



THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES BIOLOGIQUES

Utilisation des trichoptères adultes aériens capturés au piège lumineux pour caractériser l'écosystème Meuse et détermination d'une période optimale d'échantillonnage

Ricciardone, Giovanna

Award date:
1991

Awarding institution:
Université de Namur

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

UTILISATION DES TRICHOPTERES ADULTES
AERIENS CAPTURES AU PIEGE LUMINEUX
POUR CARACTERISER L'ECOSYSTEME "MEUSE"
ET DETERMINATION D'UNE PERIODE OPTIMALE
D'ECHANTILLONNAGE.

RICCIARDONE Giovanna

ERRATA

- Résumé : lire "recensés" au lieu de "recencés"
- Table des matières : lire "temps de fonctionnement" au lieu de "temps de fonctionnment".
- Page 3 : lire "ces organismes" au lieu de "ces organisme".
- Page 10 : lire "Le Tabl. 3" au lieu de "Dans le Tabl. 3".
- Page 11 : lire "C'est pourquoi" au lieu de "C'est pourqui".
- Page 15 : lire "considérer" au lieu de "condidérer".
- Page 20 : lire "FRIESEN" au lieu de "FRIENSEN".
- Page 29 : lire "dessiccation" au lieu de "dessication".
- Page 30 : idem
- Page 38 : lire "Celui-ci permet d'abaisser" au lieu de "Celui-ci permet destiné d'abaisser".
- Page 58 : lire "recensés" au lieu de "recencés".
- ELLIOTT, J.M., 1978 - lire "*Ephemerella ignita*" au lieu de "Ephemerella ignita".
- MACAN, T.T., 1973 : lire "Trichoptera" au lieu de "Tricoptera"
- VIEDMA, M.G. & GARCIA DE JALON, D., 1980 : lire "Pararhyacophilidae" au lieu de "Pararhyacophe".
- Ajouter "KALLAB-WAKIM, F., 1985 - Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône français. Etude du cycle biologique d'*Heptagenia sulphurea* (Ephemeroptera) dans le Rhône à Lyon. 14 : 197-208."
- Tabl. 12 : lire "(Données communiquées par l'IHE)" au lieu de "(RIWA)".
- Liste des tableaux : Tabl. 12 : idem.
- Tabl. 15 : lire "* *Hydroptila* gr. *sparsa* comporte les femelles non identifiées des espèces comptabilisées par ailleurs : *H. angulata*, *H. simulans* et *H. sparsa*" au lieu de "**Hydroptila* gr. *sparsa* comporte les femelles non identifiées des espèces comptabilisées par ailleurs : *H. angulata*, *H. cornuta*, *H. simulans* et *H. spars*".
- Tabl. 18 : idem.
- Index des Insectes cités : lire "MALICKY" au lieu de "MALICKI".

Index des Insectes cités

<u>Espèces</u>	<u>Ordres</u>
<i>Agapetus ochripes</i> CURTIS, 1834	Trichoptères
<i>Agraylea multipunctata</i> CURTIS, 1834	Trichoptères
<i>Agraylea sexmaculata</i> CURTIS, 1834	Trichoptères
<i>Allotrichia pallicornis</i> EATON, 1873	Trichoptères
<i>Athripsodes albifrons</i> (L., 1758)	Trichoptères
<i>Athripsodes aterrimus</i> (STEPHENS, 1836)	Trichoptères
<i>Athripsodes bilineatus</i> (L., 1758)	Trichoptères
<i>Athripsodes cinereus</i> (CURTIS, 1834)	Trichoptères
<i>Athripsodes leucophaeus</i> (RAMBUR, 1842)	Trichoptères
<i>Athripsodes ugandus</i>	Trichoptères
<i>Baetis fuscatus</i> (L., 1761)	Ephemeroptères
<i>Baetis rhodani</i> (PICTET, 1844)	Ephemeroptères
<i>Baetis</i> spp.	Ephemeroptères
<i>Caenis luctuosa</i> (BURMEISTER, 1839)	Ephemeroptères
<i>Caenis macrura</i> STEPHENS, 1835	Ephemeroptères
<i>Capnia albifrons</i> NEWMAN,	Plecoptères
<i>Centroptilum luteolum</i> (MÜLLER, 1776)	Ephemeroptères
<i>Ceraclea albifrons</i> (L., 1758)	Trichoptères
<i>Ceraclea alboguttata</i> (HAGEN, 1860)	Trichoptères
<i>Ceraclea alboguttata</i> (HAGEN, 1860)	Trichoptères
<i>Ceraclea dissimilis</i> (STEPHENS, 1834)	Trichoptères
<i>Ceraclea fulva</i> (RAMBUR, 1842)	Trichoptères
<i>Cheumatopsyche lepida</i> (PICTET, 1834)	Trichoptères
<i>Cyrnus trimaculatus</i> (CURTIS, 1834)	Trichoptères
<i>Dolania americana</i>	Ephemeroptères
<i>Ecnomus tenellus</i> (RAMBUR, 1842)	Trichoptères
<i>Ephemera danica</i> MÜLLER, 1764	Ephemeroptères
<i>Ephemera vulgata</i> L., 1758	Ephemeroptères
<i>Ephemerella ignita</i> (PODA, 1761)	Ephemeroptères
<i>Ephemerella major</i>	Ephemeroptères
<i>Ephoron shigae</i>	Ephemeroptères
<i>Ephoron virgo</i>	Ephemeroptères
<i>Halesus radiatus</i> (CURTIS, 1834)	Trichoptères
<i>Heptagenia lateralis</i> (CURTIS, 1834)	Ephemeroptères
<i>Heptagenia sulphurea</i> (MÜLLER, 1776)	Ephemeroptères
<i>Hydropsyche bulgaromanorum</i> MALICKI, 1977	Trichoptères
<i>Hydropsyche contubernalis</i> McLACHLAN, 1865	Trichoptères
<i>Hydropsyche exocellata</i> DUFOUR, 1841	Trichoptères
<i>Hydropsyche modesta</i> NAVAS, 1925	Trichoptères
<i>Hydropsyche pellucidula</i> (CURTIS, 1834)	Trichoptères
<i>Hydropsyche siltalai</i> DÖHLER, 1950	Trichoptères
<i>Hydroptila angulata</i> MOSELY, 1932	Trichoptères
<i>Hydroptila</i> gr. <i>sparsa</i>	Trichoptères

<i>Hydroptila simulans</i> MOSELY, 1920	Trichoptères
<i>Hydroptila sparsa</i> CURTIS, 1834	Trichoptères
<i>Hydroptila vectis</i> (CURTIS, 1834)	Trichoptères
<i>Leptophlebia marginata</i> (L., 1767)	Ephemeroptères
<i>Limnephilus auricula</i> CURTIS, 1834	Trichoptères
<i>Limnephilus lunatus</i> CURTIS, 1834	Trichoptères
<i>Limnephilus rhombicus</i> (L., 1758)	Trichoptères
<i>Lype reducta</i> (HAGEN, 1968)	Trichoptères
<i>Mystacides azurea</i> (L., 1761)	Trichoptères
<i>Mystacides longicornis</i> (L., 1758)	Trichoptères
<i>Mystacides nigra</i> (L., 1758)	Trichoptères
<i>Neureclipsis bimaculata</i> (L., 1758)	Trichoptères
<i>Oecetis notata</i> (RAMBUR, 1842)	Trichoptères
<i>Oecetis testacea</i> (CURTIS, 1834)	Trichoptères
<i>Polycentropus flavomaculatus</i> (PICTET, 1834)	Trichoptères
<i>Psychomyia pusilla</i> (FABRICIUS, 1781)	Trichoptères
<i>Rhitrogena diaphana</i>	Ephemeroptères
<i>Rhyacophila dorsalis</i> (CURTIS, 1834)	Trichoptères
<i>Stenophylax</i> spp.	Trichoptères
<i>Tinodes waeneri</i> (L., 1758)	Trichoptères
<i>Lype</i> spp.	Trichoptères
<i>Hydroptila simulans</i> MOSELY, 1920	Trichoptères

FM BY
1991
28

Facultés universitaires Notre-Dame de la Paix
FACULTE DES SCIENCES
Rue de Bruxelles 61 - 5000 NAMUR
tél. 081/72.41.11 - telex 59222 Facnam-b - Telefax 081/23.03.91

Utilisation des Trichoptères adultes aériens capturés au piège lumineux pour caractériser l'écosystème "Meuse" et détermination d'une période optimale d'échantillonnage.

RICCIARDONE Giovanna

Résumé

La qualité de la Meuse a été évaluée grâce à des Trichoptères adultes, reconnus comme bioindicateurs. Ces derniers ont été capturés à l'aide d'un piège lumineux qui associe efficacité et facilité d'utilisation. Nos résultats montrent que l'abondance et la diversité spécifique diminuent sensiblement de Waulsort à Tailfer et fortement à Andenne. De fait, 85784 Trichoptères ont été recensés dont environ 40000 à Waulsort et Tailfer et 511 à Andenne. Ils se répartissent en 31 espèces dont 29 à Waulsort, 14 à Tailfer et 7 à Andenne. Une espèce nouvelle pour la faune belge et trois espèces rares en Meuse ont été recensées.

Notre second objectif est de déterminer une période optimale d'échantillonnage basée sur trois critères : présence d'espèces bioindicatrices, abondance et diversité spécifique élevées. Le mois de juillet répond à ces critères et permettrait d'assurer un suivi à long terme de l'écosystème Meuse.

Abstract

The quality of the river Meuse has been evaluated by adult caddisflies (Trichoptera), recognized as bioindicators. These were captured using a light-trap which associates efficiency and convenience. High abundance and specific diversity diminish progressively from Waulsort to Tailfer and strongly in Andenne. A total of 85784 Trichoptera were recorded around 40000 in Waulsort and Tailfer and 511 in Andenne. These include 31 species of which 29 in Waulsort, 14 in Tailfer and 7 in Andenne. One new species for the Belgian fauna and three species unusual for the river Meuse have been recorded.

Our second objective was to determine an optimal sampling period based on three criteria : presence of indicator species, high abundance and diversity. July responds to those criteria and should allow a long-term monitoring of the Meuse ecosystem.

Mémoire de licence en Sciences biologiques

Septembre 1991

Promoteur : J.-C. Micha

Une rivière ou un étang dont la
faune s'éteint est une image de
la mort qui menace l'humanité.
Un monde qui pollue ses rivières
tue quelque chose d'essentiel de
lui-même.

B. CACERES

Au-delà de tout formalisme, je tiens à exprimer ma plus vive reconnaissance à tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont spontanément aidée et constamment encouragée pour mener à bien ce travail.

Je suis heureuse de pouvoir associer aujourd'hui leurs noms à ce mémoire.

J'adresse mes sincères remerciements à Monsieur le Professeur Jean-Claude Micha pour m'avoir accueillie dans son laboratoire et pour les conseils judicieux qu'il a su me fournir.

Ma plus vive reconnaissance s'adresse à Monsieur Philippe Stroot. Je ne saurais oublier sa disponibilité, son soutien efficace et amical et la confiance qu'il m'a toujours témoignée.

Je ne peux oublier les membres du laboratoire d'Ecologie qui avec dévouement n'ont pas hésité à m'aider. Je pense tout particulièrement à Madame Gisèle Verniers, Messieurs Jean-Pierre Descy, André Evrard, Yves Fourniret, Alain Gillet, Patrick Kestemont et Yves Mine.

J'exprime toute ma gratitude au personnel de la centrale hydroélectrique d'Andenne - SO.CO.LIE et des barrages de Waulsort et Tailfer.

Je tiens également à remercier Fabienne Martens, Maryline Michaux et Bertrand Pierquin pour leur soutien et leur amitié ainsi que Bernard Dupiereux pour ses photos.

Enfin, c'est à ma famille, à mes parents et plus particulièrement à Béatrice et François qui ont consacré leurs journées et leurs soirées à la réalisation technique de ce mémoire, à eux qui ont su me supporter, m'encourager par leur aide morale et technique, les jours et les nuits qu'ils ont vécus à mes côtés dans les difficultés, le découragement, le sérieux et l'humour... que je désirerais dire MERCI.

INTRODUCTION	1
1. Synthèse bibliographique	3
1.1 Utilisation des Invertébrés pour évaluer la qualité des milieux aquatiques	3
1.1.1. Les approches biocénétiques	3
1.1.2. Les approches par bioindicateurs	3
1.1.3. Les méthodes intermédiaires	4
1.2. Utilisation des Insectes adultes aériens	4
1.3. Echantillonnage	6
1.3.1. Les méthodes d'échantillonnage	6
1.3.1.1. Capture directe	7
1.3.1.2. Pièges adhésifs	7
1.3.1.3. Pièges à émergence	8
1.3.1.4. Pièges lumineux	8
1.3.1.5. Discussion	10
1.3.2. Choix de la période d'échantillonnage	12
1.3.2.1. Cycles de vie	12
1.3.2.2. Activité et périodes de vol des différents Insectes	13
1.3.2.3. Rapport des sexes	16
1.3.2.4. Conclusions	17
1.4. Facteurs susceptibles d'influencer la capture des Insectes	17
1.4.1. Paramètres influençant l'émergence des Insectes	18
1.4.1.1. Paramètres morphologiques et hydrologiques	19
a. Le débit	19
b. Le substrat	20
1.4.1.2. La température de l'eau	20

1.4.1.3.	Paramètres climatologiques	23
a.	La photopériode	23
b.	La température de l'air	24
c.	Le cycle lunaire	24
1.4.1.4.	Conclusions	25
1.4.2.	Paramètres agissant sur le vol des Insectes	25
a.	La température de l'air	25
b.	Les vents	27
c.	La pression atmosphérique	29
d.	L'humidité relative et les précipitations	29
e.	La nébulosité et la luminosité nocturne	30
f.	Conclusions	31
1.4.3.	Paramètres agissant sur les captures	31
1.5.	Conclusions	32
2.	LE MILIEU ETUDIE : LA MEUSE	34
2.1.	Description générale	34
2.2.	Qualité du milieu	35
3.	MATERIEL ET METHODES	36
3.1.	Les stations d'échantillonnage	36
3.1.1.	Choix des stations	36
3.1.2.	Description des stations	36
3.1.2.1.	Waulsort	36
3.1.2.2.	Tailfer	37
3.1.2.3.	Andenne	37
3.2.	Echantillonnage	37
3.2.1.	Caractéristiques et disposition des pièges	38
3.2.1.1.	Description	38
3.2.1.2.	Disposition	38

3.2.2.	Temps de fonctionnement	39
3.2.2.1.	Période d'échantillonnage	39
3.2.2.2.	Durée de fonctionnement	39
3.3.	Conditions météorologiques	39
3.4.	Traitement des échantillons	40
3.4.1.	Récolte, conservation et tri	40
3.4.2.	Identification	40
3.5.	Traitement des données	41
3.5.1.	Données utilisées	41
3.5.2.	Démarche	41
3.5.3.	Critères de comparaison	42
4.	RESULTATS	43
4.1.	Faunistique et écologie	43
4.1.1.	Liste faunistique	43
4.1.2.	Écologie des espèces capturées	44
4.1.3.	Périodes de vol	46
4.1.4.	Rapport des sexes	47
4.2.	Comparaison entre stations	48
4.2.1.	Abondance	48
4.2.2.	Diversité spécifique	49
4.2.3.	Discussion	49
4.3.	Echantillonnage étalé ou ponctuel ?	54
4.3.1.	Choix de la période optimale	54
4.3.2.	Interprétation des résultats relatifs à la semaine du 16 juillet	54
4.3.3.	Caractéristiques météorologiques du 16 juillet	55
4.3.4.	Comparaison des échantillonnages global et ponctuel	55
4.3.5.	Discussion	55
5.	RESUME, CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	57

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES PHOTOS

ANNEXES

INTRODUCTION

INTRODUCTION.

