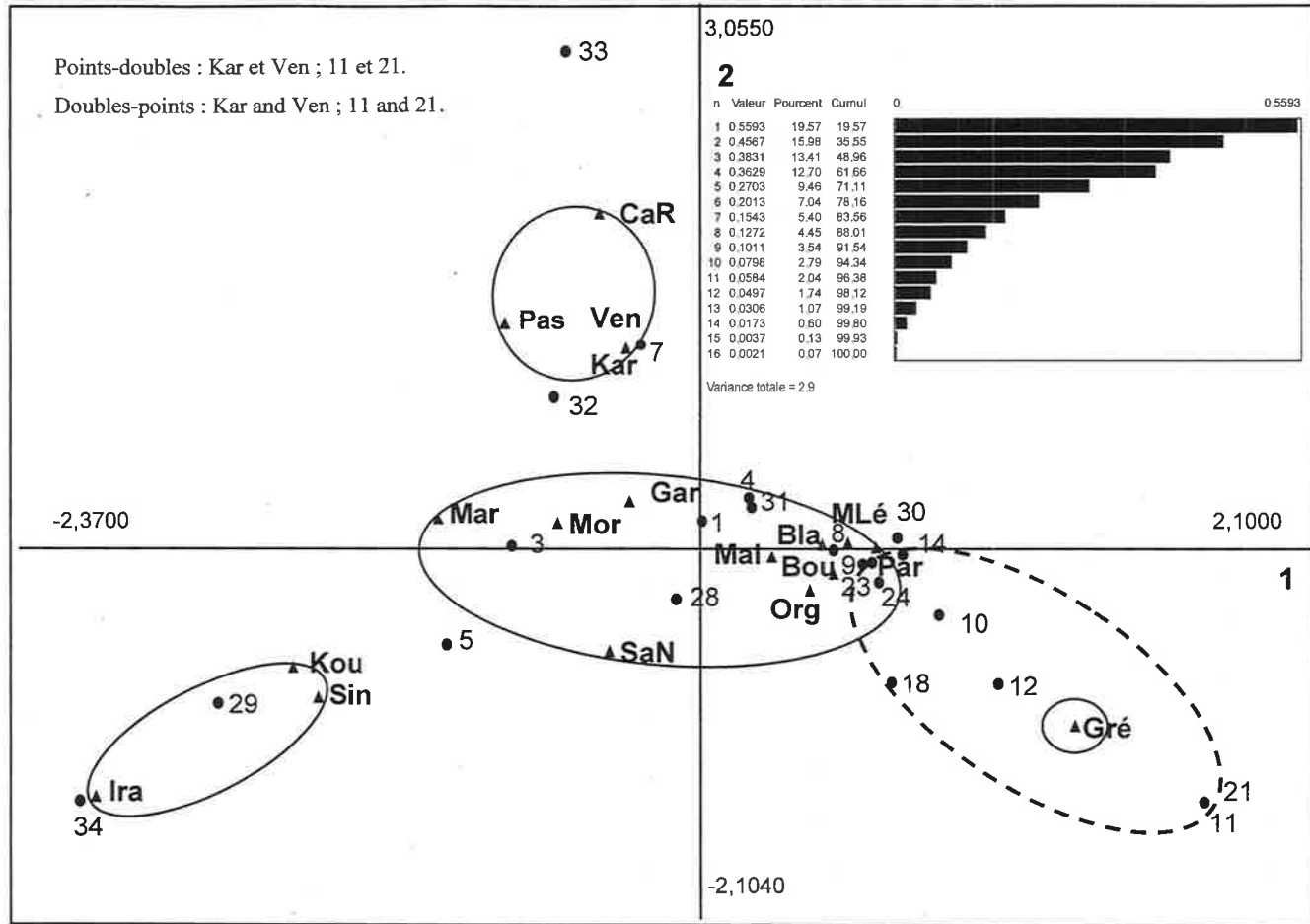


Fig. 3. Analyse Factorielle des Correspondances entre stations et espèces récoltées par SAB. Plan des axes 1-2.

Fig. 3. Factorial Analysis of Correspondences between sites and species collected by SAB. Axes 1-2 are represented.

déplacement sur les sédiments meubles, dans le second au contraire à la possibilité de se maintenir en surface dans les zones de battement de l'eau (THOMAS et al 2003)].

