

*Dr. W. Peters with the author's compliments*

---

ANNALES DE LIMNOLOGIE, t. 4, fasc. 2, 1968 : p. 235-263

---

PRIVATE LIBRARY  
OF WILLIAM L. PETERS

**LE MACROBENTHOS SUR DES SUBSTRATS  
DE POLYÉTHYLÈNE DANS LES EAUX COURANTES**

**2. — LA STEINACH,  
UNE RIVIÈRE DE LA ZONE A TRUITE**

par W. BESCH et W. HOFMANN.

**1. — INTRODUCTION**

La première partie de ce travail concernait la colonisation de substrats de polyéthylène (TK) par la macrofaune benthique dans la Kinzig, rivière de la Forêt Noire. La température moyenne de l'eau durant l'été déterminait l'appartenance de la portion étudiée de cette rivière aux zones inférieure à truite et supérieure à barbeau. Les résultats publiés ici ont été obtenus par les mêmes méthodes. Les substrats artificiels constitués de plaques de polyéthylène blanc (Lupo'en 604 DX, densité 0.942 du « Badische Anilin und Soda-fabrik »), toutes de même dimension ( $2 \times 342$  cm<sup>2</sup>), flottaient en position verticale, sous la surface de l'eau.

La figure 1 montre les stations d'exposition des plaques le long de la Steinach, rivière des montagnes Odenwald (au nord-est de Heidelberg). Les nombres apparaissant à chaque station indiquent l'altitude en mètres au-dessus du niveau de la mer. Les différences relativement grandes entre les altitudes témoignent de la forte pente de ce cours d'eau. Dans toute la portion étudiée de la rivière, les eaux sont en grande partie turbulentes.

Alors que dans la Kinzig, les effets considérables de la pollution se manifestaient seulement sur des distances relativement courtes avant de disparaître entièrement, dans la Steinach, au contraire, on pouvait discerner clairement des sections du ruisseau montrant divers degrés de pollution et leurs conséquences :

1. — Une section loin en aval, s'étendant du confluent de la Neckar à la sortie du système d'égouts de Schönau. Les quelques 4 200 m<sup>3</sup> d'eau de vidange qui s'écoulent quotidiennement dans la

1. Avec l'aide de la Deutsche Forschungsgemeinschaft.

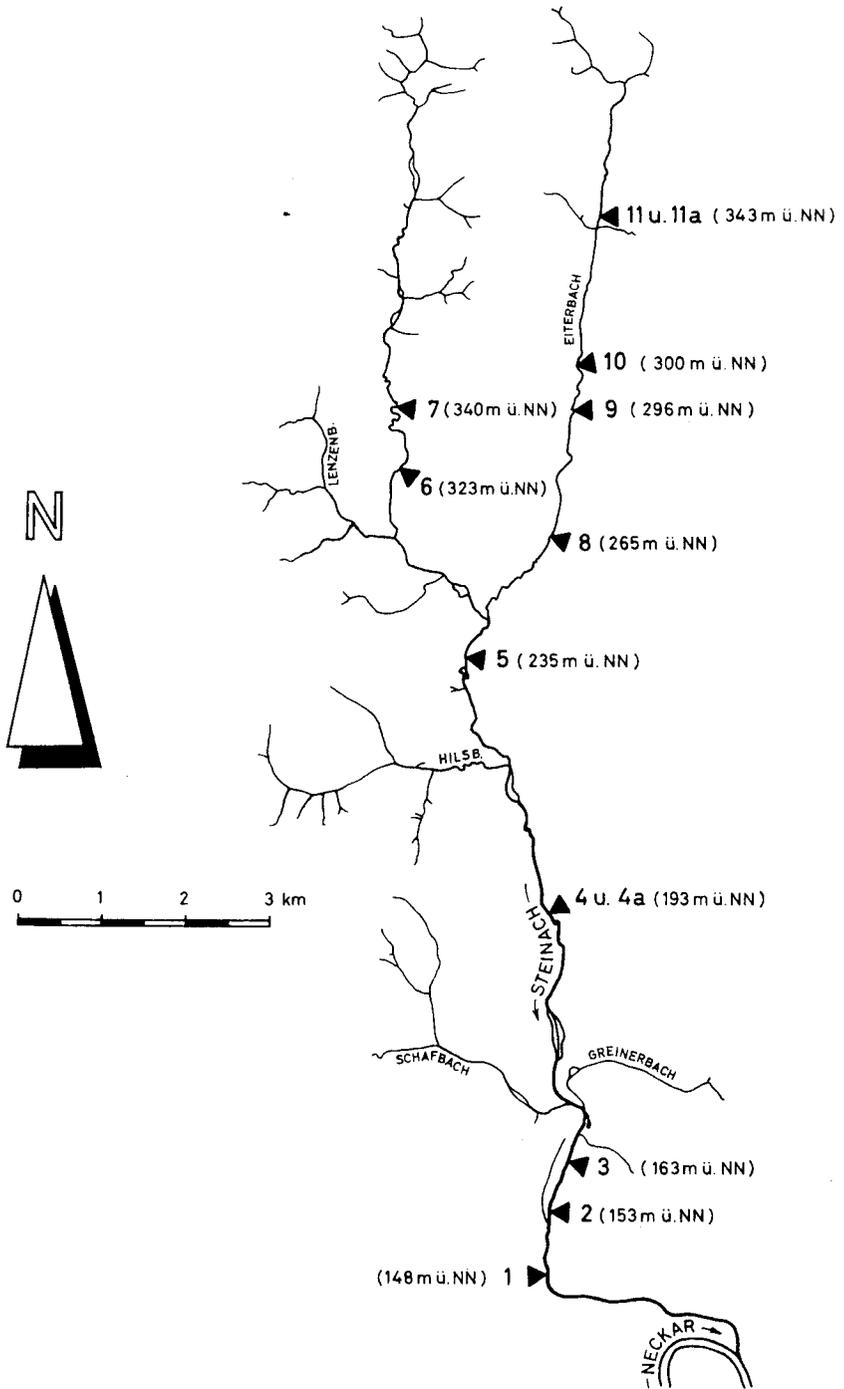


Fig. 1 : Stations d'exposition des plaques de polyéthylène le long de la Steinach. A chaque station, l'altitude est indiquée en mètres au-dessus du niveau de la mer.

Steinach à ce point, proviennent surtout d'une manufacture de cuir.

Avant d'être déversées dans la rivière, ces eaux doivent d'abord circuler dans un réservoir, où elles sont soumises à un agent de précipitation,  $\text{FeSO}_4$ .

Lorsque le niveau d'eau est très bas et aux endroits de courant faible, la teneur en oxygène dissous dans cette section diminue considérablement; elle est devenue parfois presque nulle, durant l'été.

Les plaques sont recouvertes d'une épaisse couche de champignons filiformes et de bactéries d'eaux polluées imprégnés d'une coloration brune due à la précipitation de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . La macrofaune benthique se compose uniquement de Tubificidae et de Chironomidae.

2. — Une section allant de la sortie du système d'égouts de la manufacture de cuir jusqu'à la décharge d'égouts domestiques recueillant les eaux déversées de plusieurs points dans le village de Schönau.

TK 3 est localisée dans cette région. Aux périodes où le niveau d'eau baisse, le lit de la rivière se recouvre d'une couche blanche constituée surtout de bactéries filiformes d'eaux polluées.

3. — Une dernière section constituée de tout le reste de la rivière, depuis Schönau jusqu'à TK 7 dans la portion la plus en amont de la Steinach et TK 11 dans la partie la plus en amont de la rivière Eiterbach, principal tributaire de la Steinach. A cet endroit, la quantité de déchets organiques à haute consommation d'oxygène est plus basse qu'ailleurs. La forte aération de la rivière Steinach assure pendant toute l'année, une teneur en oxygène rarement inférieure à 7-8 mg/litre. Le système d'égouts du village de Unterabtssteinach cause une forte demande biologique en oxygène (DBO) immédiatement en aval du village; mais la décomposition se fait en grande partie dans la section en amont de TK 7.

TK 6 et 9 étaient presque entièrement couvertes (90 %) de grains de sable; TK 10, 11 et 11 a l'étaient à 80 %. La vitesse du courant agissant directement sur la plaque constitue aussi un facteur important (consulter la partie I, page 338). BACKHAUS [1967] souligne que la nature des algues du bioderme dépend de l'exposition au courant. La dernière ligne du tableau 3 donne des indications qualitatives de l'écoulement dans le voisinage immédiat des TK.