Depuis longtemps, les Insectes sont utilisés pour caractériser les milieux aquatiques (VERNEAUX, 1973). En ce qui concerne la Meuse, quelques études ont été réalisées (MEURISSE-GENIN & al., 1987; d'UDEKEM, 1987; LEJEUNE, 1987). Ces études consistent en des inventaires plus ou moins complets de la faune benthique, surtout échantillonnée sur les radiers de barrages et sur les berges. En dehors de ces milieux particuliers, la faune benthique de fleuves comme la Meuse est très difficile à échantillonner, et il est vraisemblable qu'une large part de cette faune, spécialement inféodée à la partie principale du lit majeur, soit mal connue.

Vu ces problèmes d'échantillonnage du benthos dans les grosses rivières, les Insectes adultes émergeant de ces cours d'eau ont fait l'objet d'études visant à caractériser ces milieux importants tant d'un point de vue écologique que d'un point de vue économique (MALICKY, 1978, 1980; CHANTARAMONGKOL, 1983; USSEGLIO-POLATERA, 1985; STROOT & LEJEUNE, 1990).

Parmi les Insectes utilisés, l'ordre des Trichoptères ainsi que ceux des Ephéméroptères et des Plécoptères semblent convenir pour ce genre d'étude. En effet, leur sensibilité aux modifications de l'environnement et la connaissance relativement bonne de leur taxonomie en font des sujets de choix.

Une première étude (LEJEUNE, 1987; STROOT & LEJEUNE, 1990) a établi l'intérêt et la possibilité d'utiliser les Trichoptères et, dans une moindre mesure, les Ephéméroptères et les Plécoptères, à des fins de caractérisation et de suivi à long terme de la Meuse.

En continuité avec ces résultats, l'objectif de notre mémoire est de préciser les modalités d'utilisation de ces Insectes dans le cas de la Meuse, en déterminant principalement la période optimale d'échantillonnage. Un suivi à long terme de la qualité du fleuve à partir des Insectes adultes ne pouvait en effet être pratiquement réalisable que sur base d'un échantillonnage effectué sur une courte période. La condition est que les échantillons soient suffisamment riches, diversifiés et représentatifs pour pouvoir traduire des différences de qualité du milieu.

Pour ce faire, nous comparerons d'un point de vue quantitatif et qualitatif trois stations situées en Meuse : deux stations en amont de Namur et une, plus altérée, en aval.

Nous présenterons ce travail en cinq parties.

La première, essentiellement bibliographique, tend à définir l'utilisation des Insectes adultes aériens dans l'évolution de la qualité d'un milieu aquatique, à décrire les différentes méthodes d'échantillonnage et, après une brève présentation des trois ordres (Trichoptères, Ephéméroptères et Plécoptères), à analyser les différents paramètres agissant sur la capture des Insectes.

Les deuxième et troisième parties consisteront à préciser le milieu d'étude, la Meuse et les trois stations choisies : Waulsort, Tailfer et Andenne.

C'est au cours de la quatrième partie que seront développés les résultats proprement dits. Après avoir dressé une liste faunistique des taxa relevés, nous comparerons les trois stations en fonction de leur abondance, leur diversité spécifique et des espèces indicatrices. Sur base de ces résultats, nous tenterons de déterminer une période optimale d'échantillonnage.

La cinquième partie comprendra un résumé, les conclusions et une discussion axée sur les perspectives d'utilisation de ces Insectes en vue d'une surveillance à long terme de l'écosystème aquatique Meuse.

SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

1. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.

1.1. Utilisation des Invertébrés pour évaluer la qualité des milieux aquatiques.

De nombreuses études ont montré l'intérêt de l'utilisation des Insectes pour caractériser un milieu aquatique (VERNEAUX, 1973; PERRIN, 1978; PRAT, 1980; VIEDMA & GARCIA DE JALON, 1980). En effet, ces organismes peu mobiles ayant un cycle de vie relativement long intègrent les variations de la qualité du milieu et permettent la détection de pollutions en dehors d'éventuelles périodes de rejets.

Pour mener à bien une étude d'évaluation de la qualité des eaux grâce aux Invertébrés, deux séries d'approches peuvent être envisagées : les approches biocénotiques, qui s'intéressent à l'ensemble de la communauté des Invertébrés; et les méthodes des bioindicateurs, qui font intervenir quelques espèces bien déterminées, qualifiées d'indicateurs. D'autres méthodes sont intermédiaires et utilisent à la fois l'ensemble de la communauté des Invertébrés et la valeur bioindicatrice de certains taxa particuliers.

1.1.1. Les approches biocénotiques.

Les approches biocénotiques se basent sur un principe général : les milieux non altérés sont caractérisés par une diversité importante et une abondance faible ou moyenne de la plupart des taxa. Si le milieu est altéré, le nombre d'espèces diminue au profit d'une augmentation du nombre de certaines espèces résistantes. Les approches biocénotiques s'intéressent surtout à la diversité spécifique. Elles peuvent utiliser divers indices dont les indices de diversité de Simpson ou de Shannon-Weaver ou encore de Pielou. Ces méthodes sont applicables à la plupart des organismes et à la plupart des milieux.

1.1.2. Les approches par bioindicateurs.

La présence ou l'absence de certains organismes particuliers est fonction des facteurs abiotiques et biotiques (HIGLER & TOLKAMP, 1982) et ces organismes sont en ce sens des

bioindicateurs. Cette relation peut être utilisée pour analyser les eaux courantes. Les espèces bioindicatrices seront choisies en fonction de leur valence écologique. En effet, on choisira comme bioindicateurs des espèces sténoèces par rapport à un facteur écologique ou à un ensemble de facteurs écologiques.

Certains ordres ou parties d'ordres sont utilisés préférentiellement, comme les Trichoptères, les Ephéméroptères et les Plécoptères (SOWA, 1980; PUIG & al., 1981; HIGLER & TOLKAMP, 1982; USSEGLIO-POLATERA, 1985).

1.1.3. Les méthodes intermédiaires.

Des méthodes basées sur la présence de nombreuses espèces appartenant aux divers groupes taxonomiques ont été développées. Le système des saprobies fait partie de ces méthodes et rejoint donc l'approche biocénotique abordée précédemment.

Bien que les approches par bioindicateurs soient en principe tributaires d'une identification spécifique, certaines méthodes utilisent des taxa d'un ordre supérieur : genres, familles, voire ordres. Pour tenter de compenser quelque peu la perte de précision due au niveau d'identification, ces méthodes utilisent un vaste ensemble de groupes taxonomiques et un système de codification. Parmi ces méthodes, la méthode de CHANDLER (1970) ainsi que les méthodes des indices biotiques (TUFFERY & VERNEAUX, 1973) et leurs variantes : IBG, IQBG (VANDERSLYCKEN, 1989) ont été développées pour l'évaluation des milieux lotiques.

1.2. Utilisation des Insectes adultes aériens.

Jusque ces dernières années, ce sont surtout les stades aquatiques qui ont été préconisés dans l'estimation de la qualité de l'eau. Cependant, il s'est avéré que l'utilisation de macroinvertébrés comprenait divers problèmes, surtout dans les cours d'eau larges et profonds (ELLIOTT & al., 1980). Réaliser un échantillonnage représentatif dans une grande rivière requiert des prélèvements dans les différents habitats ou dans des microhabitats sélectionnés mais comparables. Or, la nature de ces microhabitats est en général non connue et les méthodes d'échantillonnage disponibles demandent un effort et une expérience importants. De plus, certains substrats sont à peu près inaccessibles quelque soit le type d'échantillonnage utilisé.

Tableau 1. : Comparaison des abondances de Trichoptères capturés au piège lumineux dans deux stations du Danube et du Rhin (CHANTARAMONGKOL, 1983).

	Danube	Danube	Rhine	Rhine
	Linz 1976-77 (Malicky 1978)	Veröce 1980	Oppenheim + Ingelheim 1979 (Malicky 1980)	Schierstein 1979
<i>Rhyacophila pascoei</i> McLachlan	85	1	—	—
<i>Agapetus laniger</i> (Pictet)	24	—	—	—
<i>Hydroptila angulata</i> Mosely	137	—	18	2
<i>H. forcipata</i> (Eaton)	120	—	—	—
<i>H. sparsa</i> Curtis	103	—	—	—
<i>Hydropsyche</i> <i>bulgaromanorum</i> Mal.	787 (11,4%)	4	—	—
<i>H. contubernalis</i> McLachlan	26113 (47,3%)	22393 (98,4%)	108631 (99,9%)	8168 (99,9%)
<i>H. guttata</i> Pictet	13	—	—	—
<i>H. modesta</i> Navás	—	16	—	—
<i>H. pellucidula</i> (Curtis)	12349 (22,4%)	1	—	—
<i>H. siltalai</i> Döhler	2	—	—	—
<i>Cheumatopsyche lepida</i> (Pictet)	10	—	—	—
<i>Neureclipsis bimaculata</i> (Linnaeus)	4	29	—	—
<i>Psychomyia pusilla</i> (Fabricius)	14368 (26,1%)	14	—	—
<i>Ecnomus tenellus</i> (Rambur)	—	9	3	2
<i>Ceraclea alboguttata</i> (Hagen)	2	6	8	—
<i>C. dissimilis</i> (Stephens)	1023	240	—	—
<i>Oecetis ochracea</i> (Curtis)	1	21	—	—
<i>O. tripunctata</i> (Fabricius)	—	2	—	—
<i>Setodes punctatus</i> (Fabricius)	1	10	—	—
Total species	33	47	6	4
Water quality class	2	2-3	3	3-4

Le problème majeur de l'utilisation des macroinvertébrés benthiques comme bioindicateurs réside dans le fait qu'il existe des différences naturelles dans les communautés causées par les facteurs autres que la qualité de l'eau comme par exemple, la vitesse du courant, la nature du substrat,... Il est parfois difficile d'adopter une méthode d'échantillonnage standard pour les stades aquatiques. De plus, d'autres problèmes peuvent intervenir : difficultés d'ancrage, destruction éventuelle du matériel lors de fortes crues, difficultés d'identification des larves,...

C'est pourquoi, les Insectes adultes aériens apparaissent comme particulièrement intéressants, malgré les inconvénients propres à leur capture (RESH, 1976; MALICKY, 1978, 1980, 1981; FONTAINE, 1982). Des tentatives d'évaluation et de suivi de la qualité de grandes rivières ont été menées sur le Rhin (MALICKY, 1980), sur le Danube (CHANTARAMONGKOL, 1983), sur le Rhône (USSEGLIO-POLATERRA, 1985) et sur la Meuse (LEJEUNE, 1987; STROOT & LEJEUNE, 1990). Les résultats qui en découlent semblent montrer l'efficacité de l'utilisation des Insectes adultes aériens et plus spécialement des Trichoptères à des fins de caractérisation des grands cours d'eau.

Dans son étude menée sur le Danube, CHANTARAMONGKOL (1983) a par exemple suggéré l'utilisation de Trichoptères comme indicateurs de la qualité de l'eau dans le cas des grandes rivières. Le Tabl. 1 nous montre la comparaison des abondances des captures par piège lumineux dans différents sites. A Linz, 33 espèces de Trichoptères sont capturées, dont *Hydropsyche contubernalis* (47% des captures de Trichoptères), *H. bulgaromanorum* (1,4%), *H. pellucidula* (22,4%) et *Psychomyia pusilla* (26,1%). La situation est considérée comme normale pour une rivière légèrement polluée (qualité de l'eau : classe 2, bêta-mésosaprobique). A Veröce, 47 d'espèces sont capturées mais *H. contubernalis* est largement dominant (98,4% de Trichoptères). Le Danube, entre Linz et Veröce, est affecté par des rejets domestiques et industriels venant de Linz, Vienne et d'autres rivières. Les résultats de Veröce suggèrent que l'état de l'eau atteint la qualité 2-3 (bêta-mésosaprobique à alpha-mésosaprobique). En comparaison, le Rhin à Ingelheim et Oppenheim (Tabl.1), nettement plus pollué (classe 3 : alpha-mésosaprobique), montre une dominance quasi exclusive d'*H. contubernalis* (99,9%), le nombre d'espèces étant tombé à 6 et 4 respectivement. Cependant, d'après CHANTARAMONGKOL (1983), les Insectes aquatiques

n'indiqueraient pas uniquement la saprobicité mais également la teneur en oxygène disponible.

USSEGLIO-POLATERA (1985) a quant à lui utilisé les résultats de l'échantillonnage au piège lumineux réalisé par Fontaine (1982) sur le Rhône de 1958 à 1982. Le piège fonctionnait en permanence de juin à juillet. Il a constaté que les changements dans la composition des Trichoptères et Ephéméroptères semblaient correspondre à une élimination de nombreux taxa causée par des modifications du biotope. Ces modifications sont essentiellement d'origine humaine et entraînent une redistribution des niches écologiques en fonction du substrat et de la source en nourriture. Il a préconisé l'utilisation des Insectes adultes aériens et notamment des Trichoptères et Ephéméroptères, comme bioindicateurs de la qualité des milieux " eaux courantes" vus de manière globale.

Ces deux exemples montrent que, malgré les inconvénients liés surtout à l'échantillonnage (Cf. 1.3.), les Insectes adultes aériens et plus spécialement les Trichoptères ainsi que les Ephéméroptères et Plécoptères peuvent être considérés comme de bons bioindicateurs, utilisables pour les grands cours d'eau. Ils rendent compte des changements anthropogéniques des eaux courantes et de leur degré de pollution.

1.3. Echantillonnage.

1.3.1. Les méthodes d'échantillonnage.

Différentes méthodes existent pour la capture et l'échantillonnage des Insectes adultes aériens : la capture directe, les pièges adhésifs, les pièges à émergence ainsi que les pièges lumineux. Chacune a ses avantages et ses inconvénients et permet de répondre de façon plus ou moins adéquate à un certain nombre de questions relatives à la composition qualitative ou quantitative de la faune, à la distribution des organismes, à l'importance et au sens de leurs déplacements, voire à leur densité ou leur biomasse.

Tableau 2 : Mise en évidence du vol vers l'amont des Trichoptères dans le Rhône grâce à des pièges adhésifs directionnels (plaques de verre engluées). (Modifié d'après USSEGLIO-POLATERA, 1985).

Taxons	Face amont	Face aval
<i>Psychomyia pusilla</i>	118	457
<i>Neureclipsis bimaculata</i>	51	106
<i>Hydropsyche exocellata</i>	21	31
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	3	6

1.3.1.1. Capture directe.

La capture directe s'effectue suivant plusieurs procédés, à vue, au filet ou encore à l'aide d'un aspirateur buccal. La capture directe présente comme avantage de permettre un inventaire qualitatif rapide. L'inconvénient majeur de ce type de procédé est qu'il nécessite une certaine dextérité de l'utilisateur et que le repérage des Insectes sera fonction de son habileté et de son expérience sur le terrain.

1.3.1.2. Pièges adhésifs.

Les pièges adhésifs existent sous différentes formes depuis le ruban "attrape-mouches" jusqu'aux plaques de verre engluées (USSEGLIO-POLATERA, 1985; LEJEUNE, 1987). Ces pièges favorisent la capture d'Insectes adultes à n'importe quel moment de la journée. Ils permettent la capture d'Insectes à activité diurne comme à activité nocturne.

Ils présentent en outre deux intérêts majeurs:

- de permettre un échantillonnage à priori non ou peu sélectif;
- de permettre éventuellement de distinguer les directions de vol des Insectes.

Ainsi, les résultats de piégeage par plaques de verre obtenus par USSEGLIO-POLATERA (1985) ont montré une dominance des captures de Trichoptères et d'Ephéméroptères sur la face aval de la plaque adhésive et ont donc révélé la prédominance d'une direction de vol vers l'amont (Tabl.2). Ceci confirme l'hypothèse du cycle de colonisation de MÜLLER (1954), à savoir le vol privilégié vers l'amont des adultes, au moins des femelles d'un certain nombre de groupes inféodés aux eaux courantes. Ce vol vers l'amont est considéré comme le principal mouvement compensatoire de la dérive chez les Insectes.