7. 2. Apport de la méthode des substrats artificiels aux résultats antérieurs en Guyane

Lors de la présente étude, certains taxons ont été trouvés plus fréquents et/ou plus abondants que précédemment (ORTH et al. 2001, DOMINIQUE et al. 2001). Ceci peut s'expliquer en partie par la prospection de bassins-versants éloignés les uns des autres, entraînant des fréquences d'occurrence des taxons très variables, pour des causes biogéographiques, endémisme en particulier. Mais il est très probable que la méthode des SAB, inédite en Guyane française, soit le facteur prépondérant dans l'obtention de ces nouveaux résultats.

La méthode des SA a pu permettre de récolter des taxons qui ont jusqu'ici pratiquement échappé aux PF. Ainsi, *Zelus* et *Miroculis* apparaissent dans la présente étude en réalité beaucoup plus fréquents et abondants que ce qui était estimé jusqu'ici sur la base des récoltes antérieures au filet Surber, à la drague et à la benne Eckman (ORTH et al 2001, DOMINIQUE et al 2001). Il en va de même, dans une certaine mesure, par exemple pour *Ulmeritoides*, pour *Microphlebia* et pour le Genre *U*, ces deux derniers ne pouvant plus être considérés comme rares. Or la rareté est souvent interprétée comme synonyme de fragilité et de forte polluosensibilité. L'estimation de la polluosensibilité de ces quatre derniers genres (THOMAS et al in rapport DIREN 2001) doit en conséquence être revue à la baisse. Ceci confirme aussi qu'hormis ce qui concerne *Zelus*, à l'écologie encore inconnue, les représentants de la famille des Leptophlebiidae sont plus tributaire des litières et des débris végétaux que les Baetidae en général.

En ce qui concerne en particulier les petits cours d'eau, sur deux criques échantillonnées lors des deux prospections du programme DIREN on relève en particulier des différences notables :

- ainsi dans la crique Karouabo, échantillonnée en juillet et décembre 1999 (THOMAS & al, 2001) un unique taxon avait été trouvé en juillet (*Callibaetis*) et deux autres en décembre (*Caenis*, *Harpagobaetis*). Le présent échantillonnage par SAB/PF révèle la présence de 5 taxons, dont trois nouveaux pour cette crique (*Miroculis*, *Ulmeritoides* et *Americabaetis*), deux d'entre eux récoltés exclusivement par substrat artificiel (*Miroculis* et *Ulmeritoides*).

- les listes taxonomiques de la crique Malmanoury obtenues par les deux procédures d'échantillonnage (juillet et novembre 2000, versus janvier 2003) apparaissent aussi sensiblement différentes. L'utilisation de SA a permis de répertorier de nouveaux taxons : *Miroculis*, *Hagenulopsis*, Genre *U*, *Zelus* et *Caenis*.

Dans les deux cas, les substrats artificiels permettent une bien meilleure estimation de la qualité de l'eau de ces criques.

L'Annexe 1 (p. 107) prend en compte pour chaque taxon les valeurs les plus défavorables observées de quelques paramètres écologiques limitants (teneur minimale en O₂, turbidité maximale, température maximale, conductivité maximale et pH minimal).

8. Limites de la méthode et améliorations suggérées

Sur un plan écologique, la présente recherche confirme la structure des peuplements d'invertébrés benthiques de maints cours d'eau d'Amérique du Sud, peuplements fortement diversifiés mais dominés par quelques taxons abondants s'opposant à un grand nombre de taxons peu abondants ou rares. Une telle structure rend difficile la récolte exhaustive des taxons d'un site, d'où l'utilité d'employer plusieurs méthodes de prélèvement en parallèle.

Les substrats artificiels présentent aussi un avantage dans l'accessibilité aux sites, l'opérateur n'ayant pas à pénétrer dans l'eau pour effectuer les prélèvements ; ce facteur est à prendre en compte en Guyane, où l'accessibilité est un problème majeur sur de nombreux sites.

Suite à ces résultats préliminaires, plusieurs améliorations de la méthode des substrats artificiels peuvent être suggérées :

8. 1. Durée d'immersion

Les travaux précédents réalisés en métropole ou en région tempérée font état d'une grande variabilité du temps nécessaire à l'atteinte de la stabilité ou du "déséquilibre stable" : de 8 jours (ULFSTRAND 1968) à l'absence de stabilisation après dix semaines (LAPCHIN 1977).