## 2. — LES STATIONS TÉMOINS

TK 4 et 4 a, de même que 11 et 11 a, formaient des paires de plaques amarrées pratiquement au même endroit. TK 4 a, située dans une petite baie, se trouvait plus à l'ombre et moins exposée au cou-

Tagesmittel der Abflüsse / Steinach (Odenwald)  
7 ds. vor Absammlung

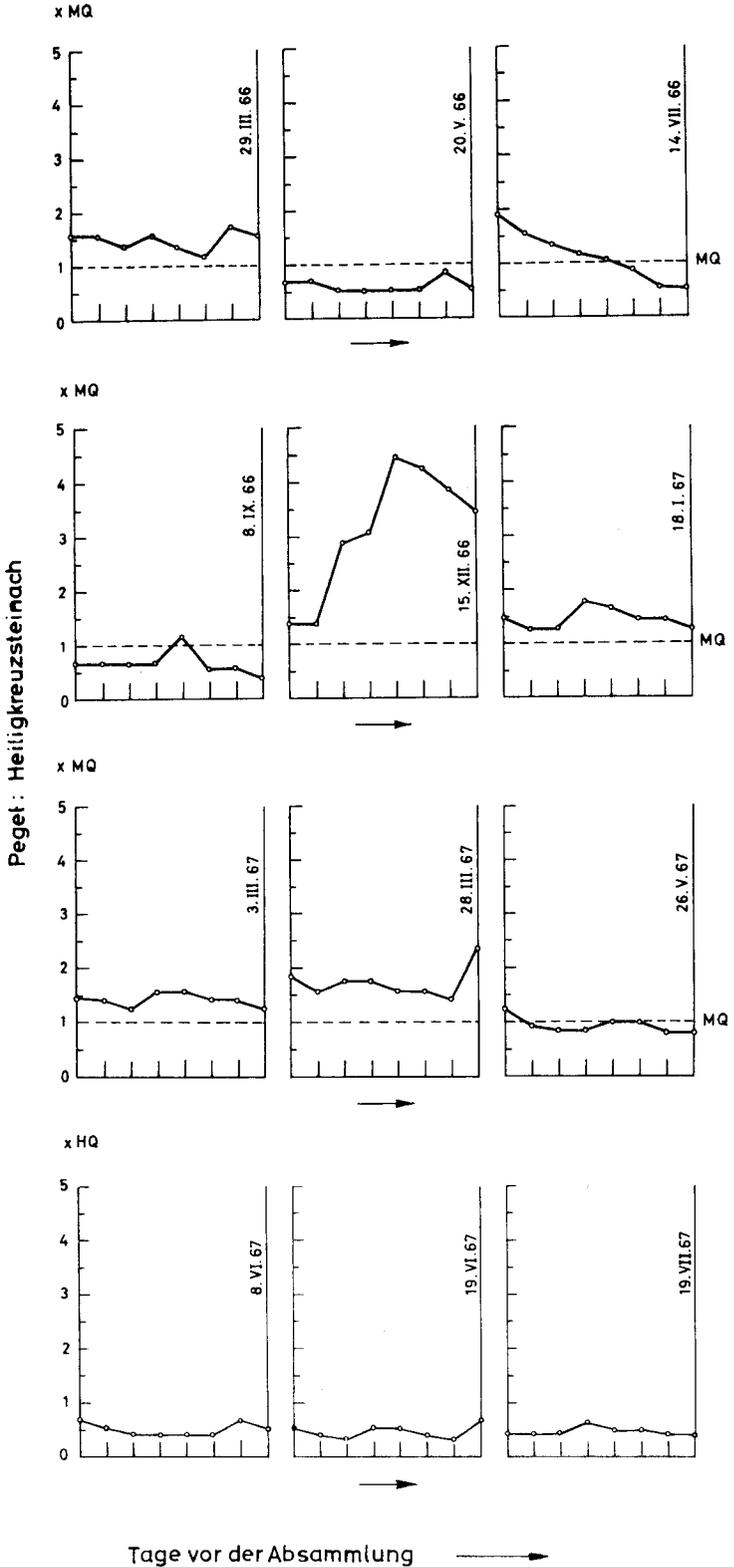


FIG. 2 : Moyennes journalières d'écoulement (m<sup>3</sup>/sec) de la Steinach, sept jours avant chaque prélèvement par rapport à la valeur moyenne annuelle (MQ).

rant que TK 4. Par conséquent, TK 4 était surtout colonisée par des algues alors qu'en 4 a, les Ciliés sessiles étaient plus abondants. Il s'est avéré presque impossible d'installer deux plaques dans des conditions identiques, de façon à obtenir des résultats témoins. Toutefois, TK 11 et 11 a se trouvaient soumises à des conditions grandement similaires. De plus TK 1 et TK 2, bien que distantes de 1 000 m environ, ont pu jouer le rôle de témoin, car elles étaient toutes les deux installées dans la section la plus polluée de la rivière.

TK No.	DBO mg/l 48 hs	NO <sub>2</sub> mg N/l	NH <sub>4</sub> mg N/l	Cl- mg/l	KM <sub>n</sub> O <sub>4</sub> -Cons. mg/l	Coliforms/ ml
1	> 8	0.05-241	0.60-1875	—	—	—
2	9.1	0.02-0.03	0.62-2.43	30.3-40	16.1-25.5	850
3	4.4-8	0.013-0.125	0.31-1.466	8.1-8.3	7.3-9.7	900
4	3.3-3.6	0.018-0.108	0.41-0.873	7.4	8.5	260
5	3.6-6.5	0.013-0.044	0.22-0.629	7.5	8.2-13.5	80
6	0.8-1.6	0.010-0.05	0.145-0.53	7.4-84	8.0-14.1	70
7	0.8	0.042	0.118	—	—	—
1.5 km en amont de						
7	2.5-3.1	0.054-0.347	0.85-1.348	10.3	10.6	—
8	0.7-2.1	0.008-0.011	0.16-0.25	4.7-5.3	6.1-8.9	140
11	0.4	0.013-0.014	0.22	4.5-5.3	5.8-8.8	25

TABLEAU 1. — Valeurs chimiques et bactériologiques obtenues par le Laboratoire de la « Landesstelle für Gewässerkunde » montrant l'apport des eaux polluées dans la Steinach. (Valeurs tirées d'échantillons individuels prélevés au hasard, lors d'un écoulement supérieur à la moyenne.)

Le tableau 1 donne des valeurs indicatrices, obtenues par analyse chimique, du degré de pollution causé par la présence de matière organique oxydable. (Il est à souligner que tous ces échantillons ont été recueillis à un moment où le niveau d'eau était supérieur à la moyenne.)

	°C	O <sub>2</sub> -saturation en %
TK 1	17°	10 %
TK 2	15°	16 %
TK 4/4 a	15.1°	64 %
TK 5	13.7°	74 %
TK 6	14.4°	92 %
TK 7	16°	100 %
TK 8	13°	88 %
TK 9	15°	100 %
TK 11/11 a	13°	100 %

TABLEAU 2. — Teneurs minimales en oxygène dissous, obtenues par l'analyse d'échantillons pris au hasard dans le voisinage immédiat de TK, pendant l'été 1967.









4. — RÉSULTATS (MACROBENTHOS)

4.1. — Le groupe *Cricotopus-Orthocladius* (s. str.) (fig. 3).

Ce groupe abonde tout le long de la portion étudiée de la rivière. Alors que dans la Kinzig il occupait la première place quant au nombre d'espèces présentes, il est ici repoussé au second rang par *Eukiefferiella*. L'abondance du groupe semble conditionnée par la présence d'un minimum de bioderme. En effet, on a rarement pu recueillir plus de 2 cm<sup>2</sup> de bioderme sur les plaques TK 11 et 11 a.