Les pièges adhésifs reflètent surtout l'activité des Insectes. Ils rendent difficile le prélèvement d'espèces à activité de vol réduite mais permettent la capture d'espèces à vol long et/ou fréquent, notamment celles qui volent en essaim. Cette technique s'avèrerait donc plus sélective qu'il n'y paraît de prime abord (LEJEUNE, 1987). De plus, le tri et surtout l'identification des

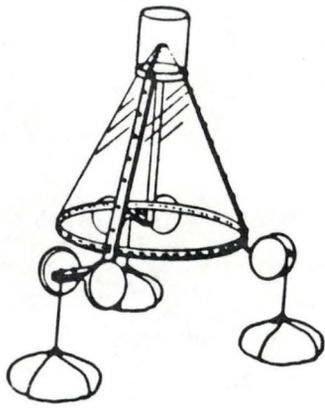


Figure 1 : Cône de Mundie (1954).



Figure 2 : Serre d'ILLIES (1975).

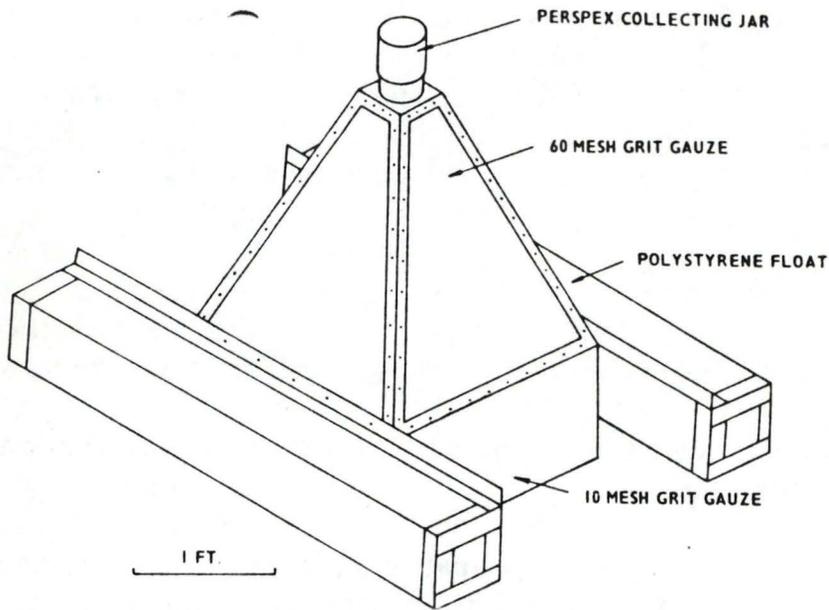


Figure 3 : Piège à émergence (D'après LANGFORD et DAFFERN, 1975).

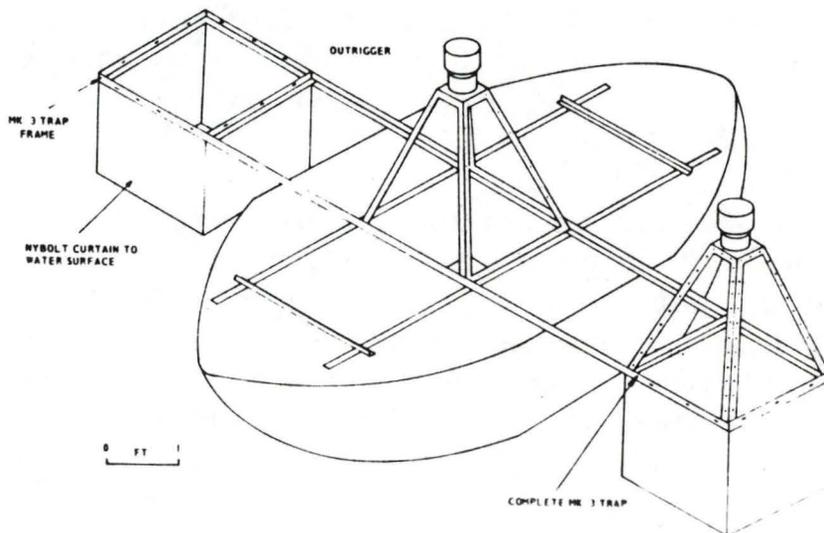


Figure 4 : Piège à émergence (D'après LANGFORD et DAFFERN, 1975).

Insectes peuvent être rendus difficiles par la présence de colle (LEJEUNE, 1987).

1.3.1.3. Pièges à émergence.

Le nombre de modèles de pièges à émergence est considérable, mais leur principe reste le même. En effet, il s'agit d'un dispositif permettant un échantillonnage des Insectes émergeant sur une surface donnée.

Parmi les modèles existant figurent le cône de MUNDIE (1964), la serre d'ILLIES (1975),... (Fig. 1-4). Ces pièges favorisent un échantillonnage précis sur une surface donnée, permettant ainsi de quantifier l'émergence ou donner des informations supplémentaires sur le mode de vie des Insectes ainsi que sur la distribution spatiale.

Le principal avantage représenté par ce type de dispositif est de pouvoir, en principe, faire un lien direct entre la faune benthique et ce qui en émerge. Il permet notamment de déterminer un rapport des sexes *a priori* représentatif. Par contre, certains biais dus aux différences de modes de vie de certaines espèces peuvent apparaître lors d'études quantitatives fines. Par exemple, les femelles d'Hydropsychidae ayant émergé descendent sous l'eau pour pondre et auront tendance à être sur-représentées dans ce type de piège. D'autres organismes comme des larves de Plécoptères ou certaines nymphes de Trichoptères Limnephilidae utilisent un substrat pour migrer vers la surface et émerger; leur échantillonnage par piège à émergence sera par conséquent biaisé suivant l'existence et la disposition de tels supports.

En outre, de par sa manipulation malaisée (difficultés d'ancrage et d'amarrage), son utilisation est limitée à des cours d'eau de petite profondeur soumis à de faibles variations de débit (LAMOTTE & BOURLIERE, 1971), et ne se justifie pas lorsque des données quantitatives rigoureuses ne sont pas nécessaires.

1.3.1.4. Pièges lumineux.

L'attraction nocturne des Insectes par la lumière constitue un fait bien connu. Cette caractéristique de la plupart des Insectes a été mise à profit pour étudier la biologie et l'éthologie de groupes systématiques appartenant en particulier, à la faune aquatique

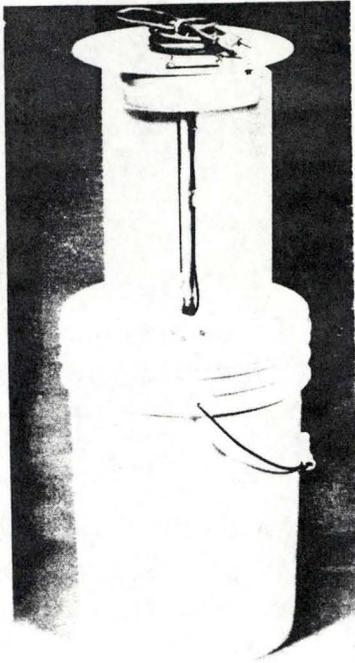


Figure 5 : Piège de Ward (D'après BOBITTE PRODUCTS, 1986).

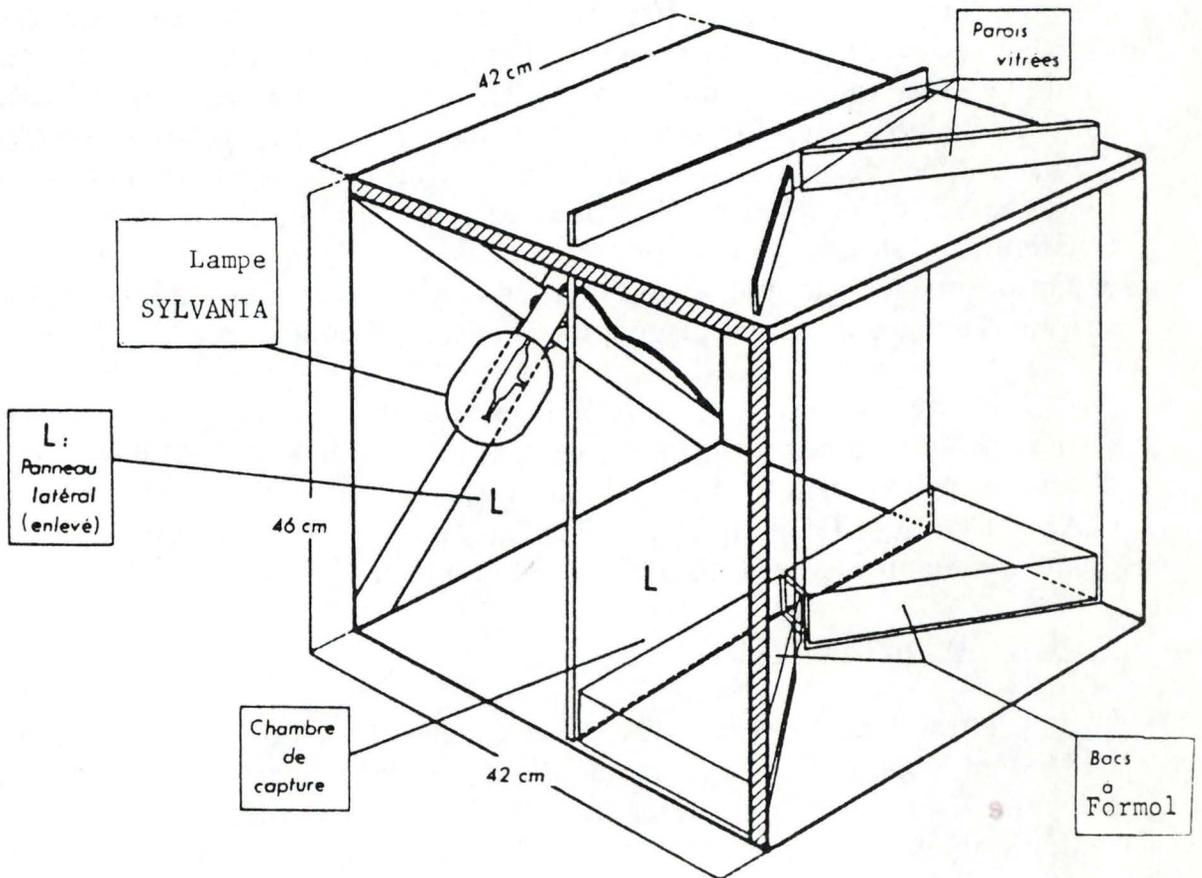


Figure 6 : Piège lumineux (Modifié d'après Fontaine, 1982).

(WILLIAMS, 1951; ULFSTRAND, 1970; CRICHTON, 1978, 1980; CHANTARAMONGKOL, 1983).

L'utilisation du piège lumineux offre plusieurs avantages:

- permettre la capture de l'entomofaune indépendamment du niveau et de la turbulence des eaux;
- faciliter le prélèvement d'espèces plus rares ou dont la phase ailée est parfois très courte (USSEGLIO-POLATERA, 1985).

Le piège lumineux est un moyen efficace pour l'échantillonnage d'Insectes aériens à activité crépusculaire ou nocturne, comme notamment les Trichoptères (CRICHTON, 1960, 1965; USSEGLIO-POLATERA, 1985; WARINGER, 1989).

Il existe de nombreux modèles de pièges lumineux différant surtout par le type de lampe et la direction du faisceau.

En ce qui concerne le type de lampe, toutes sont choisies en fonction des radiations lumineuses produites aux confins du visible et de l'ultra-violet (350 à 500 nm). Une source lumineuse souvent utilisée est l'ampoule à vapeur de mercure, dont l'émission du tube de quartz, à la fois riche en radiations lumineuses visibles et ultra-violettes, procure une efficacité de piégeage optimale (WILLIAMS, 1951 *in* USSEGLIO-POLATERA, 1985). Il y a également d'autres types de lampes, dont les lampes à lumière ultra-violet ou à lumière visible uniquement.

Quant à la direction du faisceau, il existe des pièges non-directionnels, comme le piège de Ward (Fig. 5), ainsi que les pièges bi- ou uni-directionnels, limitant la prospection du milieu et l'attraction des Insectes à une ou deux directions, selon un certain angle, comme par exemple le piège de FONTAINE (1982) (Fig. 6).

Les résultats du piégeage lumineux peuvent être fonction de plusieurs variables dont :

- les caractéristiques du piège proprement dit (à savoir le type de lampe, le faisceau,...);
- les caractéristiques physiologiques et éthologiques des espèces capturées;

Tableau 3 : Abondances relatives (%) des Trichoptères échantillonnés sur le Rhône au piège adhésif (plaques de verre engluées) et au piège lumineux (Modifié d'après USSEGLIO-POLATERA, 1985).

Taxons	Piège adhésif	Piège lumineux
Leptoceridae	0.31	6.42
Hydropsychidae	11.28	25.44
Psychomyidae	66.46	66.01
Polycentropodidae	16.62	0.09
Hydroptilidae	3.48	1.56
Autres familles	1.85	0.78

Tableau 4 : Principaux avantages et inconvénients des diverses méthodes de piégeage.

	Capture directe	Piège adhésif	Piège à émergence	Piège lumineux
A V A N T A G E S	inventaire qualitatif rapide	piégeage à n'importe quel moment de la journée détermination possible de la direction de vol	échantillonnage précis sur une surface donnée informations quantitatives informations sur l'émergence informations sur le rapport des sexes diversité des modèles	considérable efficacité de capture capture des insectes indépendamment de la turbulence des eaux prélèvements des espèces rares à phase ailée courte diversité des modèles
I N C O N V E N I E N T S	demande beaucoup de dextérité moyen très sélectif	difficultés pratiques de prélèvements capture réduite si vol réduit difficultés d'identification dues à l'état des insectes englués sélectivité moyenne	soumis aux conditions hydrologiques lourdeur d'utilisation possibilité de "ré-émergence" pour quelques espèces sélectivité faible	facilité d'utilisation piégeage nocturne uniquement zone d'attraction plus ou moins restreinte contamination possible par lumières parasites et écosystèmes voisins sélectivité moyenne

- le nombre d'Insectes en vol lors de l'échantillonnage lui-même dépendant des conditions météorologiques susceptibles d'agir à la fois sur l'activité des Insectes et sur l'attractivité du piège (USSEGLIO-POLATERA, 1985).

Les variations qualitatives et quantitatives du peuplement en place ne sont donc observées que de manière indirecte.

La zone d'attraction du piège semble restreinte (ROBINSON & ROBINSON, 1950). Les limites de cette zone semblent varier suivant la luminosité nocturne (souvent importante en zone urbaine), l'intensité lunaire ou tout simplement la topographie du terrain (MARLIER, 1978; USSEGLIO-POLATERA, 1985).

De plus, l'attractivité du piège lumineux varie selon les espèces. Dans le Tabl. 3, comprenant les abondances relatives des principales familles de Trichoptères capturés au piège adhésif ou au piège lumineux, montre par exemple que les Hydropsychidae sont particulièrement attirés par le piège lumineux, contrairement aux Polycentropodidae. Cette différence d'attractivité est imputable à une sensibilité différente des Insectes à la lumière, ainsi qu'à leurs performances de vol (MARLIER, 1978; ANDERSEN, 1978).

Une connaissance imprécise de la zone d'attraction et une possible contamination des captures par les écosystèmes voisins sont les principales limitations de cette méthode d'échantillonnage (AIKEN, 1979).

De plus, le rapport des sexes apporté par le piège lumineux peut être biaisé, par exemple à cause d'une sensibilité différente des deux sexes à la lumière ou de différences dans l'activité de vol nocturne ou crépusculaire.

1.3.1.5. Discussion.

Les méthodes de capture et d'échantillonnage sont nombreuses. Le Tabl. 4 dresse un inventaire des principaux avantages et inconvénients des divers procédés.

La capture directe et le piège adhésif présentent de nombreux inconvénients. Outre leur sélectivité, ils demandent la dextérité de l'utilisateur ou une manipulation importante. Cependant, certaines espèces sont capturées préférentiellement au piège adhésif. Ainsi, selon les résultats d'USSEGLIO-POLATERA

Tableau 5 : Rapport des sexes pour différentes espèces de Trichoptères capturés au piège lumineux (U.V.) et au piège à glu (GLU) dans le Rhône. (Modifié d'après USSEGLIO-POLATERA, 1985).