Notre travail montre des stratégies de colonisation très différentes pour les deux familles majeures d'Ephémères en Guyane et la présence de nombreux taxons rares, et donc la nécessité, lors d'une étude de cours d'eau exhaustive, de devoir relever des substrats artificiels après des durées d'immersion différentielles d'une, deux et si possible trois semaines. Ce point est à prendre tout particulièrement en considération si le but recherché est la détermination d'un indice biotique de type score moyen, basé sur une liste taxonomique aussi complète que possible.

8. 2. Nombre de substrats et microhabitats

Le nombre de 3 substrats a été considéré ici comme unité d'échantillonnage, en raison du grand nombre de stations à prospector. Une unité d'échantillonnage de 5 ou 6 substrats aurait été nettement plus satisfaisante au plan statistique. Or, à une station donnée, l'obtention de la richesse taxonomique maximale entraîne l'obligation de prospector des vitesses de courant différentes donc des microhabitats différents ; on privilégiera donc la conservation de l'unité d'échantillonnage à 3 substrats, mais répliquée simultanément dans plusieurs microhabitats du cours d'eau à étudier.

8. 3. Taille du substrat

La taille des substrats artificiels a été déterminée de façon à obtenir des structures aisées à manipuler. Ces substrats ont un volume d'environ 3300 cm³. Dans une expérience d'échantillonnage par substrats artificiels de différentes tailles, GILLER & CABELL (1989) observent que les plus grands substrats sont les plus favorables pour rendre compte de la diversité du milieu, les plus petits ne collectant pas tous les taxons du cours d'eau échantillonné. Pour la faune belge, De PAUW et al. (1986) préconisent un volume optimal compris entre 2250 et 5000 cm³. A l'avenir, nous envisageons de porter le volume à 5000 cm³.

8. 4. Lessivage des substrats

Le phénomène de lessivage des substrats est un des facteurs limitant l'efficacité des ces derniers. Non mesurable directement, il doit cependant diminuer le nombre d'invertébrés dans les substrats lors du relevage (particulièrement pour des taxons à forte mobilité comme la majorité des Baetidae). Il faudrait par la suite envisager l'intégration d'un système de filet ou de structure filtrante escamotable, associée au substrat dans le but de capturer les organismes nageurs lors du relevage.

Remerciements

C'est pour nous un plaisir de remercier en tout premier lieu Laurent Guillemet du Laboratoire HYDRECO pour son aide précieuse et efficace sur le terrain, ainsi que toute l'équipe de ce laboratoire, avec en particulier Sandrine Richard, Cécile Reynouard, et Benoît Burban pour les analyses de chimie, Philippe Cerdan et Régis Vigouroux. La DIREN de Cayenne a permis la réalisation de cette étude (GLEMET 2003) en assurant son financement.

Nous tenons également à remercier Sébastien Brosse pour son aide relative au traitement statistique des données ainsi que Nicolas Péru pour son soutien moral et ses conseils avisés. Enfin, nous remercions les bibliothécaires de l'unité, Mesdames Geneviève Guiraud, Dominique Pantalacchi et Marie-Paule Cance qui nous ont aidés avec beaucoup de dévouement et de compétence.