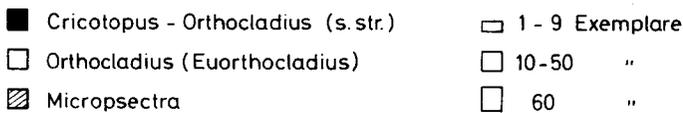
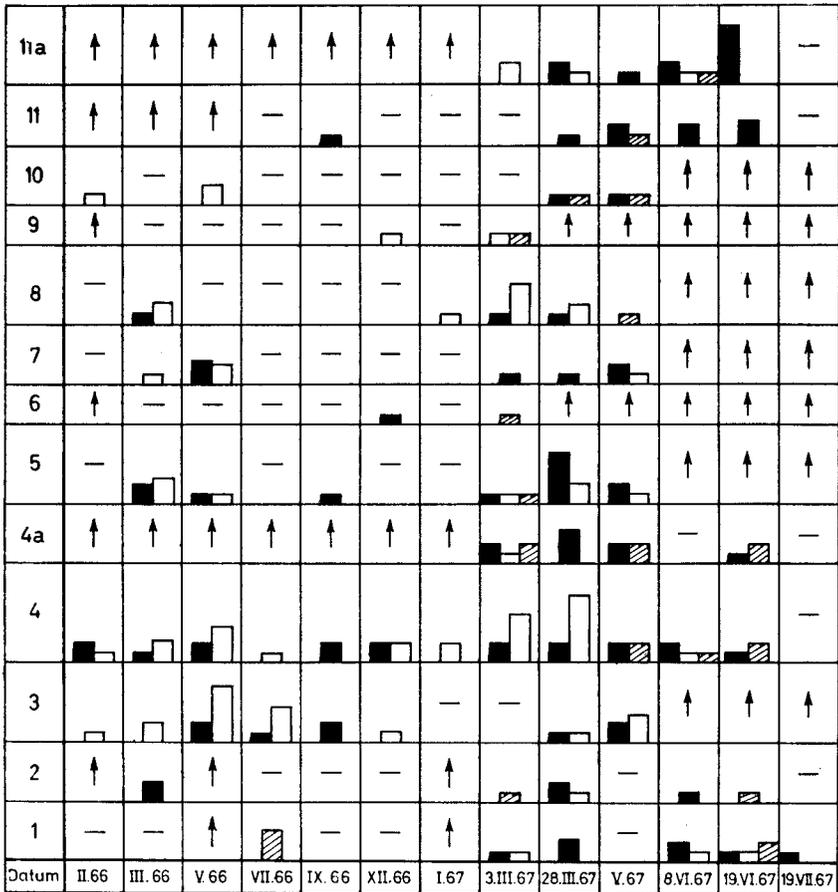


FIG. 3 : Abondance des espèces chez les groupes *Cricotopus-Orthocladius*, *Micropsectra* et *Orthocladius*. Les flèches indiquent des prélèvements manquants.

La plupart des spécimens de ce groupe récoltés à cette station (voir le tableau 3) proviennent des 2 échantillons prélevés en juin 1967, au moment où le bioderme abondait (8 à 10 cm<sup>3</sup>). Ceci explique pourquoi la fréquence d'individus de ce groupe diffère tellement de la valeur moyenne prévue à toutes les stations et dans tous les échantillons (fig. 12). Sans les échantillons de juin en effet, on aurait obtenu les mêmes proportions qu'en TK 6, 8, 9 et 10, situées dans des zones où se produit généralement une forte sédimentation de sable. Si les espèces sont identifiées à l'état de pupes, on doit considérer ce groupe comme un ensemble écologique hétérogène. Comme dans la rivière Kinzig, on trouve des formes eurythermes aussi bien que des formes sténothermes (*C. bicinctus* et *C. tremulus*, respectivement). Dans la Kinzig, *C. tremulus* habitait la zone inférieure à truite mais pas la zone à barbeau.

L'eurytherme *C. cylindraceus*, qui habite aussi dans les étangs, constituait une grosse proportion du groupe dans le potamon de la Kinzig mais n'a pas été trouvé sur les substrats installés dans la Steinach.

#### 4.2. — Le groupe *Orthocladius*-*Euorthocladius* (fig. 3).

Ce groupe n'est représenté en grand nombre que lorsque le groupe *Cricotopus-Orthocladius* ne l'est pas. Dans la Kinzig, on a constaté qu'il abondait dans la zone à barbeau alors que le groupe précédent n'était à peu près pas représenté, et cela dans aucune des TK. Dans la Steinach, la fréquence ne subit pas de variation saisonnière, pour aucun des 2 groupes. D'après la quantité de pupes présentes, *O. rivicola* semble constituer la forme la plus commune. Les plus hautes proportions de spécimens colonisaient les régions de forte eutrophication à haute teneur en oxygène (TK 3 et 8) (voir la figure 12).

#### 4.3. — *Eukiefferiella* (fig. 4).

Ce groupe fréquentait en nombre considérable seulement la zone à truite de la Kinzig. Dans la rivière Steinach, qui se situe entièrement dans la zone à truite, *Eukiefferiella* constitue la forme la plus commune de toute la région étudiée. Comme dans la Kinzig, l'espèce la plus abondante est *E. alpestris*. Les espèces trouvées n'ont révélé aucune préférence différentielle d'habitat.

En TK 1 et TK 2, *Eukiefferiella* a été recueillie seulement en de rares occasions durant la saison chaude. Sur ces plaques, on n'a récolté aucun spécimen de ce groupe en juillet et ce, pendant les deux années d'investigation. Ces échantillons ont révélé la prédominance de *Prodiamesa*, *Chironomus* et *Brillia longifurca*. L'examen des autres plaques a montré qu'*Eukiefferiella* prédomine surtout en hiver. En effet, ce genre compose la majeure partie des récoltes de janvier 1967.



4.4. — Le groupe *Rheocricotopus fuscipes* (fig. 5).

Trouvé en grand nombre dans la Kinzig seulement dans la zone à truite, ce groupe colonisait toutes les stations de la Steinach pendant la saison froide. En été, il s'est produit une diminution de sa fréquence en TK 1 et 2. Il faut probablement attribuer ce phénomène à l'augmentation des effets de la pollution. En effet, aux endroits où la pollution n'était pas aussi considérable, on a pu observer le phénomène inverse.

Dans la partie la plus en amont de la Steinach, de même que dans la rivière Esterbach, la fréquence de *Rheocricotopus fuscipes* était moindre, comme ce fut d'ailleurs le cas en TK 4 et 4 a. On le trouvait ordinairement associé au groupe *Cricotopus-Orthocladus* (s. str.).

TABEAU 6. — Abondance relative de *Rheocricotopus* dans des stations soumises à divers degrés de pollution.

	8 juin 67	19 juin 67	19 juillet 67	19 juillet 66
TK 1	50 %	18 %	0,3 %	—
2	13 %	15 %	0	—
4	43 %	53 %	72 %	10 %
4 A	53 %	65 %	22 %	

4.5. — *Microcricotopus* (fig. 6).

Durant la première année d'exposition des plaques, on a récolté des spécimens de ce genre pour la première fois, en juillet dans la Steinach, et en août dans la Kinzig. Durant la seconde année, on a récolté *Microcricotopus* pour la première fois en mars, dans les deux rivières. La différence remarquable entre les dates de récoltes initiales, à chacune des 2 années, peut s'expliquer par la rugosité des substrat, due à la présence de particules abrasives, surtout des grains de sable, transportées par le courant. Cependant, un fait vient à l'encontre de cette supposition : TK 4 a, installée dans la rivière en février 1967, était colonisée dès la fin de mars par *Microcricotopus* (qui constituait 12 % de la population totale des Chironomides; voir la figure 6).

De juin à septembre, sur les plaques TK 1-3, on ne trouvait *Microcricotopus* que rarement ou pas du tout (fig. 11). La proportion relativement grande de *Microcricotopus* récoltée en juillet 1967 peut être due à la dérive d'organismes issus de populations plus