Taxons	U.V.		GLU	
	mâles	femelles	mâles	femelles
<i>Psychomyia pusilla</i>	33.9	66.1	27.1	72.9
<i>Neureclipsis bimaculata</i>	100.0	0.0	84.1	15.9
<i>Hydropsyche exocellata</i>	59.4	40.6	46.2	53.8
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	27.9	72.1	11.1	88.9
<i>Hydropsyche modesta</i>	39.4	60.6	30.6	69.4
<i>Baetis fuscatus</i>	6.9	93.1	7.1	92.9

Tableau 6 : Comparaison des captures de Trichoptères entre un piège lumineux muni d'une lampe à vapeur de mercure et un piège à capture directe par aspiration. (D'après CRICHTON, 1965).

	Light-trap		Suction-trap			
	♂	♀	♂	♀		
<i>Oxyethira flavicornis</i> (Pictet)	7812	13,954	0	0		
<i>Mystacides longicornis</i> (L.)	471	168	1	0		
<i>Orthotrichia costalis</i> (Curtis)	23	340	26	0		
<i>Athripsodes cinereus</i> (Curtis)	124	116	0	0		
<i>Hydropsyche angustipennis</i> (Curtis)	60	179	0	0		
<i>Agraylea multipunctata</i> Curtis	135	38	0	0		
<i>Oecetis lacustris</i> (Pictet)	90	45	0	0		
<i>Ecnomus tenellus</i> (Rambur)	50	74	24	0		
<i>Leptocerus tineiformis</i> (Curtis)	20	80	0	0		
<i>Athripsodes dissimilis</i> (Stephens)	33	52	0	0		
<i>Hydroptila pulchricornis</i> (Eaton)	4	69	0	0		
<i>Athripsodes senilis</i> (Burmeister)	49	14	0	0		
<i>Oecetis ochracea</i> (Curtis)	23	40	0	0		
<i>Athripsodes aterrimus</i> (Stephens)	41	13	3	2		
<i>Psychomyia pusilla</i> (F.)	2	45	0	0		
<i>Phryganea grandis</i> L.	35	4	0	0		
<i>Phryganea striata</i> L.	37	2	1	0		
<i>Tinodes waeneri</i> (L.)	28	8	0	0		
<i>Agraylea sexmaculata</i> Curtis	18	15	0	0		
<i>Polycentropus irroratus</i> (Curtis)	1	32	0	0		
<i>Limnephilus lunatus</i> Curtis	16	15	1	0		
<i>Limnephilus flavicornis</i> (F.)	15	12	0	0		
<i>Hydropsyche instabilis</i> (Curtis)	1	15	0	0		
<i>Glyphotaelius pellucidus</i> (Retzius)	8	8	0	0		
<i>Molanna angustata</i> Curtis	15	0	1	0		
	9111	15,338	57		2	
<i>Hydropsyche contubernalis</i> McLachlan	1	8	0	0		
<i>Cyrnus trimaculatus</i> (Curtis)	5	3	43	0		
<i>Limnephilus auricula</i> Curtis	6	2	0	0		
<i>Athripsodes fulvus</i> (Rambur)	0	6	0	0		
<i>Trienodes bicolor</i> (Curtis)	3	3	1	0		
<i>Athripsodes albifrons</i> (L.)	0	5	0	0		
<i>Limnephilus sparsus</i> Curtis	1	2	0	0		
<i>Phryganea varia</i> F.	1	1	0	0		
<i>Stenophylax lateralis</i> (Stephens)	2	0	0	0		
<i>Stenophylax permistus</i> McLachlan	1	1	0	0		
<i>Mystacides azurea</i> (L.)	1	1	0	0		
	21	32	44		0	
<i>Rhyacophila dorsalis</i> (Curtis)	0	1	0	0		
<i>Agapetus fuscipes</i> Curtis	0	1	1	0		
<i>Plectrocnemia</i> sp.	0	1	0	0		
<i>Lype phaeopa</i> (Stephens)	1	0	1	0		
<i>Stenophylax sequax</i> (McLachlan)	1	0	1	0		
<i>Silo pallipes</i> (F.)	1	0	0	0		
	3	3	3		0	
<i>Holocentropus picicornis</i> (Stephens)	0	0	3	0		
Number caught	9135	15,373	107	2		
	24,508		109			
Number of species	42		12			

(1985), dans le Rhône, l'abondance de *Neureclipsis bimaculata*, par exemple, a pu être mise en évidence par le piège à glu alors que l'espèce n'a quasiment pas été capturée au piège lumineux (Tabl.5). Une activité préférentiellement diurne et une sensibilité moindre à la lumière ont été considérées comme les raisons de cette absence du piège lumineux.

Le piège lumineux, comme le piège à émergence, fournit une image inexacte du peuplement en place puisqu'ils restent tous deux soumis aux caractères éthologiques et physiologiques propres à chaque espèce et aux facteurs météorologiques qui déterminent l'activité de vol.

Le rapport des sexes peut être une information apportée par la méthode de piégeage. Cependant, les résultats diffèrent suivant le procédé.

En effet, si l'on admet avec MALICKY (1980) que dans la nature, les proportions de mâles et femelles devraient être à peu près équivalentes à celles données par le piège à émergence, par contre, la différence dans le rapport des sexes observé au piège lumineux paraît résulter plus d'une différence dans le niveau d'activité ou d'attractivité des deux sexes.

La prospection du milieu assurée par le piégeage lumineux est largement supérieure à celle réalisée par piégeage adhésif (USSEGLIO-POLATERA, 1985). 92 % des espèces répertoriées contre 56 % par piégeage adhésif. Sur base de comparaisons, certains auteurs dont CRICHTON (1960, 1965) et SVENSSON (1974) ont également montré une efficacité de capture avec le piège lumineux supérieure à celle d'autres dispositifs non attractifs (piège à aspiration, piège Malaise,...) (Tabl. 6). Comme le montre ce tableau, 24.508 Trichoptères dont 42 espèces ont été capturés au piège lumineux muni d'une lampe à vapeur de mercure contre 109 individus dont 12 espèces pour le piège à aspiration.

Une connaissance imprécise de la zone attractive et une possible contamination des captures par les écosystèmes voisins sont les principales limitations de l'échantillonnage au piège lumineux.

La zone attractive paraît cependant limitée pour n'attirer que des individus se déplaçant à proximité immédiate du piège.

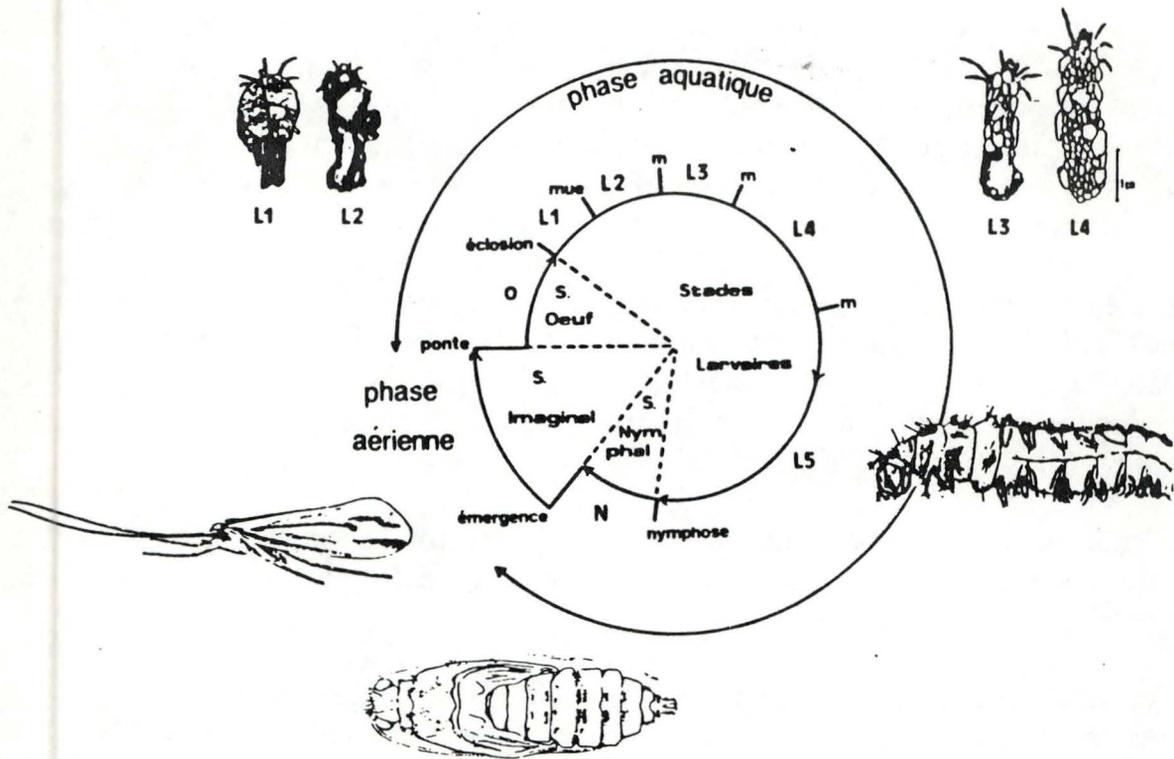


Figure 7 : Cycle de vie typique d'un Trichoptère (Limnephilidae)
(D'après STROOT, 1988).

Les problèmes de sélectivité ne sont pas seulement imputables à cette méthode. En effet, les méthodes classiques d'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques présentent des inconvénients similaires ou plus importants.

Malgré les limitations propres à cette méthode d'échantillonnage, le piégeage lumineux permet une bonne caractérisation de l'évolution des diverses populations d'Insectes adultes (Trichoptères, Ephéméroptères, Plécoptères) dont les valeurs individuelles comme indicateurs de milieu suffisent à rendre compte de l'évolution du biotope (CHANTARAMONGKOL, 1983; USSEGLIO-POLATERA, 1985).

Le piège lumineux se démarque donc finalement des autres techniques de capture par son attractivité importante, son aptitude à échantillonner aussi les espèces moins communes, sa facilité d'utilisation, y compris pour le traitement des échantillons et pour l'identification, bref, une efficacité globale considérable pour des inventaires faunistiques (CRICHTON & al., 1978; ANDERSEN, 1980, 1985; USSEGLIO-POLATERA, 1985). C'est pourquoi le piège lumineux a généralement été choisi comme technique d'échantillonnage pour un suivi d'écosystèmes fluviaux, y compris pour la Meuse belge.

1.3.2. Choix de la période d'échantillonnage.

Les périodes de vol des différentes espèces varient suivant leur cycle de vie et donc les variables altitude-latitude. D'après la littérature, nous avons pu dresser un certain nombre de modèles d'émergence.

1.3.2.1. Cycles de vie.

Les Trichoptères présentent une certaine diversité dans leur cycle de vie. Toutefois, sous nos latitudes, leur cycle de vie s'effectue généralement sur un an avec ses quatre phases (Fig.7) :

- phase oeuf;
- phase larvaire, comprenant 5 stades ou plus;
- phase nymphale;
- phase adulte;

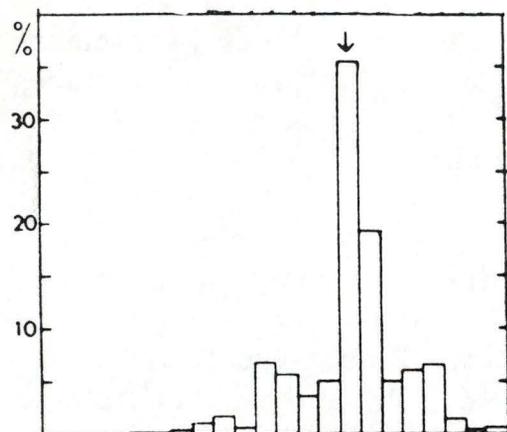


Figure 8 : Pourcentage de captures de *Hydropsyche siltalai* (D'après CRICHTON et FISHER, 1982).

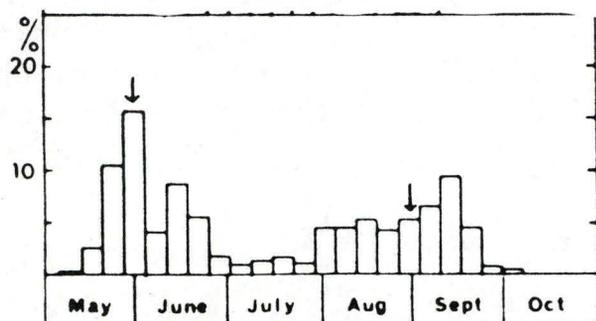


Figure 9 : Pourcentage de captures de *Tinodes waeneri* (D'après CRICHTON, 1974).

La phase oeuf dure entre 1 à 3 semaines, suivi des stades larvaires, phase la plus longue (9 à 10 mois), le stade nymphal (plus ou moins 1 mois) et le stade imaginal qui dure de quelques semaines à quelques mois pour ceux qui présentent une diapause imaginale comme le Limnephilidae *Stenophylax* (BOUVET, 1976).

Il apparaît donc que c'est sous la forme larvaire que le Trichoptère passe une grande partie de son existence.

Le mode d'émergence varie selon les groupes : la nymphe mature peut soit remonter vers la surface en pleine eau, soit se servir d'un substrat (pierre émergée, branchages, berges,...). La période d'émergence est soit printanière, soit estivale ou encore automnale, synchronisée (une ou plusieurs émergences) ou étalée.

1.3.2.2. Activité et périodes de vol des différents Insectes.

Une fois adultes, les Insectes adoptent plusieurs types de vol. Le vol de ces Insectes se caractérise non seulement par le type mais aussi par sa direction, sa distance et également par la période de la journée où il s'effectue.

D'après la littérature, nous pouvons considérer trois modèles de vol :

-Le premier groupe réunit les espèces univoltines qui présentent une courte période d'émergence, comme par exemple *H. siltalai* (Fig.8) et *H. pellucidula* en Grande-Bretagne.

-Le deuxième groupe comprend les espèces bivoltines à générations séparées (mai/ septembre-octobre) qui maintiennent un niveau de capturabilité minimale ou nulle entre ces deux périodes. Ces espèces par exemple sont représentées sur le Rhône par *Hydropsyche contubernalis*, *H. modesta* et *H. exocellata* (USSEGLIO-POLATERA, 1985). *Hydropsyche contubernalis*, bivoltine en Grande-Bretagne (CRICHTON & al., 1978) est capturée d'avril à août dans les Pyrénées (DECAMPS, 1968). *H. modesta* est bivoltine en Italie centrale (MORETTI & CIANFICCONI, 1984). Par contre, *H. exocellata* est rencontrée uniquement en avril-mai dans la plaine de la Garonne (DECAMPS, 1967). *Ceraclea dissimilis* possède une période de vol de mi-mai à mi-septembre en France.

-Le troisième groupe rassemble les éléments faunistiques à générations ou cohortes chevauchantes qui maintiennent un niveau de capture relativement élevé pendant toute la période de piégeage: *Tinodes waeneri* (Fig 9) et *Polycentropus flavomaculatus*

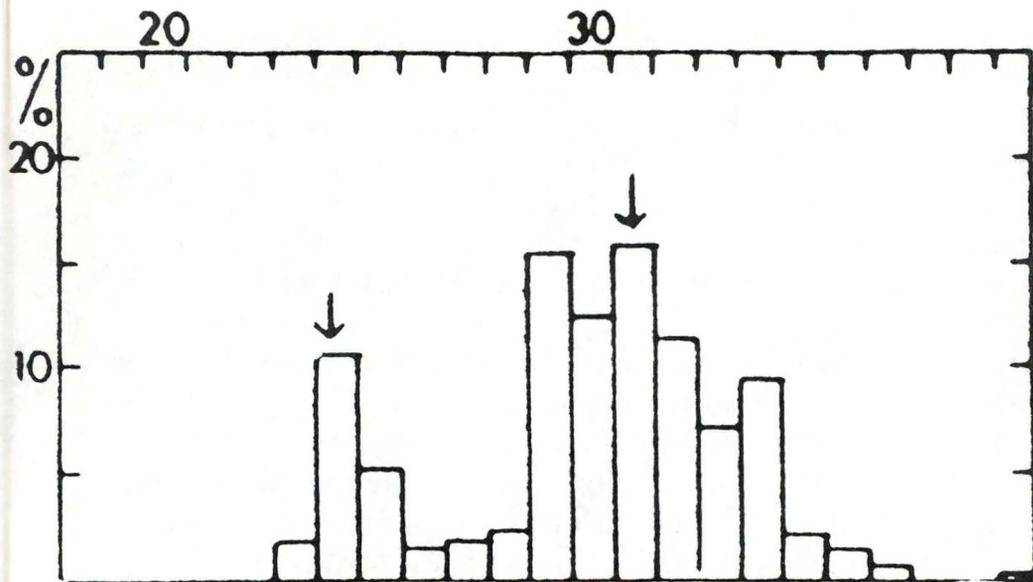


Figure 10 : Pourcentage de captures de *Polycentropus flavomaculatus* (D'après CRICHTON et FISHER, 1982).