Travaux cités

- BENKE, A.C. & D.I. JACOBI. 1986. Growth rates of mayflies in a subtropical river and their implications for secondary production. *Journal of the North American Benthological Society*, **5** (2) : 107-114.
- BOHLE, A.W. 1978. Beziehungen zwischen dem Nahrungsangebot, der Drift und der räumlichen Verteilung bei Larven von : *Baetis rhodani* (Pictet) (Ephemeroptera : Baetidae). *Archiv für Hydrobiologie*, **84** (4) : 500-525.
- BOUMAIZA, M. & A. THOMAS. 1986. Répartition et écologie des Ephéméroptères de Tunisie (1ere partie) (Insecta, Ephemeroptera). *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, **63** (4) : 567-599.
- BROWN, D.S. 1961. The food of the larvae of *Chloëon dipterum* (sic) L. and *Baetis rhodani* (Pictet) (Insecta, Ephemeroptera). *Journal of Animal Ecology*, **30** : 55-75.
- CIBOROWSKI, J.J.H. 1987. Dynamics of drift and microdistribution of two mayfly populations : a predictive model. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **44** (4) : 832-845.
- CIBOROWSKI, J.J.H. & H.F. CLIFFORD. 1984. Short-term colonisation patterns of lotic macroinvertebrates. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **41** (11) : 1626-1635.
- CIBOROWSKI, J.J.H. & L.D. CORKUM. 1980. Importance of behaviour to the re-establishment of drifting Ephemeroptera. Pp 321-330 in J.E. Flannaghan & K.E. Marshall (eds) : *Advances in Ephemeroptera biology*, Plenum Press, New York.
- CROSSMAN, J.S. & J. CAIRNS Jr. 1974. A comparative study between two different artificial substrate samplers and regular sampling techniques. *Hydrobiologia*, **44** (4) : 517-522.
- DEJOUX, C., J.M. JESTIN & J.J. TROUBAT. 1983. Validité de l'utilisation d'un substrat artificiel dans le cadre d'une surveillance écologique de rivières tropicales traitées aux insecticides. *Revue d'Hydrobiologie tropicale*, **16** (2) : 181-193.
- DOMINIQUE, Y., A. THOMAS, C. DAUTA & V. HOREAU. 2001. Les Ephémères de la Guyane française. 4. Premier complément à l'inventaire générique, à but de biosurveillance : les Baetidae (Ephemeroptera). *Ephemera*, 2000, **2** (2) : 93-103.
- DUDGEON D., & K.K.Y. WU 1999. Leaf litter in a tropical stream: food or substrate for macroinvertebrates? *Archiv für Hydrobiologie*, **146** (1) : 65-82.
- EDMUNDS, G.F. & R.D. WALTZ. 1996. Ephemeroptera. Pp 126-163 in : R.W. Merritt & K.W. Cummins (eds), *An introduction to the aquatic insects of North America*, 3rd edition, Kendall/Hunt, Dubuque.
- EGGLISHAW, H.J. 1964. The distributional relationship between the bottom fauna and plant detritus in streams. *Journal of animal Ecology*, **33** : 463-476.
- GLEMET, R. 2003. Etude de l'écologie et du potentiel bioindicateur des Ephéméroptères de Guyane Française par prélèvements à l'aide de substrats artificiels. Diplôme d'Etudes Supérieures Universitaires, Université Paul Sabatier, Toulouse, 98 pp.
- GILLER, P.S. & R.B.N. CABBELL. 1989. Colonisation patterns of mayfly nymphs (Ephemeroptera) on implanted substrate trays of different size. *Hydrobiologia*, **178** (1) : 59-71.
- HILSENHOFF, W.L. 1969. An artificial substrate device for sampling benthic stream invertebrates. *Limnology and Oceanography*, **14** (3) : 465-471.
- HOREAU, V. & S. RICHARD. 1996. La mise en eau de la retenue hydroélectrique de Petit Saut (Guyane). Hydrochimie et hydrobiologie 1- du fleuve Sinnamary avant la mise en eau, 2- de la retenue pendant la mise en eau, 3- du fleuve en aval. Thèses de Doctorat, Université de Marseille I, Saint Charles, 431 pp.
- JACKSON, J.K. & B.W. SWEENEY. 1995. Egg and larval developmental times for 35 species of tropical stream insects from Costa Rica. *Journal of the North American Benthological Society*, **14** (1) : 115-130.
- JONES, J.R.E. 1950. A further ecological study of the river Rheidol : the food of the common insects of the main stream. *Journal of animal Ecology*, **19** : 159-174.
- KHALAF, G. & H. TACHET. 1977. La dynamique de colonisation des substrats artificiels par les macroinvertébrés d'un cours d'eau. *Annales de Limnologie*, **13** (2) : 169-190.
- KOHLER, S.L. 1985. Identification of stream drift mechanisms : an experimental and observational approach. *Ecology*, **66** (6) : 1749-1761.
- LAPCHIN, L. 1977. Utilisation de substrats artificiels pour l'étude des populations d'invertébrés benthiques. Résultats préliminaires dans un ruisseau à Salmonidés de Bretagne. *Annales d'Hydrobiologie*, **8** (1) : 33-44.
- LENAT, D.R. 1993. A biotic index for the southeastern United States : derivation and list of tolerance values,