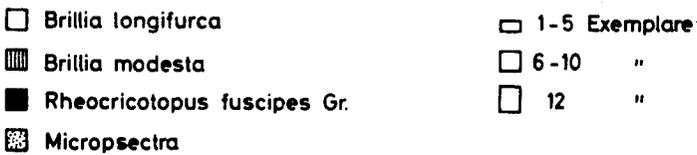
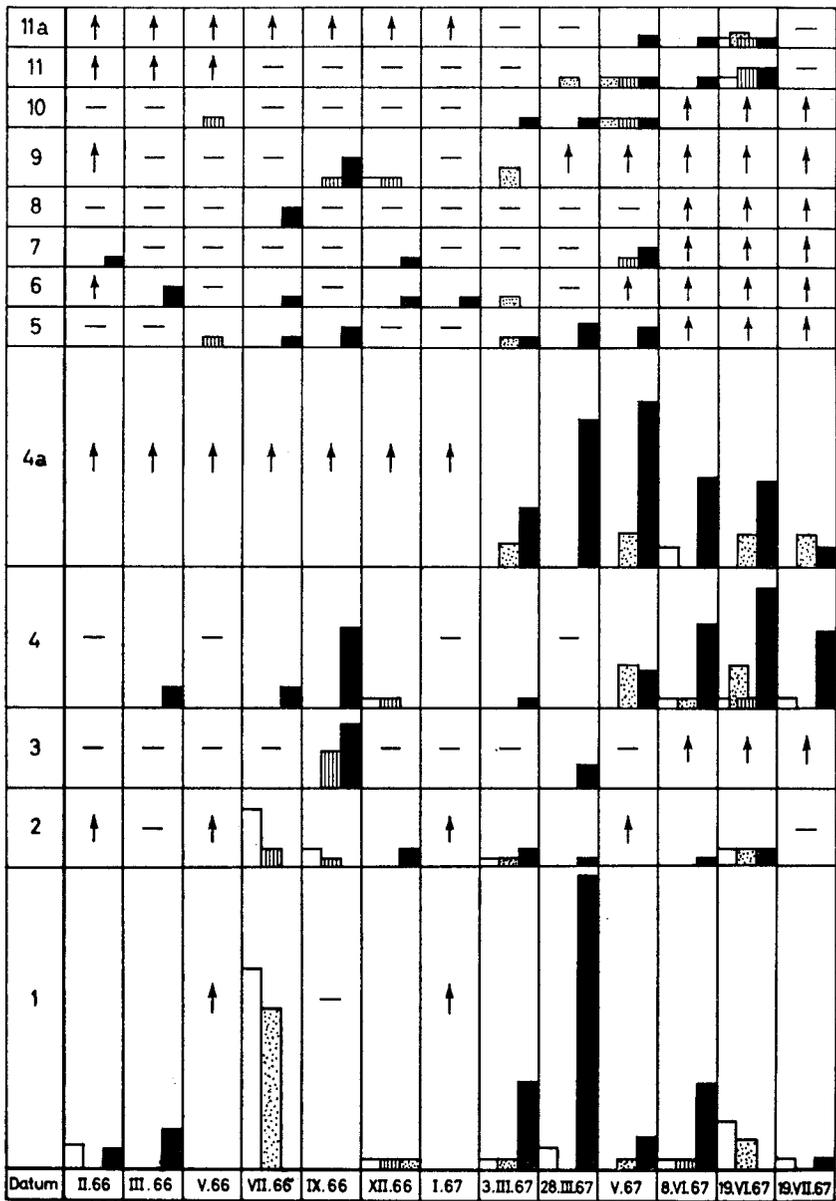
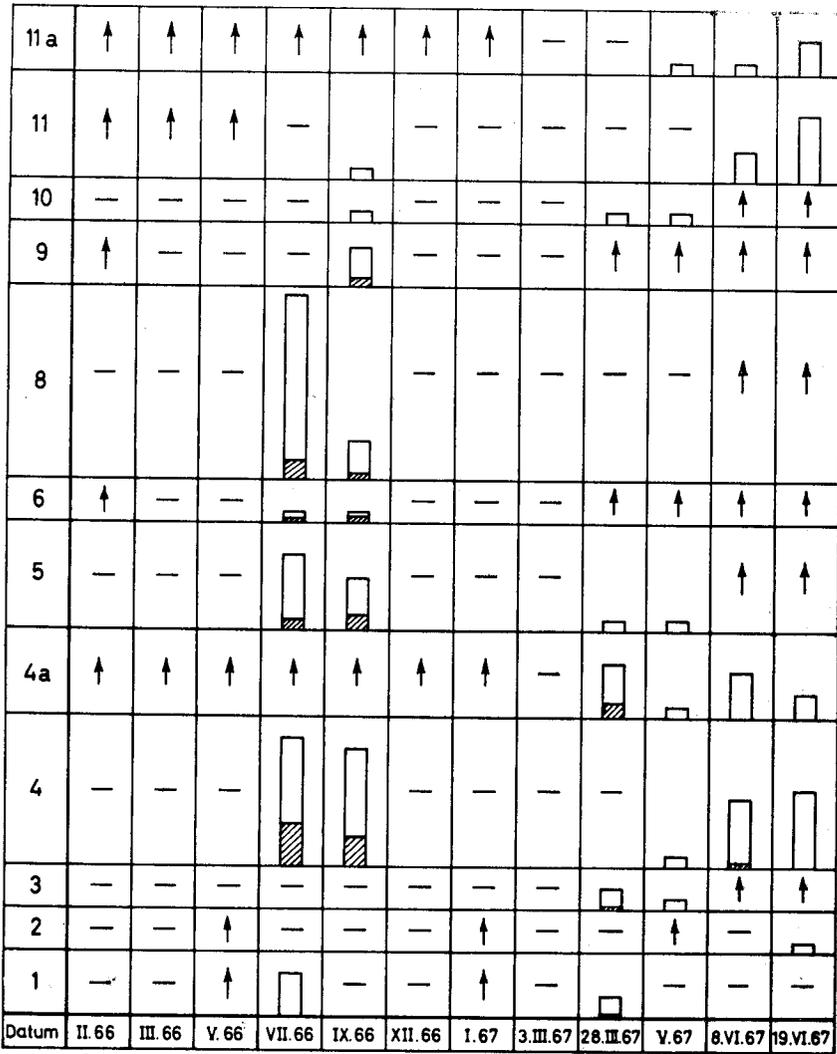


FIG. 5 : Abondance des espèces de *Brillia* (*modesta* et *longifurca*) et de *Rheocricotopus*.



Microcricotopus

▨ Puppenanteil

□ 1 - 5 Exemplare

□ 6 - 10 Exemplare

FIG. 6 : Abondance des espèces de *Microcricotopus* avec indication de la proportion de nymphes et de larves.



**4.7. — Polypedilum (fig. 8).**

*P. laetum* était pratiquement la seule espèce représentée. On en trouvait souvent dans les sites riches en bioderme et le nombre d'individus augmentait avec la quantité de bioderme. On ne trouvait à peu près aucun *Polypedilum* sur TK 6-11. La haute fréquence de ce genre sur TK 1 et 2, pendant la saison chaude, témoigne de sa grande insensibilité aux effets de la pollution.

**4.8. — Brillia (fig. 5).**

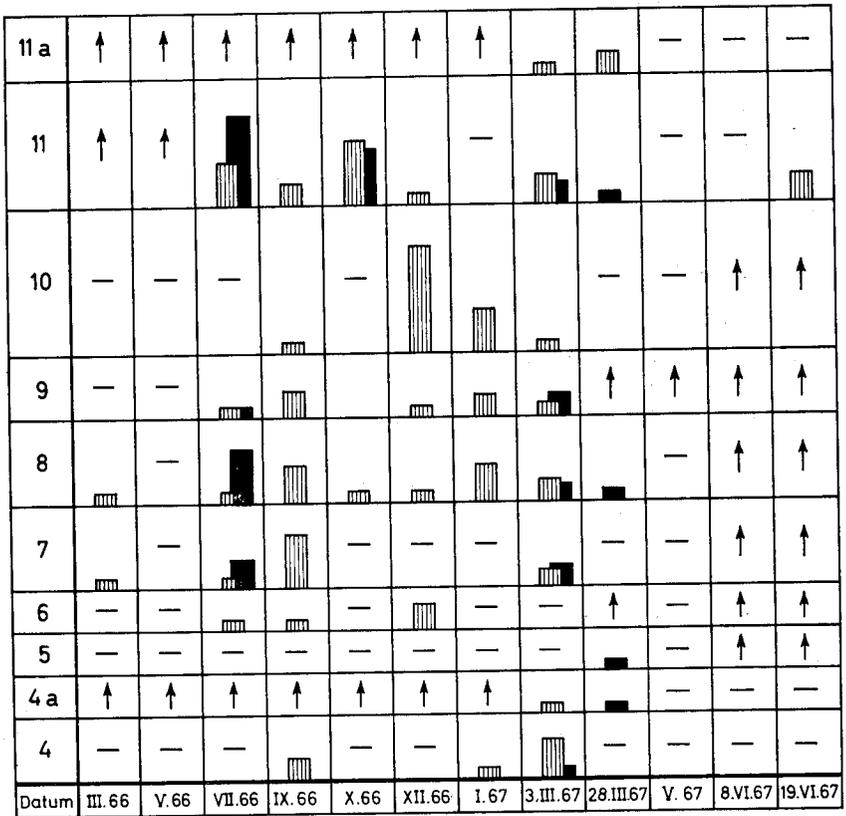
*B. longifurca* et *B. modesta* colonisaient presque toutes les plaques, durant toute l'année. La première de ces espèces, cependant, colonisait la portion très polluée de la rivière, plus facilement que ne le faisait *B. modesta*, absente de ces régions durant l'été. Par contre, *B. modesta* fréquentait TK 4 en plus grand nombre que TK 4 a, probablement à cause de son plus grand besoin d'oxygène; en effet, la dernière plaque TK est plus exposée au courant et l'eau y est probablement mieux aérée.