Tableau 7 : Exemples d'occurrences saisonnières chez les Trichoptères (Classification de CRICHTON, 1960).

Période et type de vol	Taxons	Région	Sources
Eté, vol court	Les Phryganeidae en général <i>Leptocerus tineiformis</i> (Curtis) <i>Tinodes rostocki</i> Mc Lachlan	Angleterre	CRICHTON, 1960
		Belgique	PILETTE, 1986
Eté, vol long	<i>Mystacides longicornis</i> (L.) gr <i>Stenophylax</i> Hydroptilidae La plupart des Limnephilidae <i>Rhyacophila dorsalis</i>	Angleterre	CRICHTON, 1960
		France	BOUVET, 1977
		Finlande	BAGGE, 1985
		Angleterre	CRICHTON, 1981
Belgique			PILETTE, 1986
		Angleterre	CRICHTON, 1981
Automne	Certains Limnephilidae <i>Limnephilus nigripes</i> (Zetterstedt) <i>L. decipiens</i> (Kolenati) <i>Anabolia nervosa</i> (Curtis) <i>Halesus digitatus</i> (Schrank) <i>H. radiatus</i> (Curtis) <i>Enoicyda pusilla</i> (Burmeister)	Angleterre	CRICHTON, 1981
Double génération	<i>Tinodes waeneri</i> (L.) <i>Oxyethira flavicornis</i> (Pictet) <i>Agraylea multipunctata</i> (Curtis)	Angleterre	CRICHTON, 1960

(Fig.10) en Angleterre (CRICHTON, 1965), *Heptagenia sulphurea* (SOWA, 1975; KALLAB-MAKIN, 1985).

Remarquons que les périodes d'émergence ne sont pas constantes. Elles varient suivant la position géographique et les variables altitude/latitude.

Parmi les causes de mono- ou bivoltinisme, l'action de la température peut être invoquée pour certaines espèces (LANGFORD, 1975). C'est ainsi que *H. siltalai* et *H. pellucidula* sont monovoltines en Grande-Bretagne et en Pologne où les températures estivales sont basses. Dans le Rhône, ces deux espèces réagissent différemment : *H. siltalai* reste monovoltine tandis que *H. pellucidula* paraît s'adapter aux températures plus élevées et devient bivoltine (USSEGLIO-POLATERA, 1985).

Certains auteurs (LANGFORD, 1975; USSEGLIO-POLATERA, 1985; ELLIOTT, 1986) ont montré une réduction de la taille de l'Insecte du début à la fin de la période d'émergence pour des espèces à longue période d'émergence.

Les Insectes et, particulièrement les Trichoptères peuvent aussi se classer suivant leur occurrence saisonnière. Ainsi, CRICHTON (1960) distingue quatre groupes d'espèces selon leur période de vol (Tabl. 7) :

- des espèces d'été à vol court : ce sont des espèces univoltines à émergence printanière ou estivale;
- des espèces à vol long; ce sont soit des espèces à émergence printanière et longue vie adulte soit des espèces à vie adulte courte et à émergences régulières, étalées sur une grande période;
- des espèces d'automne à cycle de vie annuel et vie courte;
- des espèces à double "génération" avec l'apparition de deux pics par an. Cela traduit soit un cycle au moins partiellement bisannuel soit la présence d'une diapause.

Le vol des Insectes se caractérise également par sa direction. De nombreuses observations et expériences de piégeage montrent en effet les tendances aux migrations remontantes d'imagos de nombreuses espèces de Trichoptères, tout comme aussi d'Ephéméroptères et de Plécoptères (ELLIOTT, 1969; THOMAS, 1975; BIRD & HYNES, 1981). Ce vol vers l'amont est considéré comme le principal mouvement compensatoire de la dérive

Tableau 8 : Types d'activité journalière de vol chez les Trichoptères.

Types de vol	Taxons	Sources
Vol de jour	Beaucoup de Leptoceridae, Hydroptilidae et Hydropsychidae	LEWIS et al., 1984
Vol crépusculaire	<i>Mystacides longicornis</i> (L.) <i>Athripsodes cinereus</i> (Curtis)	BRINDLE, 1957 "
Vol de nuit	<i>Tinodes waeneri</i> (L.) <i>Molanna angusta</i> (Curtis) <i>Psychomyia pusilla</i> (Fabricius) <i>Cyrnus trimaculatus</i> (Curtis) <i>C. flavidus</i> Mc Lachlan <i>Polycentropus flavomaculatus</i> (P.)	BRINDLE, 1957 " " " " "
Vol intermédiaire	<i>Hydropsyche siltalai</i> Dölher <i>Rhyacophila dorsalis</i> (C.) <i>Limnephilus rhombicus</i> (L.) <i>L. centralis</i> (Curtis) <i>L. sparsus</i> (Curtis)	BRINDLE, 1957 CRICHTON, 1960 " " "

(MULLER, 1954). Les résultats d'USSEGLIO-POLATERA (1985) montrent une prédominance (Tabl. 2) des captures réalisées sur la face aval de plaques adhésives (67,8%), donc d'individus ayant adopté une direction de vol vers l'amont, 32,2% des individus seulement manifestant une tendance à l'avalaison. SVENSSON (1974) dans une étude sur le vol des Trichoptères a montré qu'en moyenne, sur 15 espèces, 55% des femelles se déplaceraient vers l'amont et 45% vers l'aval. Par contre, SCHUMACHER (1970) montre que chez le genre *Hydropsyche*, les déplacements d'imagos se font autant vers l'aval que vers l'amont et considère que le mécanisme de compensation paraît exclusivement larvaire.

Le vent est un facteur important. BISHOP (1973) a montré que les imagos des Trichoptères ont en général tendance à voler contre le vent. C'est le cas chez *Neureclipsis bimaculata* et *Psychomyia pusilla* en particulier.

Le vol des Insectes se caractérise non seulement par son type et sa direction mais également par la période de la journée où il s'effectue. Ainsi, on peut distinguer des espèces à vol diurne, nocturne, crépusculaire ou intermédiaire (Tabl. 8) Les espèces à vol nocturne ont souvent une activité bimodale. Le vol débute massivement au crépuscule, diminuerait pendant la nuit et présenterait un second pic à l'aube, généralement de moindre importance. Mais comme le remarque ULFSTRAND (1970), la plupart des travaux attribuant aux Trichoptères une activité essentiellement nocturne et/ou crépusculaire sont principalement basés sur des expériences de piégeage lumineux. Or, ces résultats ne peuvent être extrapolés à la totalité de la journée compte tenu de l'inefficacité de la méthode de capture en phase diurne.

Il a été démontré que l'émergence comme l'activité de vol de nombreux Insectes et notamment les Trichoptères n'étaient pas limitées à la phase nocturne (CRICHTON, 1974, SAVOLAINEN, 1978; ANDERSEN, 1979). De nombreux Trichoptères volent pendant la journée : Hydroptilidae, Leptoceridae (NIELSEN, 1948; LEWIS & TAYLOR, 1964), certains essentiellement l'après-midi comme *Cyrnus trimaculatus* (LEWIS & TAYLOR, 1964).

Il faut cependant considérer que le nombre d'Insectes volant le jour ou la nuit dépend fortement de la température (LEWIS & TAYLOR, 1964). Les Insectes volant le jour sont en général plus petits, plus foncés et plus velus que ceux volant la nuit.

Tableau 10 : Rapport des sexes des principales espèces de Trichoptères capturées au piège lumineux (U.V.) à Lyon dans le Rhône. (Modifié d'après USSEGLIO-POLATERA, 1985).

Taxons	U.V.	
	Mâles	Femelles
<i>Psychomyia pusilla</i>	33,9	66,1
<i>Neureclipsis bimaculata</i>	100,0	0,0
<i>Hydropsyche exocellata</i>	59,4	40,6
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	27,9	72,1
<i>Hydropsyche modesta</i>	39,4	60,6

Tableau 11 : Rapport des sexes de Trichoptères établis par CRICHTON (1960) sur base de captures au piège lumineux en Angleterre.

Species	♂♂	Percentage	
		♀♀	♀♀
<i>Limnephilus sparsus</i>	99	8	7
<i>L. auricula</i>	307	29	9
<i>Anabolia nervosa</i>	94	14	13
<i>Glyptotaelius pellucidus</i>	330	50	13
<i>Phryganea grandis</i>	98	16	14
<i>Halesus digitatus</i>	465	82	15
<i>Mystacides longicornis</i>	3,317	842	20
<i>Athripsodes aterrima</i>	106	29	21
<i>Agraylea pallidula</i>	383	105	22
<i>A. multipunctata</i>	463	130	22
<i>Limnephilus vittatus</i>	161	47	23
<i>L. flavicornis</i>	720	214	23
<i>Athripsodes senilis</i>	189	67	26
<i>Limnephilus lunatus</i>	2,454	876	26
<i>Stenophylax permistus</i>	137	63	31
<i>Oecetis ochracea</i>	155	92	37
<i>O. lacustris</i>	336	357	52
<i>Athripsodes cinereus</i>	394	426	52
<i>A. dissimilis</i>	137	190	58
<i>Tinodes waeneri</i>	156	219	58
<i>Ecnomus tenellus</i>	197	290	60
<i>Oxyethira costalis</i>	6,359	9,811	61
<i>Hydropsyche angustipennis</i>	519	957	65
<i>Leptocerus tineiformis</i>	533	2,174	80
<i>Hydropsyche instabilis</i>	10	105	91
<i>Orthotricha tetensis</i>	99	1,908	95

Les Trichoptères sont de bons voiliers et peuvent parcourir de longues distances (quelques kilomètres). C'est notamment le cas du Limnephilidae *Stenophylax* qui migre après émergence vers des lieux qui lui fournissent des conditions d'estivation favorables, comme des grottes,... (BOUVET, 1976). En comparaison, les Plécoptères et Ephéméroptères sont de très mauvais voiliers; la brièveté de leur vie adulte est considérée comme une adaptation contre les prédateurs (SIVARAMAKRISHNAN & VENKATARAMAN, 1985).

Le vol des Trichoptères adultes présente des différences suivant les espèces : certains volent de façon isolée comme *Halesus radiatus* (SOLEM, 1985) et beaucoup d'autres Limnephilidae, d'autres en essaim comme la plupart des Leptoceridae (HICKIN, 1967). Ces derniers forment des essaims au-dessus de l'eau, comme parfois aussi au-dessus des berges ou de la végétation. La formation d'essaims peut être soit spontanée (diurne, nocturne ou matinale), soit provoquée par des facteurs exogènes (facteurs météorologiques) et/ou endogènes (influence des phéromones par exemple).

L'activité et les périodes de vol des différents Insectes varient suivant certains paramètres d'ordre écologique, éthologique, météorologique ou encore géographique.

1.3.2.3. Rapport des sexes.

Comme l'identification spécifique requiert l'examen des genitalia, bon nombre d'auteurs étudiant les Insectes adultes renseignent le rapport des sexes (ou sex-ratio) dans leurs captures, c'est-à-dire la quantité de mâles et de femelles capturés.

Les Tabl. 10 et 11 signalent une différence des rapports des sexes des principales espèces de Trichoptères capturés au piège lumineux respectivement à Lyon (USSEGLIO-POLATERA, 1985) et en Angleterre (CRICHTON, 1960).

Si l'on admet (MALICKY, 1980) que dans la nature, les quantités de mâles et de femelles de la plupart des espèces de Trichoptères devraient être à peu près équivalentes - ce qui n'est pas prouvé - l'inégalité du sex-ratio observé au piège lumineux résulte plus d'une différence dans le niveau d'activité des deux sexes d'une même espèce que d'une attraction élective d'un sexe par rapport à l'autre.

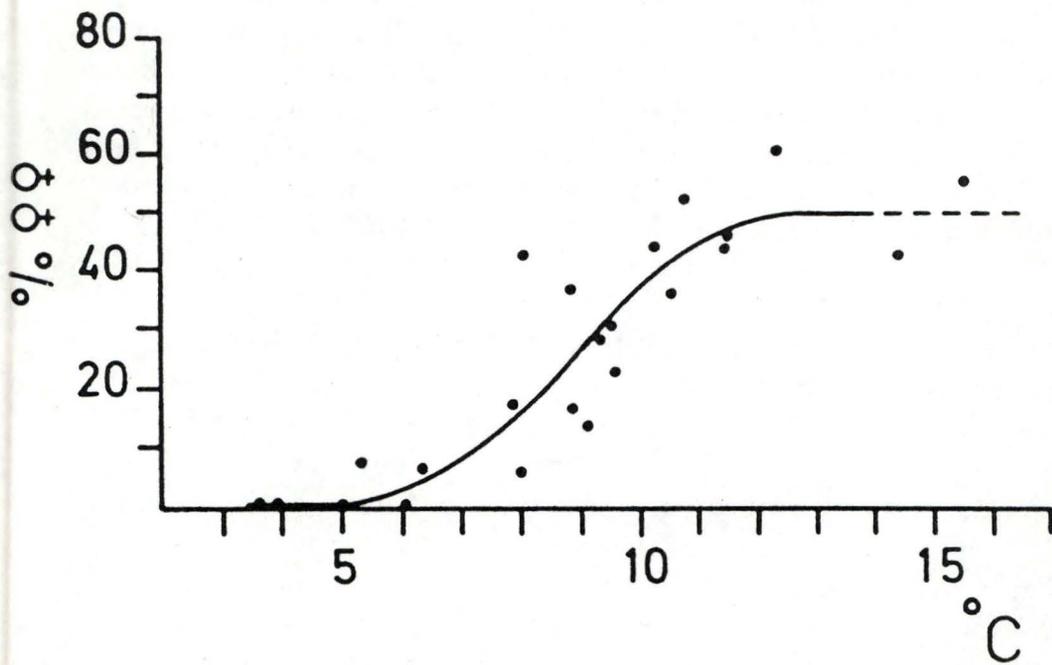


Figure 11 : Relation entre le pourcentage de femelles de Trichoptères capturées et la température nocturne (D'après ANDERSEN, 1978).

Selon PETERS & al. (1986), l'émergence précoce des mâles chez les Insectes est une caractéristique commune. Diverses explications d'ordre physiologique existent, le mâle étant peut-être plus sensible à des augmentations de température ou la femelle demandant un temps plus long pour achever son développement avant l'émergence.

L'abondance des femelles dans les pièges à émergence pourrait trouver son explication dans le fait que les femelles d'espèces d'Hydropsychidae, notamment ont la capacité de ré-émerger en déposant leurs oeufs. Quelques Trichoptères sont connus comme de bons nageurs (BADCOCK, 1953 *in* LANGFORD, 1975).

Les facteurs climatiques peuvent influencer le sex-ratio. Ainsi, ANDERSEN (1978 *in* WARINGER, 1989) a constaté une augmentation du pourcentage des femelles dans la capture en rapport avec l'augmentation de la température nocturne (Fig.11).

1.3.2.4. Conclusions.

Les Trichoptères présentent une grande diversité taxonomique mais aussi éthologique et écologique. Ces diversités éthologique et écologique se manifestent tout au long de leur cycle de vie. Ainsi, ces Insectes présentent des périodes de vol différentes suivant les espèces, leur sexe et les variables altitude/longitude.