- with criteria for assigning water-quality ratings. *Journal of the North American Benthological Society*, **12** (3) : 279-290.
- MACAN, T.T. & A. KITCHING. 1976. The colonization of squares of plastic suspended in midwater. *Freshwater Biology*, **6** (1) : 33-40.
- MATHOOKO J. M., & K. M. MAVUTI 1992. Composition and seasonality of benthic invertebrates, and drift in the Naro Moru River, Kenya. *Hydrobiologia*, **232** (1) : 47-56.
- MATHURIAU, C. 2002. Les macroinvertébrés des cours d'eau andins du Sud-Ouest de la Colombie : écologie et bioindication. Thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse III. 310 pp + annexes.
- MATHURIAU, C. & E. CHAUVET. 2002. Breakdown of leaf litter in a neotropical stream. *Journal of the North American Benthological Society*, **21** (3) : 384-396.
- ORTH, K., A. THOMAS, C. DAUTA, V. HOREAU, S. BROSSE & C. ADEMME. 2001. Les Ephémères de la Guyane Française. 1. Premier inventaire générique, à but de biosurveillance (Ephemeroptera). *Ephemera*, 2000, **2** (1) : 25-38.
- PAUW, N. DE, D. ROELS & A. P. FONTOURA. 1986. Use of artificial substrates for standardized sampling of macroinvertebrates in the assessment of water quality by the Belgian Biotic Index. *Hydrobiologia*, **133** (3) : 237-258.
- PECKARSKY, B. 1986. Colonization of natural substrates by stream benthos. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **43** (4) : 701-709.
- PRINGLE, C.M. & A. RAMIREZ. 1998. Use of both benthic and drift sampling techniques to assess tropical stream invertebrate communities along an altitudinal gradient, Costa Rica. *Freshwater Biology*, **39** : 359-373.
- RICHARDS, C. & G.W. MINSHALL. 1988. The influence of periphyton abundance on *Baetis bicaudatus* distribution and colonisation in a small stream. *Journal of the North American Benthological Society*, **7** (2) : 77-86.
- RICHARDSON, J.S. 1992. Food, microhabitats, or both ? Macroinvertebrates use of leaf accumulations in a montane stream. *Freshwater Biology*, **27** (2) : 169-176.
- ROSENBERG, D.M. & V.H. RESH. 1982. The Use of Artificial Substrates in the Study of Freshwater Benthic Macroinvertebrates. Ch. 6 in Cairns Jr. (ed.) *Artificial substrates*, Ann Arbor Science Publ., Michigan.
- ROUX, A.L., H. TACHET & M. NEYRON. 1976. Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône français. III. Une technique simple et peu onéreuse pour l'étude des macroinvertébrés benthiques des grands fleuves. *Bulletin d'Ecologie*, **7** (4) : 493-496.
- SHAW, D.W. & G.W. MINSHALL. 1980. Colonization of an introduced substrate by stream macroinvertebrates. *Oikos*, **34** (3) : 259-271.
- SHAPAS, T.J. & W.L. HILSENHOFF. 1976. Feeding habits of Winconsin's predominant lotic Plecoptera, Ephemeroptera, and Trichoptera. *The Great Lakes Entomologist*, **9** (4) : 175-188.
- TABACCHI, E., H. DÉCAMPS, & A. THOMAS. 1993. Substrate interstices as a habitat for larval *Thraulius bellus* (Ephemeroptera) in a temporary floodplain pond. *Freshwater Biology*, **29** (3) : 429-439.
- THOMAS, A., K. ORTH & Y. DOMINIQUE. 2001. Etude des éphéméroptères de la Guyane française : systématique, répartition géographique et élaboration d'un indice de qualité des eaux (SMEG). In IRD : Qualité des eaux des rivières de Guyane.
- THOMAS, A., Y. DOMINIQUE & K. ORTH. 2005. Les Ephémères de la Guyane Française. 12. Description de *Guajiroilus flowersi* n. sp. (Ephemeroptera, Baetidae). *Ephemera*, 2004 (2005), **6** (1) : 21-29.
- THOMAS, A., N. PERU & V. HOREAU. 2003. Les Ephémères de la Guyane Française. 8. Description de *Camelobaetidius matilei* n. sp. et clé de détermination des espèces guyanaises de ce genre (Ephemeroptera, Baetidae). *Ephemera*, 2001 (2003), **3** (2) : 123-133.
- ULFSTRAND, S. 1968. Benthic animal communities in Lapland streams. *Oikos*, Suppl. 10 : 120 pp.
- WATERS, T.F. 1964. Recolonization of denuded stream bottom areas by drift. *Transactions of the American Fisheries Society*, **93** : 311-315.
- WILEY, M.J. & S.L. KOHLER. 1981. An assessment of biological interactions in an epilithic stream community using time-lapse cinematography. *Hydrobiologia*, **78** (2) : 183-188.
- WILLIAMS, D.D. 1980. Temporal patterns in recolonization of stream benthos. *Archiv für Hydrobiologie*, **90** (1) : 56-74.