**4.9. — Prodiamesa olivacea (fig. 8).**

Bien qu'elle se révèle assez commune sur les substrats naturels de la Kinzig et de la Steinach (tableau 3), cette espèce, en règle générale, ne colonise pas les plaques. Sur les plaques TK de la Kinzig, on n'en a trouvé aucun individu; dans la rivière Steinach, elle apparut uniquement sur TK 1 et 2 et cela, seulement durant la saison chaude, au moment où diminuait, dans cette région, l'abondance des espèces à forte demande d'oxygène. Il y a deux explications possibles : (1) Seul le périphyton de TK 1 et 2 était présent en assez grande quantité pour répondre aux besoins de *P. olivacea*. (2) Une diminution de la teneur en oxygène sur le lit de la rivière, durant l'été, poussait les animaux à s'établir sur la surface mieux aérée des plaques, lesquelles, à ce moment de l'année n'étaient pas colonisées par des espèces à haute demande d'oxygène. MILLER [1941], cité par PAINE et GAUFIN [1956] a démontré que les espèces prédatrices montent à la surface lorsque la teneur en  $O_2$  diminue.

**4.10. — Le groupe Chironomus thummi (fig. 7).**

Ce groupe colonise les plaques TK et, comme tel, s'avère un bon indicateur de la pollution, toujours accompagnée d'une haute dépense d'oxygène. Les résultats obtenus dans la Kinzig en ont fourni la preuve. Ce fait est confirmé également par les résultats obtenus dans les régions polluées de la Steinach, spécialement pendant l'été, en TK 1 et 2. On a trouvé *C. thummi* associé surtout à *Brillia longifurca*, *Polypedilum* et *Micropsectra*.



## Simuliidae

█ Puppen

▨ 1-5 Exemplare

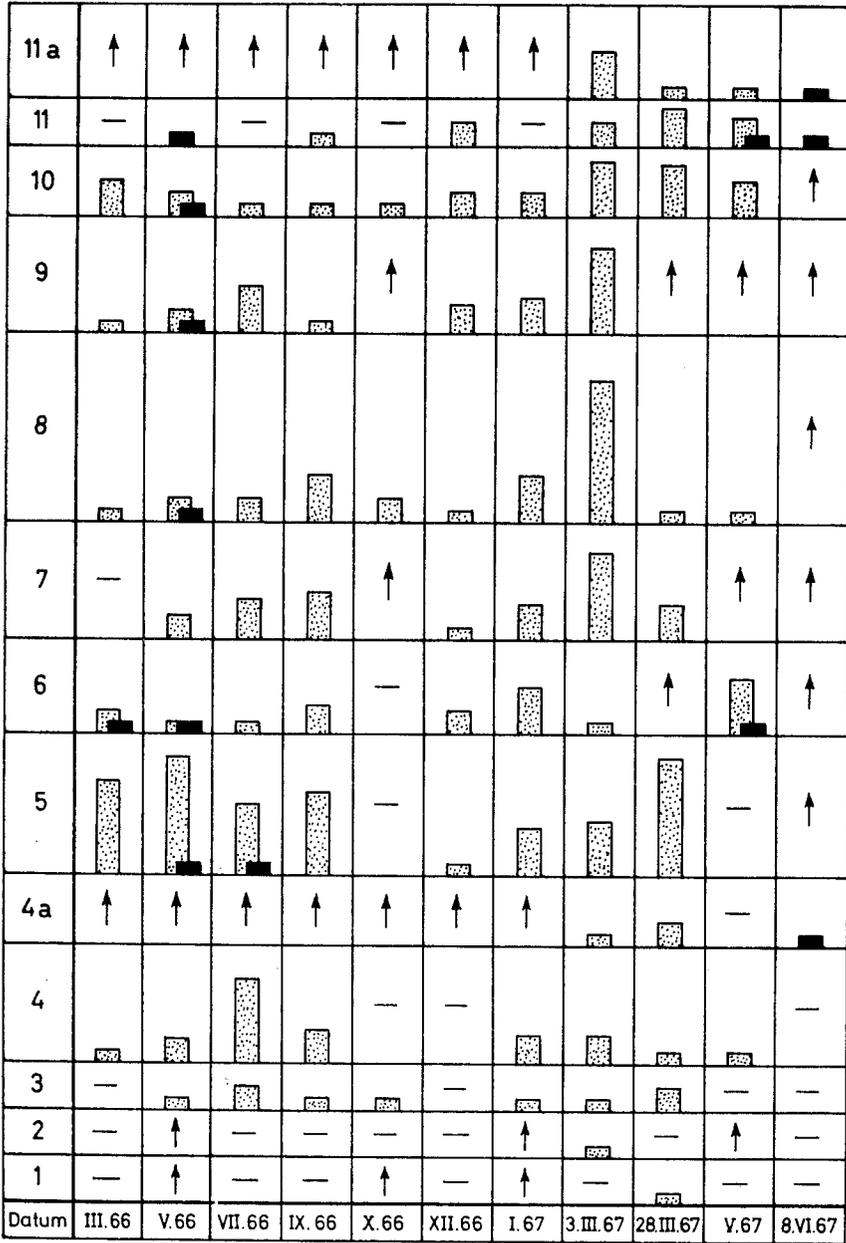
▨ Larven

□ 6-10 Exemplare

FIG. 8 : Abondance des espèces de *Simuliidae*.4.11. — *Simuliidae* (fig. 8)<sup>2</sup>.

Dans la Steinach aussi bien que dans la Kinzig, *Odagnia ornata* constitue l'espèce dominante du groupe. Dans la Kinzig, cette espèce colonisait seulement la portion supérieure de la région étudiée. Le tableau 7 montre que, dans la Steinach, la diversité des espèces diminue à mesure qu'on s'éloigne de la source. La proportion que représente *O. ornata* par rapport à l'ensemble des Simulies, ne

2. Détermination par Fraülein Dr PODSZUHN, Limnologische Station Schlitz (Allemagne de l'Ouest).



■ Baetis                      □ 1 - 5 Exemple  
 ■ Ephemerella              □ 5 - 10 Exemple

FIG. 9 : Abondance des espèces de *Baetis* et d'*Ephemerella*.

dépasse pas (ou très peu) 50 % en hiver, aux endroits où les eaux de vidanges ne sont pas déversées en quantité considérable (TK 6 et TK 11-11 a).

	TK	1	2	3	4	4a	5	6	7	8	9	10	11	11 a
<i>Eusimulium latipes</i>		—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	—	×
<i>Eusimulium angustitarse</i>		—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—
<i>Prosimulium avernense</i>		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—
<i>Odagmia monticola</i>		—	—	—	—	—	—	×	—	×	×	×	×	×
<i>Odagmia ornata</i>		—	—	×	×	—	×	×	×	×	×	×	×	×

TABLEAU 7. — Présence des Simuliidae sur les TK (plaques de polyéthylène).

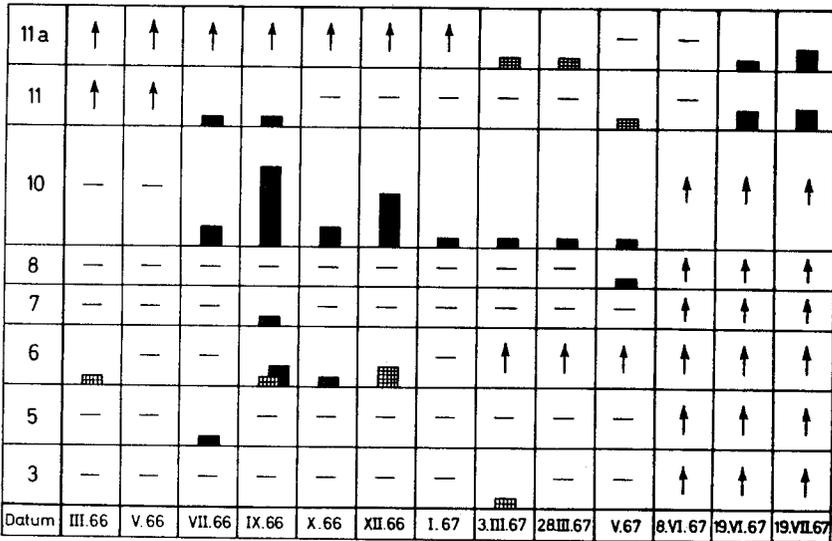
La stagnation presque totale des eaux (et conséquemment l'absence de dérive organique) (TK 4 a) et la présence en masse de bioderme (c'est-à-dire la pollution) explique l'absence de Simuliidae. FREDEEN [1959] observait : « larvae do not readily attach to surfaces that were covered with slime or silt »; on peut conclure, d'après cela, que le bioderme très dense empêche les Simulies de coloniser les plaques TK.