Les connaissances relatives à cette diversité sont indispensables pour mettre au point une période d'échantillonnage optimale.

1.4. Facteurs susceptibles d'influencer la capture des Insectes.

Afin de mettre en évidence les facteurs prépondérants pour la capture des Insectes, il est nécessaire de dresser un inventaire des paramètres abiotiques et biotiques du milieu les plus susceptibles d'agir directement ou indirectement sur le comportement des Insectes. Les principaux facteurs abiotiques susceptibles d'avoir une quelconque action sur les populations sont les caractéristiques hydrologiques, physiques et chimiques de l'eau,

les facteurs climatiques. Au niveau des paramètres biotiques, on peut relever entre autres la prédation.

Facteurs abiotiques.

Les caractéristiques physiques de l'eau (vitesse, débit, température) agissent directement sur l'émergence des Insectes.

Les facteurs climatiques peuvent agir directement sur les stades aériens notamment sur l'émergence mais aussi sur l'efficacité du piégeage. D'autre part, ils ont une action indirecte en modifiant certains paramètres physiques de l'eau. Ainsi, la pluviosité influence le débit et la vitesse du courant, la température de l'air agit sur la température de l'eau.

Facteurs biotiques.

Les facteurs biotiques sont représentés par l'ensemble des prédateurs aériens (oiseaux insectivores, chauve-souris,...). Les compétitions inter- et intraspécifique ne jouent pas un rôle important dans notre cas. En effet, la compétition interspécifique n'a pas lieu chez les Trichoptères adultes, ceux-ci ne se nourrissant pas pendant leur phase aérienne, contrairement aux larves. En ce qui concerne la compétition intraspécifique, elle n'intervient pas dans la capture des Insectes. A ces facteurs, il faut ajouter l'influence humaine.

Dans ce qui suit, nous tenterons d'expliquer l'action de ces facteurs agissant sur l'émergence, le vol ou la capture des Insectes.

1.4.1. Paramètres influençant l'émergence des Insectes.

L'émergence des Insectes peut être influencée par divers paramètres d'ordre morphologique et hydrologique comme le débit, la vitesse du courant, les crues, le substrat, d'ordre physico-chimique comme la température de l'eau ou encore d'ordre climatologique comme la température, la photopériode et le cycle lunaire.

1.4.1.1. Paramètres morphologiques et hydrologiques.

a. Le débit.

La succession des crues et des étiages hypothèque la survie et le développement de différentes espèces au cours de leurs stades larvaires. Ainsi, les crues de mai 1959 et juin 1982 dans le Rhône rendent compte de la réduction, l'élimination ou le décalage de la génération de printemps ou d'été des espèces du genre *Hydroptila* et de *Psychomyia pusilla* (USSEGLIO-POLATERA, 1985).

Selon USSEGLIO-POLATERA (1985), les crues restreignent les émergences et donc les captures par élimination de tout ou d'une partie des nymphes alors charriées par le fleuve. Ceci concorde avec les données de LANGFORD (1975) qui prétend que l'émergence des Ephéméroptères peut être supprimée dans le cas de crues importantes. Ceci inclut les espèces qui émergent à la surface de l'eau comme *Heptagenia sulphurea*, *Baetis* spp. ou celles qui émergent à partir d'un objet flottant, notamment *Ephemerella ignita*.

Les Trichoptères filtreurs comme *Hydropsyche siltalaï*, *Cheumatopsyche lepida* mais aussi les constructeurs d'abris comme *Psychomyia pusilla* peuvent être également affectés par les crues (CELLOT & BOURNEAUD, 1988). Un débit élevé favorise notamment l'abondance de *Cheumatopsyche lepida* (TACHET & BOURNEAUD, 1981). Par contre, un faible débit favorise les taxa plutôt lénitiques comme *Neureclipsis bimaculata* (CELLOT & BOURNEAUD, 1988).

On constate, en outre, que la plupart des émergences de Trichoptères prennent place quand le niveau de l'eau est bas (LANGFORD, 1975).

Parmi les espèces négativement affectées par les forts débits, USSEGLIO-POLATERA (1985) distingue :

- de nombreuses espèces thermophiles de la famille des Leptoceridae, comme *Athripsodes albifrons*, *Ceraclea alboguttata*, *Ceraclea fulva* ou *Oecetis notata* ;
- et des espèces résistant difficilement aux crues comme *Hydroptila vectis* ou *Ecnomus tenellus* ou *Hydropsyche siltalaï*.

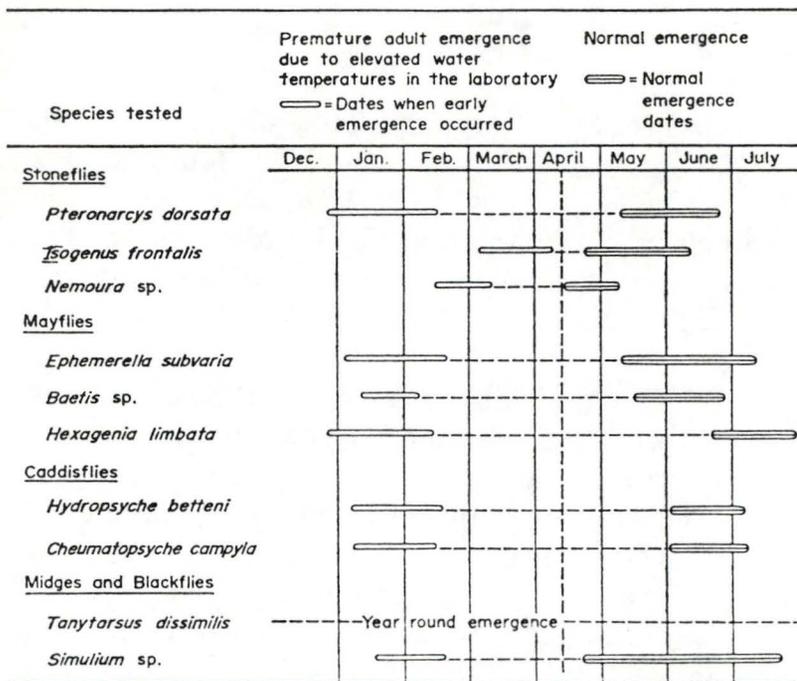


Figure 12 : Effet de l'augmentation de la température sur le temps d'émergence pour 10 espèces d'insectes en laboratoire (===== : émergence suite à l'augmentation de température; ===== : émergence normale). (D'après NEBEKER, 1971).

Par contre, *Hydropsyche modesta*, *Allotrichia pallicornis* et *Psychomyia pusilla* résistent fort bien aux débits élevés (USSEGLIO-POLATERA, 1985).

b. Le substrat.

La nature du substrat dépend fortement du courant et influence surtout la répartition des larves (STATZNER, 1981 in GASHIGNARD & BERLY, 1987). La complexité de la structure du sédiment assure une mosaïque de microhabitats. ILLIES (1978) affirme que des fluctuations irrégulières du substrat paraissent être un facteur prépondérant dans l'émergence des Insectes et dans l'utilisation des Insectes adultes comme descripteurs du milieu. Pour STATZNER (1981 in USSEGLIO-POLATERA, 1985), l'augmentation de la mobilité du substrat peut causer une raréfaction des espèces filtreuses comme, par exemple, les Hydropsychidae.

1.4.1.2. La température de l'eau.

Parce que la température de l'eau détermine des stades importants du développement aquatique de nombreux macroinvertébrés, celle-ci est considérée comme d'influence primordiale sur la composition et l'émergence des Insectes aquatiques (WARD & STANFORD, 1979).

En effet, le développement embryonnaire dépend de la température. Une élévation de la température provoque une diminution du temps de maturation. Ce phénomène a été mis en évidence chez les Ephéméroptères *Baetis rhodani* et *Ephemerella ignita* (ELLIOTT, 1978). Une réduction de la période d'éclosion est souvent le résultat d'une élévation de température (FRIENSEN & al., 1979; HUMPESCH & ELLIOTT, 1980). De même, la plupart des jeunes larves d'*E. ignita* apparaissent entre 10 et 15°C. Une élévation de température inférieure à 8°C ou supérieure à 20°C supprime leur apparition (USSEGLIO-POLATERA, 1985).

Par ailleurs, la taille de nombreux Trichoptères et Ephéméroptères est directement liée au nombre de degrés-jour (MARKARIAN, 1980).

Enfin, la température influe sur la période d'émergence (Fig.12). En effet, les variations interannuelles, naturelles ou provoquées, du régime thermique, déterminent un décalage de la

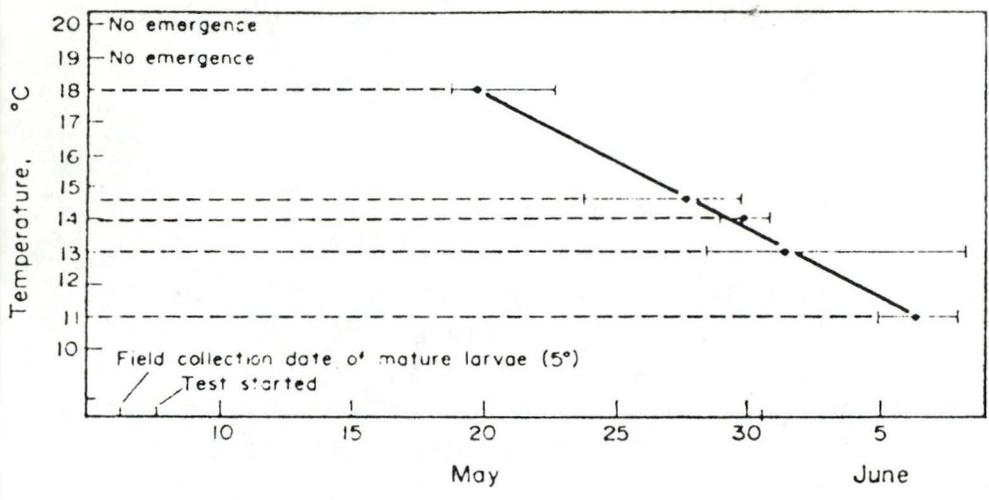


Figure 13 : Effet de la température sur l'émergence de l'Ephéméroptère *Ephemera subvaria* dans le laboratoire. (D'après NEBEKER, 1971).

période d'émergence dont les conséquences biologiques dépendent de l'ampleur de la perturbation et de l'adaptation spécifique de l'élément faunistique considéré (COUNTANT, 1967; MATTICE & DYE, 1978). On assiste selon FRIESEN & al. (1979) à une relation entre l'émergence et une large et rapide diminution de la température de l'eau. De plus, la périodicité des émergences chez de nombreux Trichoptères a pu être reliée au franchissement d'un seuil de température absolue spécifique ou peut dépendre de variations relatives au régime thermique (FLANNAGAN, 1978).

Selon les études de PETERS & al. (1986) en Floride, la température de l'eau détermine l'émergence des Ephéméroptères et celle-ci, à un jour donné, est prédictible en fonction de la période de maturation larvaire et des fluctuations de température les jours précédents. En effet, c'est l'augmentation de la température de l'eau au moment de l'émergence du jour précédent qui présente la plus forte corrélation avec l'émergence. BRITT (1962) affirme que la température de l'eau du jour précédent paraît rendre compte de l'émergence de l'Ephéméroptère *Ephoron virgo*. Il a par ailleurs été constaté que l'augmentation de la température de l'eau pendant les mois hivernaux causait une émergence précoce des adultes développés complètement (NEBEKER, 1971) (Fig.13).

Cette modification de la période d'émergence suite à une augmentation de la température de l'eau peut provoquer une séparation dans le temps de l'émergence entre les deux sexes. Cette différence peut aller de quelques heures à quelques jours. Ainsi, si une petite élévation de la température provoque une séparation des émergences des mâles et femelles, les mâles émergent plus tôt, sont tués par les mauvaises conditions externes et ne peuvent plus féconder les femelles : une élimination de l'espèce est alors inévitable (NEBEKER, 1971; RUPPRECHT, 1975).

D'après WARD & STANFORD (1982), la température de l'eau est le facteur majeur de contrôle de l'émergence. L'augmentation de la température en laboratoire élimine la quiescence du stade larvaire de *Hydropsyche pellucidula* et avance l'émergence de 3 à 4 mois. Les températures chaudes peuvent aussi retarder l'émergence en diminuant la chute de température nécessaire à la stimulation de l'éclosion (WISE, 1980).

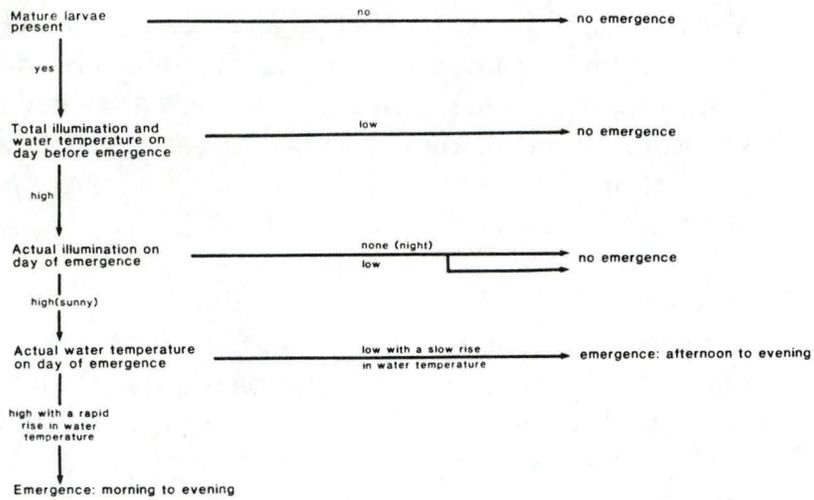


Figure 14 : Facteurs agissant sur l'émergence des Ephemeroptères (Modifié d'après RIEDERER, 1981).

Les Insectes vivant dans les cours d'eau légèrement réchauffés par une centrale électrique peuvent avoir leur cycle changé suffisamment pour une élimination de l'espèce par une émergence précoce dans une température de l'air froide (LANGFORD, 1975; LANGFORD & DAFFERN, 1975). Par contre, si les adultes sont susceptibles de s'adapter aux conditions extérieures, une augmentation de la production annuelle peut être envisagée car une seconde génération estivale peut alors se développer (LEWIS & TAYLOR, 1964).

C'est certainement le cas pour des espèces comme *Cheumatopsyche lepida* qui présentent déjà une amorce de seconde génération en Grande-Bretagne (ELLIOTT, 1986). L'émergence adulte précoce aux températures anormalement hautes pourrait être déterminée par un arrêt de la production de l'hormone juvénile ou parce que l'hormone serait catabolisée plus rapidement et plus efficacement par des enzymes aux hautes températures (SWEENEY, 1978). Sous nos latitudes, la plupart des émergences ont lieu aux températures comprises entre 12 et 28°C.

Ces différences de comportement vis-à-vis du régime thermique sont à la base de la répartition altitudinale des espèces et du décalage de leurs périodes d'émergence le long d'un cours d'eau. Ainsi, une espèce estivale comme l'Ephéméroptère *Ephemerella ignita* dont le développement est limité par les basses températures, aura une période de croissance et d'émergence d'autant plus réduite que la section du cours d'eau est d'altitude plus élevée (WISE, 1980).

Selon USSEGLIO-POLATERA (1985), les peuplements de mai obtenus pour de faibles températures sont peu diversifiés et peu caractéristiques car représentés par des espèces à période d'émergence étalée comme *Hydropsyche modesta* et *Psychomyia pusilla*. Les relevés de juin sont définis par des éléments faunistiques à émergences concentrées ayant une affinité pour de faibles températures, comme *Allotrichia pallicornis*. Juillet correspond à des taxa présentant des modèles d'émergence d'amplitude également limitée : *Athripsodes albifrons*, *Mystacides nigra*. Enfin, septembre et octobre, qui marquent le retour à des conditions de plus faibles températures, sont caractérisés par des espèces à longue période d'émergence, comme *Hydropsyche contubernalis*, *H. exocellata*, *H. modesta* et *Hydroptila angulata*.