Paramètres TAXONS	O2 moyen		O2 mini.	Turbidité (°NTU)			Temp. maxi.	pH mini.
	mg/L	σ	mg/L	moy.	σ	maxi.	°C	
<i>Hagenulopsis minuta</i>	5,8	1,2	7,0	4,1	1,7	6,3	24,5	4,1
<i>Hermanella</i> sp.	7,0**	-	6,8	4,4**	-	5,5	23,7	5,2
<i>Microphlebia</i> sp.	5,7	0,7	4,8	3,2	1,7	6,3	24,5	4,1
<i>Miroculis</i> sp.	5,5	1,4	3,2	6,6	6,2	23,9	27,2	4,8
<i>Simothraulopsis</i> sp.	5,4	0,9	4,2	6,5	4,8	13,0	26,1	4,1
<i>Terpides guyanensis</i>	6,0*	-	6,0*	4,3*	-	4,3*	23,6	5,5
<i>Ulmeritoides</i> sp.	5,0	1,3	3,2	7,0	7,7	23,9	27,2	4,1
Genus A sp.	6,0	3,3	4,2	5,5	3,3	12,3	24,7	4,8
Genus U sp.	5,6	1,0	4,2	5,3	3,5	12,3	24,7	4,8
<i>Americabaetis</i> sp.	6,0	1,3	3,2	4,5	3,7	12,3	26,8	4,8
<i>Apobaetis</i> sp.	6,8*	-	6,8*	1,8*	-	1,8*	24,0	6,0
<i>Aturbina</i> sp. 1	5,8	0,8	4,2	5,5	3,5	12,3	24,7	4,8
<i>Aturbina</i> sp. 2	5,5	0,8	4,2	6,2	4,4	12,3	26,4	4,1
<i>Aturbina</i> sp. 3	6,0*	-	6,0*	4,3*	-	4,3*	23,6	5,5
<i>Callibaetis</i> sp.	3,2*	-	3,2*	1,8*	-	1,8*	26,8	5,8
<i>Camelobaetidius billi</i>	6,8*	-	6,8*	1,8*	-	1,8*	24,0	6,0
<i>Camelobaetidius janae</i>	6,6**	-	6,3	7,0**	-	12,3	24,6	4,8
<i>Cloeodes</i> sp.	5,8	0,8	4,2	6,4	3,7	12,3	26,1	4,8
<i>Cryptonympha</i> sp.	6,8*	-	6,8*	1,8*	-	1,8*	24,0	6,0
<i>Harpagobaetis</i> sp.	6,3*	-	6,3*	12,3*	-	12,3*	24,6	4,8
<i>Paracloeodes</i> sp.	6,0	0,7	4,8	4,4	4,0	12,3	24,7	4,1
<i>Spiritops</i> sp.	6,8*	-	6,8*	1,8*	-	1,76*	24,0	6,0
<i>Waltzohyphius roberti</i>	6,4	0,4	6,0	6,6	5,0	12,3	24,6	4,8
<i>Zelusia</i> sp.	6,1	0,9	4,2	5,0	3,3	12,3	24,7	4,8
Genus E sp.	6,1	0,4	5,5	5,5	4,0	12,3	24,7	4,8
Genus M sp.	6,1*	-	6,1*	2,7*	-	2,7*	24,1	5,2
Genus Z sp.	6,1*	-	6,1*	2,7*	-	2,7*	24,1	5,2
<i>Leptohyphes</i> sp.	6,1	0,7	4,8	5,5	3,6	12,3	26,1	4,1
<i>Tricorythodes</i> sp.	5,4	0,6	4,6	8,7	4,1	13,0	26,1	5,0
<i>Coryphorus</i> sp.	6,0*	-	6,0*	4,3*	-	4,3*	23,6	5,5
<i>Campylocia</i> sp.	6,1	0,7	5,5	4,1	2,3	6,3	24,0	5
<i>Caenis</i> sp.	4,8	1,7	1,1	6,4	6,4	23,9	27,2	4,1
<i>Asthenopus</i> sp.	3,2*	-	3,2*	23,9*	-	23,9*	27,2	5,7
<i>Campsurus</i> sp.	5,3	0,9	4,2	6,7	4,1	13,0	27,4	5

* : une seule station. ** : deux stations.

Annexe 1. Valeurs moyennes et extrêmes de quelques paramètres abiotiques majeurs pour chaque taxon.

Annex 1. Average and extreme values of some major abiotic parameters related to taxa.