#### 4.12. — Ephemeroptera (fig. 9 et 10).

Le groupe des Ecdyonuridae, représenté par les genres *Epeorus* et *Ecdyonurus*, fréquentait surtout les TK 6 et 11. Ceci correspond à la colonisation par ce groupe des substrats naturels dans le voisinage de ces plaques.

On ne recueillait que très peu de bioderme sur ces deux TK lorsque des Ecdyonuridae étaient présents. Les résultats obtenus en TK 6, installé en eau calme, correspondent à ceux d'AMBÜHL [1964] et confirment le fait que les Ecdyonuridae sont indifférents en ce qui concerne la vitesse du courant. Par contre, *Baetis* et *Ephemerella* colonisaient surtout les plaques TK modérément recouvertes de bioderme et installées dans des régions de courant moyen ou assez fort. MEINSHALL [1967] constate que le genre *Baetis* se nourrit de détritiques et de diatomées. Les plaques TK servent probablement de « milieu de culture ». La forte densité de *Baetis* s'explique encore par un autre facteur, l'intensité de la dérive organique, dont on a déjà discuté (consulter la partie I, à la page 354). Nos conclusions confirment celles de MACAN [1957] : on peut trouver *Baetis* à n'importe quel moment de l'année alors que le genre *Ephemerella* n'est présent que durant l'été [BESCH et al. 1967, p. 354].

3. Les larves ne se fixent pas facilement sur des surfaces recouvertes de dépôts de limon ou de vase.



▣ Ecdyonuridae      □ 1 - 5 Exemplare  
 ■ Ancylostomum      □ 5 - 10 Exemplare  
 ↑ keine Absammlung

Fig. 10 : Abondance des *Ecdyonuridae* et d'*Ancylostomum*.

#### 4.13. — *Oligochaeta-Naididae*.

Les Naididae n'habitaient pas les plaques situées les plus en amont. On en récoltait seulement à intervalles irréguliers. (Le tableau 8 donne, pour chacune des espèces, le nombre de spécimens récoltés.)

	2	3	4	4a	5
<i>Nais barbata</i>	30	100			
<i>Nais bretscheri</i>			1		
<i>Nais communis</i>			1		
<i>Nais elinguis</i>	5				5
<i>Nais simplex</i>			5	3	
<i>Chaetogaster diastrophus</i>			30		

TABLEAU 8. — Présence des Naididae sur les plaques TK.

## Mittlere Abundanz häufiger Chironomidae

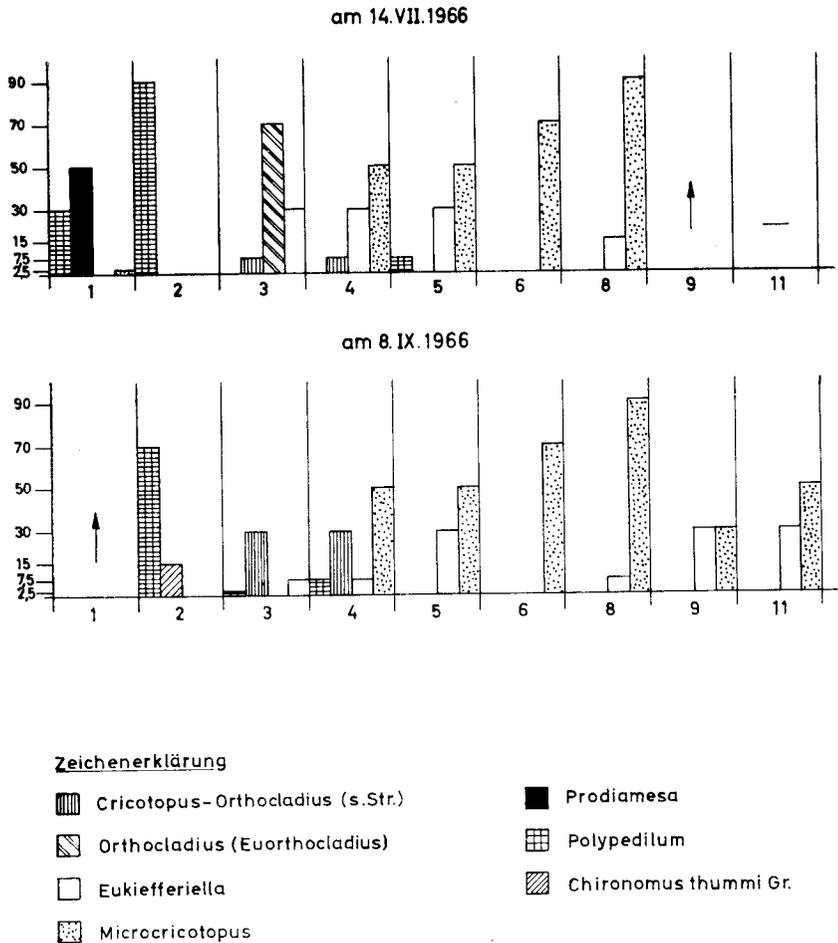
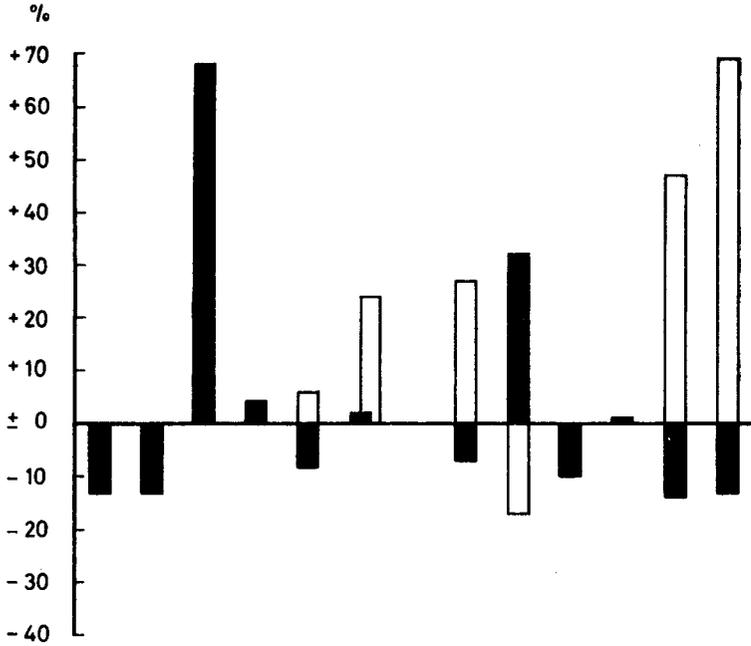


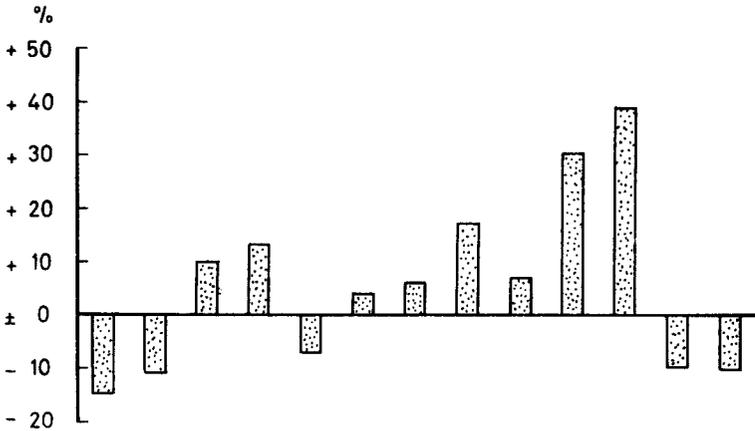
FIG. 11 : Abondance relative moyenne des groupes dominants de Chironomidae recueillis en juin et juillet 1966.

4.14. — *Ancylostium* (fig. 11).

*Ancylostium* a été vu pour la première fois en août 1967, sur TK 11-11 a (n'apparaît pas sur la figure 11); on en a alors compté 30 spécimens. Les Chironomidae, relativement abondants sur ces plaques en juin 1967, avaient entièrement disparu à ce moment; on n'a récolté qu'un seul spécimen de *Rheotanytarsus* sp. Par contre, TK 10, comme le montre la figure 11, était toujours colonisée par



1	2	3	4	4a	5	6	7	8	9	10	11	11a
---	---	---	---	----	---	---	---	---	---	----	----	-----



■ Orthocladius (Euorthocladius)

□ Cricotopus - Orthocladius (s. str.)