En somme, la position saisonnière de la période d'émergence de chaque élément faunistique, sous conditions hydrodynamiques non limitantes, apparaît principalement induite par la température de l'eau.

1.4.1.3. Paramètres climatologiques.

a. La photopériode.

L'alternance jour-nuit détermine directement l'activité des Insectes, tant lors de leurs stades larvaires (ELLIOTT, 1968; MALICKY, 1980) qu'au cours de leur vie préimaginale ou imaginale, en conditionnant la rythmicité journalière spécifique des émergences (THOMAS, 1969; RIEDERER, 1981). Cependant, la longueur même de la photopériode n'en demeure pas moins un stimulus important.

Chez l'Ephéméroptère *Ephemerella ignita*, le développement embryonnaire pourrait être partiellement contrôlé par la longueur du jour (THIBAUT, 1971 in USSEGLIO-POLATERA, 1985). Certains auteurs, dont MASTELLER & FLINT (1980) et MALICKY (1981), estiment que la longueur de la photopériode est à l'origine de la synchronisation saisonnière spécifique des émergences de certains Trichoptères. CORBET (1964) prétend, d'ailleurs, que l'action individuelle ou conjuguée de la photopériode et de la température détermine préférentiellement la saisonnalité des émergences en région tempérée.

KHOO (1964) affirme que la photopériode est le principal facteur initiateur de l'émergence du Plécoptère *Capnia albifrons* en Angleterre. De plus, une photopériode spécifique semble être importante pour l'éclosion chez les Trichoptères. Ainsi, MALICKY (1981) rapporte qu'une illumination artificielle constante semble affecter l'émergence de la plupart des Trichoptères (SWEENEY, 1978).

La diapause larvaire et/ou imaginale peut être aussi affectée par la photopériode. Dans le cas d'une diapause imaginale, la photopériode agit spécifiquement sur le cinquième stade (DENIS, 1977). Cependant, chez *Limnephilus rhombicus* et *L. luratus*, l'action d'une longue photopériode sur le cinquième stade ne provoque pas de levée de diapause si le quatrième stade ne se trouve pas sous cette longue photopériode.

La photopériode semble aussi être un facteur important dans la formation d'essaims (SAVOLAINEN, 1978).

b. La température de l'air.

La température de l'air influence la température de l'eau et agit donc de façon indirecte sur l'émergence des Insectes.

Des études ont montré que l'augmentation ou la diminution de la température de l'air provoquait des émergences précoces ou tardives dans les années anormalement chaudes ou froides (ILLIES, 1971; HYNES, 1976 in SWEENEY, 1978).

c. Le cycle lunaire.

Le cycle lunaire semble déterminer la rythmicité des émergences de certaines espèces. Ainsi, le Leptoceridae africain *Athripsodes ugandus* montre deux pics d'activité durant les premier et dernier quartiers lunaires (CORBET, 1964). Pour SIVARAMAKRISHNAN & VENKATARAMAN (1985), la phase lunaire a une grande importance pour l'émergence des Ephéméroptères. Elle pourrait être particulièrement importante en région tropicale où les variations de température et de lumière sont relativement limitées.

Cependant, si la rythmicité des émergences est effective, la phase lunaire correspondant à l'activité maximale diffère suivant les espèces. Ainsi, STATZNER (1976), bien que travaillant au Zaïre, donc en région nyctémérale stable, ne trouve aucune restriction des émergences de Trichoptères à une phase particulière du cycle lunaire.

Le rayonnement lunaire ne paraît pas exercer une action primordiale sur l'émergence des Insectes en région tempérée (USSEGLIO-POLATERA, 1985).

1.4.1.4. Conclusions.

L'activité des Insectes, et notamment l'émergence, est influencée de façon plus ou moins importante par les paramètres hydrologiques, physico-chimiques et climatologiques.

La littérature mentionne deux facteurs prépondérants agissant sur l'émergence des Insectes : la température de l'eau et la photopériode (WARD & STANFORD, 1979; HUMPESCH & ELLIOTT, 1980; RIEDERER, 1981; USSEGLIO-POLATERA, 1985; PETERS & al., 1986).

Ces paramètres sont essentiellement utilisés pour coordonner leur développement et la succession saisonnière des Insectes adultes ainsi que la complémentarité de leurs cycles de vie.

1.4.2. Paramètres agissant sur le vol des Insectes.

L'activité de vol des Insectes est spécifiquement influencée par les conditions microclimatiques locales (SAVOLAINEN, 1978). Ainsi, le niveau journalier des captures est directement déterminé par la résultante des actions individuelles, souvent synergiques, des divers paramètres météorologiques sur le vol des différentes espèces.

a. La température de l'air.

D'après la littérature, la température de l'air semble importante pour le vol des Insectes.

Ainsi, WILLIAMS (1940, 1951), CRICHTON (1960), ISO-IIVARI et KOPONEN (1977 *in* USSEGLIO-POLATERA, 1985) considèrent les températures moyenne et/ou minimale comme les principaux facteurs conditionnant l'activité nocturne des Insectes et donc leur fréquence de piégeage.

BLOMBERG & al. (1978) obtiennent des corrélations positives hautement significatives entre les effectifs journaliers capturés au piège lumineux, la température crépusculaire d'une part, la température minimale d'autre part.

L'obtention d'une corrélation entre effectifs et température crépusculaire est concevable dans la mesure où les déplacements de la plupart des Trichoptères à activité crépusculaire et/ou

nocturne est maximale durant les deux premières heures suivant la tombée de la nuit (HARRIS, 1971; ANDERSEN, 1978).

De plus, l'activité de vol des espèces diurnes, donc difficilement capturables au piège lumineux, peut éventuellement se prolonger durant les premières heures de la soirée, si la température reste suffisamment élevée (SAVOLAINEN, 1978). Ceci explique la bonne corrélation entre espèces rares et température crépusculaire et confirme l'influence des conditions météorologiques sur la richesse spécifique des captures.

La température maximale assure sans doute une meilleure description relative de l'impact des fluctuations thermiques sur le vol. Elle intervient en fin d'après-midi, donc peu de temps avant le crépuscule, alors que la température minimale est obtenue tard dans la nuit. Par ailleurs, les émergences de certaines espèces parfois nombreuses au piège lumineux, sont diurnes (ELLIOTT & HUMPESCH, 1983) et donc plus ou moins directement soumises aux températures maximales qui sont susceptibles de moduler leur nombre durant la journée précédant la période effective de piégeage (CORBET, 1964). Ainsi, les conditions météorologiques induisent non seulement des modifications de l'activité de vol, mais aussi des variations de la densité des effectifs potentiellement capturables qui déterminent partiellement l'évolution journalière des captures.

Selon USSEGLIO-POLATERA (1985), l'abaissement nocturne de la température à une valeur inférieure au seuil de 12°C suffit à réduire significativement les captures de *Ceraclea dissimilis*. MALICKY (1973), quant à lui, constate chez de nombreux Trichoptères, une nette réduction de l'activité de vol au-dessous de 10°C. TAYLOR (1963) discute la notion de seuils minimal et maximal de température affectant l'activité des Insectes. Il considère les seuils de basses températures comme particulièrement importants en région tempérée. La température doit, en effet, être à un niveau tel que l'organisme puisse fournir une énergie suffisante à la bonne coordination musculaire de la séquence complexe de mouvements impliqués dans l'activité de vol.

La température de l'air peut également promouvoir la formation d'essaims (SAVOLAINEN, 1978).

En Norvège, ANDERSEN (1979) capture certains mâles de Trichoptères par piégeage lumineux à des températures de 5°C, les premières femelles n'apparaissant que vers 7,5°C. Quand la température nocturne dépasse 7,5°C, le pourcentage de femelles augmente rapidement. Durant les nuits avec une température supérieure à 10,5°C, la proportion de femelles varie entre 40 et 60%. La relation entre le pourcentage de femelles et la température nocturne (Fig.11) semble correspondre à une sigmoïde (ANDERSEN, 1978).

D'après WILLIAMS (1940), une élévation de 2,8°C de la température minimale double les captures. Il en est de même pour une élévation de 3,8°C de la température maximale d'après EL ZIADY & OSMAN (1961) et pour ANDERSEN (1978), une élévation de 2,7°C de la température minimum double les captures.

La proportion de captures des Insectes augmente considérablement quand la température de l'air augmente (WARINGER 1989). 99,9% des captures ont été réalisées quand la température moyenne nocturne était supérieure à 7,5°C et quand la température minimale était supérieure à 0°C.

PULLIAINEN (1964 *in* USSEGLIO-POLATERA, 1985) affirment que les températures minimale et moyenne sont considérées comme les facteurs les plus importants dans les paramètres régulant l'activité nocturne des Insectes.

Les espèces à longue période de vol comme *Hydropsyche contubernalis*, *H. modesta*, *H. exocellata* et *Psychomyia pusilla* sont moins exigeantes quant aux conditions météorologiques (USSEGLIO-POLATERA & AUDA, 1987).

b. Les vents.

BRINDLE (1958) et CRICHTON (1960) remarquent que des conditions idéales de vol, donc de piégeage correspondent à des températures nocturnes élevées et à des vents de faible intensité. La mise en évidence des rapports synergiques entre vent et température rejoignent les hypothèses de NIELSEN & NIELSEN (1966) qui remarquent l'importance croissante du vent sur le vol des Diptères à chaque diminution de température.

Un vent d'intensité supérieure à 2 m/s suffit à réduire significativement l'efficacité des captures des Epheméroptères

Heptagenia sulphurea et *Rhitrogena diaphana*. Les effectifs d'autres Ephéméroptères comme *Baetis fuscatus* et *Caenis macrura*, *Caenis luctuosa* et des Trichoptères du genre *Hydroptila* évoluent de façon identique lorsque la vitesse du vent atteint ou dépasse les 3 m/s (USSEGLIO-POLATERA, 1985).

Il apparaît donc que les éléments faunistiques les plus sensibles à l'action du vent sont principalement les Ephéméroptères et les Trichoptères de petite taille (*Hydroptila*), connus pour leur médiocre qualité de voiliers.

En comparaison, dans le Rhône, *Psychomyia pusilla* est piégée en quantité significativement importante par vent de direction sud (USSEGLIO-POLATERA, 1985).

On constate, par ailleurs, que le vent a une action considérable sur la formation d'essaims chez les Ephéméroptères (SAVOLAINEN, 1978). En effet, l'essaimage est inhibé par un vent d'une vitesse de 1,5 à 2 m/s. Pour TISHER (1949 in USSEGLIO-POLATERA, 1985), un vent de 3 m/s n'affecte pas l'essaimage contrairement à un vent de 6 m/s.

WARINGER (1989), qui travaille essentiellement sur les Trichoptères, affirme toutefois qu'un vent de 5,5 m/s n'a pas beaucoup d'effets sur les captures. BISHOP (1973 in THOMAS, 1975) affirme que les imagos de Trichoptères peuvent lutter contre un vent faible et se déplacer face à lui.

NIELSEN & NIELSEN (1966), BLOMBERG & al. (1978) et RESH & SORG (1978) ont constaté que la vitesse du vent peut être un facteur important dans la réduction de l'activité de vol particulièrement dans des conditions orageuses (SOLEM & al., 1987).

Il existe une dualité d'action du vent, intensité-direction (LAPCHIN, 1981). Il est cependant à noter que l'action locale du vent dépend de la situation topographique et géoclimatique de la station prospectée.

c. La pression atmosphérique.

L'action de la pression atmosphérique sur l'activité des Insectes reste très discutée, tous les auteurs n'ayant peut-être pas apporté les moyens et les précautions (saison, vents, ...) nécessaires à leur étude.

Ainsi, WILLIAMS (1940) montre l'obtention de captures réduites pour de faibles pressions ou lors de chutes de pression. CRICHTON (1960) observe, en Grande-Bretagne, une augmentation de l'activité de vol chez certaines espèces nocturnes, dont des Trichoptères, pendant les périodes de hautes pressions. Cependant, en France, LAPCHIN (1981) constate que l'abondance de Trichoptères capturés au piège lumineux n'est pas corrélée significativement aux variations de pression.

Quant à lui, dans le Rhône, USSEGLIO-POLATERA (1985) signale que les pressions extrêmes ($P < 987,5$ mm Hg et $P \geq 1000$ mm Hg) limitent l'obtention d'effectifs importants. Selon lui, les Ephéméroptères paraissent moins sensibles que les Trichoptères aux variations estivales de pression, quel que soit leur sens.

En fait, il est possible que la sensibilité directe des Insectes aux variations de pression soit relativement limitée. Cependant, ces variations contribuent de façon importante à la caractérisation de paramètres météorologiques éventuellement beaucoup plus significatifs comme la température crépusculaire, le régime des vents ou l'occurrence de phénomènes orageux.

d. L'humidité relative et les précipitations.

MÜLLER-LIEBENAU (1960) et GRANDI (1973) admettent que l'humidité relative puisse influencer l'activité de vol et la formation d'essaims chez les Ephéméroptères, compte tenu de leur sensibilité à la dessiccation. En effet, la cuticule de ces Insectes assure une protection peu efficace contre la déshydratation (SPIETH, 1940). De même, CRICHTON (1960) constate que si une température élevée est indispensable à un bon rendement du piège lumineux, les nuits de captures exceptionnelles nécessitent un minimum de pluie. Par contre, selon USSEGLIO-POLATERA (1985), en période automnale, les Trichoptères *Hydropsyche modesta* et *H. contubernalis* voient leurs effectifs se réduire corrélativement à l'augmentation de l'humidité relative et de la pluviométrie pour les deux derniers taxa cités.

LARSEN (1943) et HARTLING (1968) montrent que de fortes pluies inhibent le vol des Insectes et/ou les inactivent. Ceci proviendrait des baisses de températures qui leur sont associées (USSEGLIO-POLATERA, 1985). En effet, STATZNER (1976) constate qu'au Zaïre, où la température varie peu, les précipitations élevées (jusque 70 mm de pluie par jour) n'affectent pas le vol des Trichoptères; par contre, de faibles pluies peuvent promouvoir le vol (PULLIAINEN, 1965 in USSEGLIO-POLATERA, 1985) surtout pendant les périodes estivales (PERSSON, 1971 in USSEGLIO-POLATERA, 1985).

L'influence de l'humidité relative sur les résultats du piégeage lumineux paraît limitée en juin comme en septembre (USSEGLIO-POLATERA, 1985). Les précipitations, éventuellement favorables pour l'activité des espèces plus sensibles à la dessiccation, deviennent limitantes en automne car elles traduisent le passage de perturbations importantes généralement à l'origine d'autres conditions défavorables au piégeage (température, vents, pression).

e. La nébulosité et la luminosité nocturne.

WILLIAMS (1940) et BLOMBERG & al. (1978) relient positivement la nébulosité et l'importance des captures. Ils considèrent, en effet, qu'un ciel couvert limite le refroidissement nocturne par rayonnement. Le maintien de températures élevées peut alors prolonger l'activité de vol des Insectes et donc augmenter leur capturabilité.

Ceci ne semble toutefois pas le cas dans le Rhône à Lyon, en automne, où une nébulosité élevée traduit essentiellement de mauvaises conditions (pluies, faibles températures), comme en été, où aucun lien significatif n'a été obtenu (USSEGLIO-POLATERA, 1985).

Le rayonnement lunaire peut éventuellement être à l'origine d'une baisse de rendement du piège lumineux. Une réduction des effectifs capturés est observée en période de pleine lune chez de nombreux Diptères (PRATT, 1948).

A l'opposé, WILLIAMS (1940) signale des captures plus importantes lors de la pleine lune que pendant une nouvelle lune.

L'éclairage urbain peut être un facteur prépondérant dans l'efficacité des captures surtout s'il est important.

f. Conclusions.

Les conditions météorologiques agissent de façon spécifique, saisonnière et conjuguée sur le vol des Insectes. Les différents paramètres comprennent la température de l'air, la pression atmosphérique, la pluviosité, l'intensité et la direction du vent.