▨ Eukiefferiella

FIG. 12 : Écart à la moyenne exprimé en % pour les groupes *Orthocladius* (*Euorthocladius*) et *Cricotopus - Orthocladius* (s. str.). (Tous les échantillons ont été considérés.)

plusieurs spécimens d'*Ancylastrum*, alors que les Chironomides y étaient très rares. Il semble donc qu'*Ancylastrum* et les *Chironomidae* s'excluent mutuellement.

#### 4.15. — Groupes variés.

*Crenobia alpina* et *Euplanaria gonocephala* n'ont été récoltés qu'occasionnellement (surtout sur TK 4-4 a et TK 11-11 a) ; il en est de même pour les larves plus développées (mais non néonates) de Nemouridae (surtout sur TK 6-11), les Trichoptères à étuis, *Plectrocnemia*, *Hydropsyche*, *Rivologammarus* et les Tubificidae (ces derniers n'ont été récoltés que sur TK 1-3).

#### 4.16 — Les plaques TK, substrats utilisés pour l'oviposition<sup>4</sup>.

Les Ephéméroptères, les Chironomides, *Hydropsyche* et *Rhyacophila* pondent leurs œufs à la fin de l'été. Ils préfèrent, dans la plaque, la partie noire qui s'emboîte sur le tuyau de soutien de même que le tube qui supporte l'appareil de mesure de la température (d'après la méthode polarimétrique d'inversion du sucre). Les plaques qui servent de site d'oviposition sont les TK placées aux endroits où il n'y a pas de substrat naturel utilisable — par exemple des pierres, du gravier, submergés au moins à 50 % à un écoulement de 0.5 fois la valeur moyenne annuelle. Au milieu de juillet 1967, on a trouvé sur TK 4 a, 70 masses d'œufs de Trichoptères (la plupart du genre *Hydropsyche*). Ces masses d'œufs n'adhéraient pas seulement à la partie noire des plaques TK mais encore à la surface de polyéthylène blanche située le plus près du côté ombragé de la rivière. Après quelques jours, les masses d'œufs, étaient recouvertes de débris et ce nouveau substrat devint à son tour le siège d'ovipositions. Cependant, l'éclosion a été observée aussi chez les œufs recouverts de détritits.

**Remerciements.** — Nous remercions M<sup>lle</sup> L. BAUER, Chimiste, M<sup>lle</sup> R. CANTIN (Hamilton, Ontario), M. W. CUFF (Fredericton, N. B.), D<sup>r</sup> FITTKAU (Plön), D<sup>r</sup> L. LAUZIER (St. Andrews, N. B.), D<sup>r</sup> REISS (Plön), D<sup>r</sup> R. RITTER, and D<sup>r</sup> SCHMITZ (Karlsruhe) pour leur aide et critique à la préparation du présent ouvrage. La traduction est l'œuvre de M<sup>me</sup> Françoise HARPER (Waterloo, Ontario).

4. Observé par M. SCHUHMACHER, Zoologisches Institut, Heidelberg.

## RÉSUMÉ

Dans la Kinzig et dans la Steinach, la densité de population sur les plaques TK variait énormément; cette variation est due au hasard dans la colonisation des plaques. Elle peut s'expliquer aussi par un autre facteur. La recrudescence du courant, pendant la période où le niveau d'eau est très élevé, arrache une partie du bioderme. Cependant les maxima de population du printemps et de l'automne sur les plaques TK s'observent dans tous les échantillons individuels. Parmi les larves d'insectes, les Chironomides constituent le groupe le plus abondant et le plus constant. La fréquence relative de chacun des groupes de Chironomidae est à peu près la même (tableau 5). Comme on l'a déjà souligné précédemment, ce sont les échantillons recueillis pendant l'été et l'automne qui témoignent le plus des effets de la pollution organique. Dans la Steinach, encore plus que dans la Kinzig, on a constaté que la zonation due à la pollution est assez obscure en hiver et au printemps, alors que les concentrations d'oxygène sont relativement hautes en tous points du cours d'eau et que, dans la partie aval de la rivière, la montée du niveau d'eau occasionne le transport des animaux par la dérive. Les échantillons recueillis pendant l'hiver, par comparaison avec les autres, donnent une idée de l'oscillation encourue pendant l'année, des diverses caractéristiques biologiques de la rivière. Les conditions à la fin de l'été sont les moins favorables à la colonisation des TK et, comme telles, ont une grande importance dans la détermination des effets biologiques de la pollution. A ce moment, aux points les plus pollués (TK 1 et 2) on peut trouver *Prodiamesa olivacea*, *Brillia longifurca*, le groupe *Chironomus thummi* et *Polypedilum*. Ces deux dernières espèces peuvent servir d'indicateurs de la pollution de l'eau. Il en est ainsi surtout pour *Prodiamesa* qui ne colonise les plaques TK que dans les cas de pollution très considérable. Par contre, lorsque dominant les espèces des genres *Eukiefferiella* et *Microcricotopus*, elles sont l'indice de conditions biologiques favorables et de concentrations d'oxygène adéquates (figure 11). Dans un ruisseau très pollué, les populations colonisant les plaques subissent, pendant l'année, les mêmes changements que le reste des populations de Chironomidae ordinairement trouvés sur des substrats [GAUFIN et TARZWELL, 1955].

La présence des groupes *Orthocladius* (*Euorthocladius*) et *Cricotopus*-*Orthocladius* est un indice de l'eutrophisation du ruisseau lorsque la concentration en oxygène dissous est élevée et que la fréquence de ces groupes dépasse la fréquence moyenne des Chironomides à toutes les stations. Cela a déjà été démontré dans le cas de la Kinzig. La présence d'une grande quantité de nourriture sert principalement à la croissance d'algues filiformes, de champignons d'eau polluée et de Ciliés sessiles. Cette abondance de bioderme attire alors les Chironomides. Mais il faut se rappeler que les Chironomides sont en continuelle compétition avec les autres animaux qui se nourrissent de bioderme (*Ancylastrum*).

Certains insectes qui colonisent très peu les plaques TK à l'état de larves matures y sont quelquefois abondamment représentés sous la forme d'œufs ou de larves aux premiers stades, surtout lorsqu'il n'existe pas de site naturel d'oviposition dans le voisinage immédiat des substrats artificiels.

## DAS MAKROBENTHOS AUF POLYÄTHYLENSUBSTRATEN IN FLIEßGEWÄSSERN

### 1. — DIE STEINACH EIN FLUß DER FORELLENZONE

Vorliegende Veröffentlichung ist der zweite Teil unseres Berichtes über die Besiedlung von vertical unter der Wasseroberfläche schwimmenden Polyäthylenplatten (342 cm<sup>2</sup>, Dichte 0,942, Lupolen 604 DX der Fa. BASF) durch Makrozoobenthos. Im Text wird für diese Platten die Abkürzung "TK" verwandt ("Trägerkörper").

Die Steinach gehört auf der untersuchten Strecke der mittleren und unteren Forellenzone (Meso- und Metarhitron) an. Hinsichtlich der Abwasserbelastung läßt sie sich in drei Abschnitte gliedern: Einen durch die Abwässer einer Lederfabrik hochbelasteten (TK 1-2), einen durch häusliche Abwässer stark belasteten (TK 3), sowie in den restlichen Steinach bzw. Eiterbachabschnitt oberhalb der Ortslage Schönau (TK 4-11). Auf der zuletzt genannten Strecke fallen zwar auch organische Abwässer an; Im Unterschied jedoch zu der gesamten unterhalb gelegenen Strecke haben die Abwässer wegen ihrer relativ geringen Menge und wegen der starken Turbulenz der Steinach keine Bedeutung für den Gehalt an gelöstem Sauerstoff, dessen Anteil immer nahe der Sättigung liegt (vgl. Fig. 1 u. Tab. 1 u. 2).

#### Ergebnisse

Häufigste und zugleich stetigste Besiedler waren wie in der Kinzig wieder Chironomidae. Allerdings war ihre Dichte, wie die anderer Makrobenthonten auch, großen Schwankungen unterworfen (vgl. Tab. 4). Die höchste Besiedlungsdichte wurde auf TK 1 im Juli mit rund 20 000 Individuen umgerechnet auf der Quadratmeter erreicht, die geringste war 50 Individuen pro Quadratmeter auf TK 10 im April. Noch geringere Individuendichten oder Fehlen von Chironomidae überhaupt waren, abgesehen von TK 11/11A, auf Abschwemmen von Teilen des Aufwuchses oder Beschädigungen der TK zurückzuführen.

Im Allgemeinen nimmt die Chironomidendichte mit der Menge des Aufwuchses zu.

Auf den meisten Platten werden höchste Besiedlungsdichten im Frühjahr und im Herbst erreicht (vgl. Tab. 4).

Exposition von Kontrollplatten (TK 1 u. 2; TK 4 u. 4A; TK 11 u. 11A) zeigte, daß die Abundanz der häufigsten Chironomidengruppen für eine bestimmte Flußstrecke und Jahreszeit charakteristisch ist (vgl. Tab. 5).

Wie in der Kinzig so bildete sich auch hier im Spätsommer und im Herbst eine besonders klare abwasserbedingte Zonation aus.

Auf den TK 1 und 2 herrschten *Prodiamesa*, *Chironomus*, *Polypedilum* und *Brillia longifurca* vor. Zur gleichen Zeit dominierten auf TK 5-11 *Microcricotopus*- und *Eukiefferiella*, während die oben erwähnten Taxa entweder fehlten (*Prodiamesa*, *Chironomus*) oder nur sehr vereinzelt anzutreffen waren (*Polypedilum*, *Brillia longifurca*). Im Winter hingegen, wenn selbst bei äußerst starker Belastung im unteren Abschnitt (TK 1 u. 2) Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt kaum spürbar werden, dominieren auf allen TK *Eukiefferiella* — Larven.

An Stellen und zu Zeiten reicher Nährstoffzufuhr, die einen üppigen Aufwuchs zur Folge hat, werden, wie schon in der Kinzig festgestellt, Larven der *Cricotopus-Orthocladius* (s. str.)-Gruppe sowie *Orthocladius*

(*Euorthocladius*) besonders häufig. Voraussetzung dafür ist allerdings, daß kein Mangel an gelöstem Sauerstoff besteht. Die beiden zuletzt genannten Gruppen kommen in überdurchschnittlicher Häufigkeit nicht zugleich auf einer Platte vor. Das zeigten die Einzelaufsammlungen ebenso wie die Auswertung der Gesamtausbeute (vgl. Fig. 12) und bestätigt die in der Kinzig gemachten Befunde. Allerdings konnte in der Steinach nicht die jahreszeitliche Präferenz einer der beiden Gruppen bestätigt werden.

Im Sommer und Herbst dienen die TK vor allem Trichoptera (*Rhyacophila*, *Hydropsyche*) zur Eiablage. Das ist besonders auf den Platten der Fall, in deren unmittelbarer Nachbarschaft zum Laichen geeignetes Substrat fehlt. Nur in Form von Laich und Eilarven und selten als größere Larven spielen Trichoptera und Plecoptera als Besiedler eine Rolle.

Es werden Angaben über das Vorkommen von Simuliidae (Tab. 7, Fig. 8), Ephemeroptera (Fig. 9 und 10) und Naididae (Tab. 8) gemacht. Hirudinea, obwohl in der Steinach nachgewiesen, konnten selbst als Kokons nicht auf den Platten gefunden werden.

## MACROBENTHOS ON POLYETHYLENE PLATES IN RUNNING WATERS

### 2. — THE STEINACH, A STREAM OF THE TROUT ZONE

This publication forms the second part of our report on the colonisation of polyethylene plates (342 cm<sup>2</sup>, density 0.942, Lupolen 604 DX of the « Badische Anilin und Sodafabrik », floating vertically beneath the water surface. In the text the abbreviation TK (« Trägerkörper ») is used when referring to the plates.

The investigated stretch of the Steinach belongs to the middle and lower trout zone (rhitron). The river can be divided into three sections with respect to the degree of effect of the pollutants.

The first stretch is very heavily polluted by wastes from a leather factory (TK 1-2). The second is mainly polluted by domestic wastes (TK 3). The third stretch extending upstream from the village of Schönau has a considerably smaller amount of domestic and agricultural wastes. Due to the high turbulence of the Steinach this pollution never causes a drop of O<sub>2</sub> content below saturation. (See Fig. 1 and Tables 1 & 2).

### Results

The most frequent and abundant colonizers of the plates were, like in the Steinach, the Chironomidae, but their density as well as that of other macrobenthic animals was subject to considerable change (see Table 4).

The highest density was found on TK 1 in July with about 20.000 specimens per square meter. The lowest was 50 specimens per square meter in April on TK 10 (even lower densities of absence of Chironomidae, with the exception of TK 11 and 11 A was probably caused by damage or disturbance to the plates. In general the density of the Chironomidae increases with the density of the aufwuchs (« bioderme »).

In most cases the highest population densities were reached in spring and autumn. Exposure of control plates (TK 1 a. 2; TK 4 a. 4 A; TK 11 and 11 A) showed that the relative abundance of the most frequent

Chironomidae - groups is characteristic for a certain river - stretch and season.

Clean zonation caused by differing degrees of pollution effects was evident during late summer and autumn here as well as in the Kinzig. *Prodiamesa*, *Chironomus*, *Polypedilum*, and *Brillia longifurca* prevailed on TK 1 and 2. In the TK 3-11 the *Chironomus* and *Prodiamesa* were absent and *Polypedilum* was very scarce while *Microcricotopus* and *Eukiefferiella* - larvae were dominant on TK 5-11. On sites and at times of high eutrication and at the same time of good oxygen supply, *Cricotopus-Orthocladus* (s. str.) - Gr. and *Orthocladus* (*Euorthocladus*) became dominant. Looking at all the samples it can be seen that both of the previously mentioned groups don't occur in an above average abundance on the same plate.

In the winter *Eukiefferiella* - larvae dominated even at sites of extremely high pollution (TK 1-2), probably due to the fact that at this season, the oxygen content even there does not drop considerably below saturation.

It has been shown that the plastic plates served as places for egg laying mainly for Trichoptera (*Rhyacophila*, *Hydropsyche*) and especially so in summer and autumn. This occurred to a very great extent where there was not suitable natural substrata in the neighbourhood. Data on the occurrence of Simuliidae (Fig. 8, Table 7) Naididae (Table 8), and Ephemeroptera (Fig. 9 and 10) is given.

Trichoptera and Plecoptera are sometimes important as colonizers of the plates in the form of egg-clusters or egg-larvae but only seldom as larger larvae. The presence of Hirudinea, which occur in the Steinach, even as cocoons could not be proven on the plates.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BESCH (W.), HOFMANN (W.) et ELLENBERGER. (1967). — Das Makrobenthos auf Polyäthylensubstraten in Fließgewässern 1. — Die Kinzig, ein Fluss der unteren Salmoniden und oberen Barbenzone. *Annls Limnol.* **3** (2) : 331-367.
- CLIFFORD (H. J.). (1966). — The ecology of invertebrates in an intermittent stream. *Invest. Indiana Lakes and Streams* **7** : 57-98.
- EGGLISHAW (H. Y.), MACKAY (D. W.) and MORGAN (N. C.). (1965-1967). — A survey of the bottom fauna of streams in the Scottish Highlands Part I-III — *Hydrobiologia* **25**, 181-211 (1965); **26**, 173-183 (1965); **30**, 305-334 (1967).
- FREDEEN (J. H.). (1959). — Rearing black flies in the laboratory. *Can. Entomol.* **91** : 73-83.
- GAUFIN (A. R.) and TARZWELL (C. M.). (1955). — Environmental changes in a polluted stream during winter. *Amer. Midland Nat.* **54** : 78-88.
- GAUFIN (A. R.) and TARZWELL (C. M.). (1965). — Aquatic macroinvertebrate communities as indicators of organic pollution in Lyttle Creek. *Sewage and Industrial Wastes* **28** : 906-924.
- JAAG (O.) u. AMBÜHL. (1964). — The effect of the current on the composition of Biocoenoses in flowing water streams. *Advances in Water Pollution Res.* : 131-144.

- LEARNER (M. A.) and EDWARDS (R. W.). (1966). — The distribution of the midge *Chironomus ripanus* in a polluted river system and its environs. *Air and Water Pollution Int. J.*, Pergamon Press, **10** : 57-768.
- MINSHALL (G. W.). (1967). — Role of allochthonous detritus in the trophic structure of a woodland springbrook community. *Ecology* **48** : 139-149.
- PAINE (G. H.) and GAUFIN (A. R.). (1965). — Aquatic diptera as indicators of pollution in a midwestern stream. *Ohio J. Sci.* **56** : 291-304.
- WARREN (Ch. E.) et al. (1964). — Trout production in an experimental stream. *J. Wildlife Management* **28** : 617-660.

(Landesstelle für Gewässerkunde  
und Wasserwirtschaftliche Planung  
Baden-Württemberg  
75 Karlsruhe

Max-Planck - Institut für Limnologie,  
Abt. Tropenökologie  
232 Plön/Holstein.)