D'après ce que nous avons vu, les conditions optimales de vol et par conséquent de piégeage semblent correspondre à une stabilité météorologique qui implique automatiquement des variations limitées de la pression autour d'une valeur moyenne. En effet, les faibles températures accentuent la sensibilité des organismes à des paramètres tels que la pluviosité, l'humidité relative ou l'intensité du vent de sorte que les perturbations qui accompagnent les dépressions, sont perçues comme des éléments limitants. Il en est de même pour les surpressions qui maintiennent le plus souvent les températures à un niveau particulièrement bas.

Tous les auteurs ne sont toutefois pas d'accord sur l'influence de ces paramètres. Ainsi, ROJAS-CAMOUSSEIGHT (1985) prétend une absence d'influence des variables météorologiques sur les effectifs de Trichoptères observés lors d'une étude menée en période estivale sur une année déterminée.

1.4.3. Paramètres agissant sur les captures.

Les paramètres cités précédemment agissent de façon plus ou moins importante mais indirecte sur la capture des Insectes. Dans le cas de l'utilisation d'un piège lumineux, différents facteurs agissent de façon directe et précise sur l'efficacité du piège lui-même : le type de lampe, la présence de lumières parasites, la position du piège, les facteurs météorologiques.

Ainsi, MIKKOLA (1972 in BLOMBERG & al., 1978) signale un nombre de captures différent suivant le type de lampe. Il observe que lors d'un temps nuageux, les captures au piège lumineux muni d'une lampe à vapeur de mercure sont plus importantes que s'il est muni d'une lampe mixte "visible-ultra-violette".

Les paramètres affectant les captures au piège lumineux sont surtout les lumières parasites ainsi que le rayonnement lunaire. En effet, pour une attraction optimale, le piège lumineux se doit d'être placé dans une certaine obscurité. Le rayonnement lunaire peut également influencer les captures des Insectes. Ainsi, les nuits de pleine lune, on constate une diminution des effectifs capturés (PRATT, 1948).

Les facteurs anthropologiques comme l'éclairage public pourraient constituer une concurrence potentielle vis-à-vis du piège lumineux.

1.5. Conclusions.

Les Insectes ont été depuis longtemps utilisés comme descripteurs de la qualité des eaux. Cependant, vu les difficultés d'échantillonnage du benthos dans les grandes rivières et les problèmes d'identification des larves, divers auteurs récents préconisent l'utilisation des Insectes adultes aériens.

La classe des Insectes présente une grande diversité tant sur le plan taxonomique que sur les plans écologique et éthologique. L'utilisation de l'ensemble des Insectes s'avère pratiquement irréalisable. En effet, les chercheurs se trouveraient confrontés à des problèmes de taxonomie insurmontables. L'ordre des Trichoptères semble convenir à ce type d'étude. Sa diversité, sa sensibilité aux variations de l'environnement et la bonne connaissance taxonomique et écologique des adultes en font des Insectes-types pour l'étude de la qualité d'un écosystème aquatique.

D'autres Insectes adultes sont parfois utilisés. En Belgique, on peut citer l'emploi des Odonates pour la surveillance des écosystèmes aquatiques, surtout lentiques, de l'environnement wallon (GOFFART, 1990).

Malgré sa sélectivité de principe déterminée par le choix et les conditions d'utilisation du dispositif attractif, le piégeage lumineux semble être particulièrement adapté pour une étude qualitative ou semi-quantitative d'un milieu aquatique. Les commodités d'utilisation du piège lumineux, ses aptitudes à échantillonner les espèces rares, les avantages du dispositif

attractif qui, d'une part assure l'intégrité des captures et d'autre part, réduit le traitement préalable du relevé (séparation des phases minérale et organique propres aux méthodes de prélèvement du macrobenthos, notamment) font du piégeage lumineux une méthode de prospection particulièrement efficace.

Cependant, le rendement qualitatif et/ou quantitatif du piège est soumis à de nombreux facteurs externes dont les conditions météorologiques.

Ces différents facteurs agissent sur les populations en place. Il n'est pas aisé de distinguer l'influence de tel ou tel facteur car ils font tous partie d'un complexe de variables interdépendantes.

Quelle que soit la saison, les variations journalières d'effectifs capturés résultent principalement des fluctuations du régime thermique dont la meilleure description semble assurée par la température crépusculaire.

Malgré ces limitations, le piégeage lumineux est apte à suivre l'évolution qualitative d'une biocénose par utilisation des valeurs indicatrices de milieu de ses différentes composantes et donc à son utilisation comme observatoire écologique d'un milieu protégé ou à haut risque comme l'écosystème Meuse.

LE MILIEU ETUDIE :
LA MEUSE

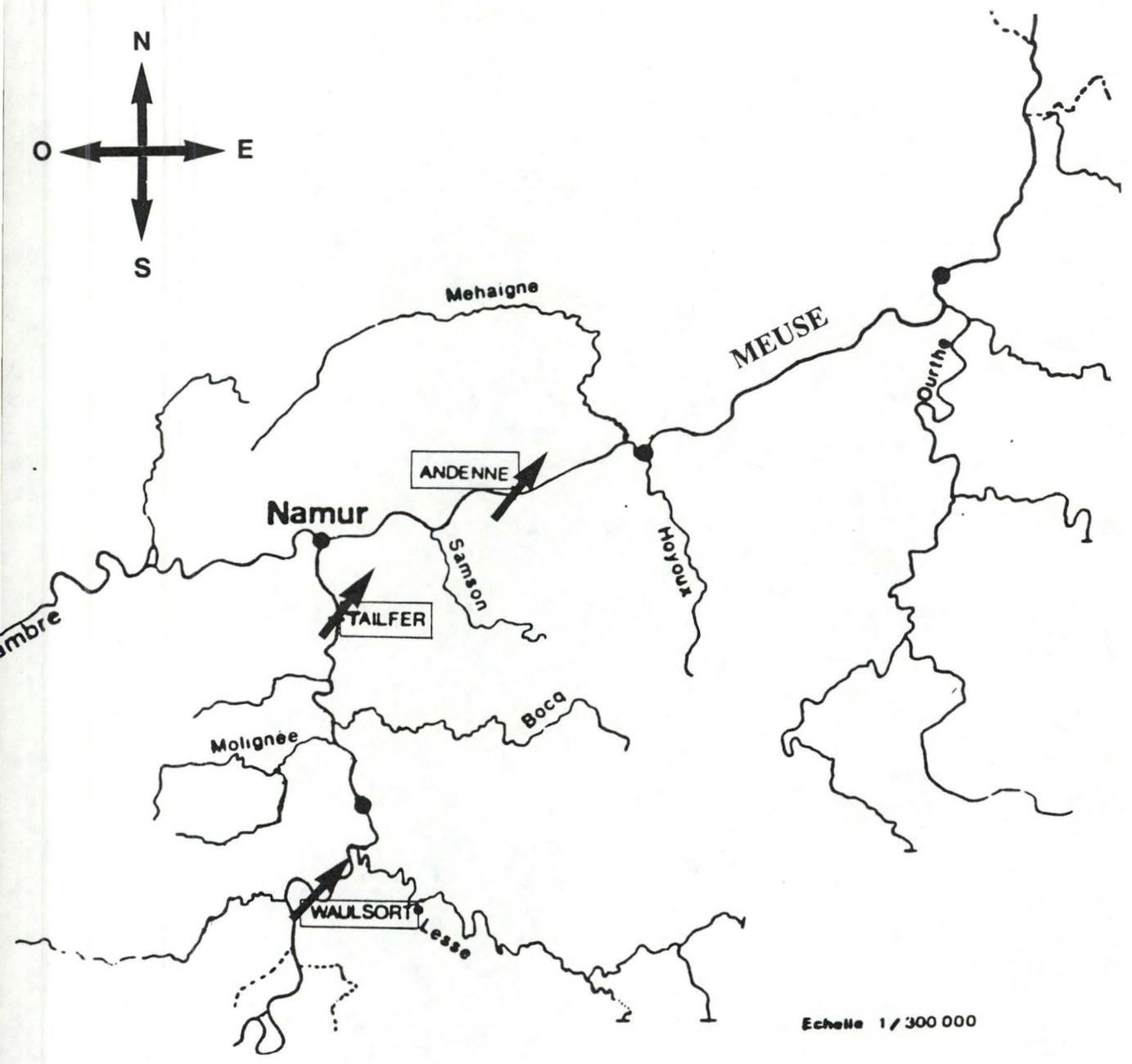


Figure 15 : Cartographie de la Meuse et localisation des barrages (Modifié, d'après MICHA, 1985).

2. LE MILIEU ETUDIE : LA MEUSE.

2.1. Description générale.

La Meuse prend sa source sur le plateau de Langres en Champagne (France), à une altitude de 410 m puis s'écoule sur une longueur de 925 km du Sud au Nord dont 194 en Belgique (Fig. 15) Son bassin versant couvre 36.011 km² dont 13.189 km² en Belgique, soit 40,7 % du bassin mosan et 44,2 % du territoire belge (MICHA et PILETTE, 1988)

Dans un premier temps, la Meuse draine un bassin étroit, pauvre en affluents pour s'élargir ensuite en aval de Verdun. Ce n'est qu'à Bazilles, à 337 km de sa source qu'elle reçoit son premier affluent : la Chiers. Ensuite, viennent la Semois (Monthermé, France), la Lesse (Anseremme), la Sambre (Namur) et l'Ourthe (Liège). C'est à Givet que le fleuve fait son entrée dans notre pays. Sa largeur est de 100 m environ et la pente moyenne naturelle de 0,45 o/°° pour la totalité de son cours et de 0,23 o/°° en Belgique.

En Belgique, la Meuse a perdu son caractère naturel. Elle y est en grande partie canalisée et son cours est interrompu par des barrages-écluses facilitant la navigation. Elle présente donc une succession de biefs dont les pentes sont très faibles. En ce qui concerne le gabarit, il est de 1350 T en amont de Namur. En aval, le projet de mise à gabarit à 4 x 2250 T est aujourd'hui réalisé. Pour faciliter la navigation, des berges ont été aménagées tantôt par des perrés obliques (en amont de Namur), tantôt par des murs verticaux (en aval de Namur). Ces aménagements ne sont pas sans conséquence sur le fonctionnement de l'écosystème fluvial. Ainsi, ils ont augmenté le pourcentage de berges artificielles en aval de Namur. Nous avons 18 % de berges naturelles en amont contre 3,5 % en aval (VERNIERS, 1988). Le débit a été régularisé et la composition faunistique modifiée (MEURISSE-GENIN & al., 1987).

D'un point de vue hydrologique, ce fleuve peut être considéré comme une rivière à régime pluvial de zones tempérées, présentant un débit maximum en hiver et minimum en été (MEURISSE-GENIN & al., 1987).

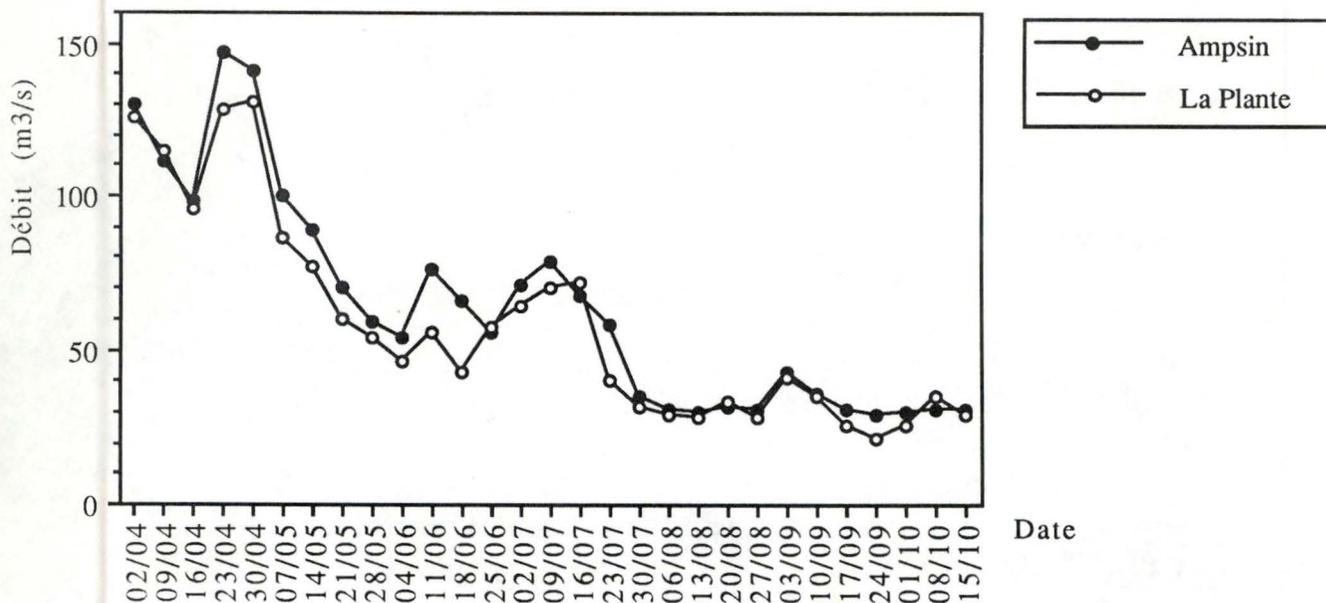


Figure 16 : Evolution du débit hebdomadaire moyen (m³/s) mesuré à La Plante et à Ampsin du 2 avril au 15 octobre 1990 (Données communiquées par OFFICE DE LA NAVIGATION, année 1990).

Tableau 12 : Comparaison des principaux paramètres physico-chimiques de la qualité de l'eau de la Meuse en trois stations (Hastière, Dave et Andenne). Moyenne annuelle établie sur base de données trimestrielles (RIWA, 1990).

Paramètres physico-chimiques	Unités	Hastière	Dave	Andenne
Température	(°C)	11.2	11	11.8
pH	-	8.22	8.09	7.98
[O ₂ dissous]	(mg/l)	10.5	10.4	11
DBO ₅	(mg/l)	2.7	3.4	4.3
[SO ₄ ⁻⁻]	(mg/l)	42	41	46
[Cl ⁻]	(mg/l)	16	16	93
[NO ₂ ⁻]	(mgN/l)	0.017	0.018	0.103
[NO ₃ ⁻]	(mgN/l)	2.17	2.22	2.66
[PO ₄ ⁻⁻⁻]	(mgP/l)	0.08	0.09	0.15
[NH ₄ ⁺]	(mgN/l)	0.072	0.153	0.972
[Cu ⁺⁺]	(ug/l)	3.8	5.3	2.9
[Zn ⁺⁺]	(ug/l)	42	35	50

Le débit moyen annuel est :

- à Verdun de 28 m³/s.
- à Tailfer de 126 m³/s.
- à Ampsin de 182 m³/s.

Ce débit moyen annuel varie fortement suivant les saisons. Les débits mesurés pendant l'été 1990 apparaissent faibles par rapport aux années antérieures (Fig. 16). Les caractéristiques physiques des eaux montrent que dans l'ensemble, elles sont relativement homogènes. Les eaux de la Meuse sont caractérisées par une composition bien équilibrée, du type "calcaire riche". Le pH est élevé, supérieur à 7,5 en conditions normales et la conductivité est comprise entre 250 et 600 μ S/cm à 25 °C.

Le contenu minéral est dominé par le Ca²⁺ et le HCO₃⁻ (env. 3 méq/l) provenant des régions calcaires traversées.

2.2. Qualité du milieu.

La Meuse est sensiblement à fortement altérée suivant la localisation. Le Tabl. 12 nous montre la moyenne des différents paramètres physico-chimiques mesurés en 1990 et ce pour deux stations situées en amont de Namur (Hastièrre et Dave) et une en aval (Andenne) (Données communiquées par l'Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie). On y remarque une altération croissante entre Hastièrre et Dave, puis Andenne.

La confluence avec la Sambre provoque une augmentation des concentrations en ammoniacque, nitrates, nitrites, phosphates et sulfates suite à un apport de chlorures. Les analyses physico-chimiques mettent généralement en évidence une bonne qualité des eaux en Haute-Meuse et une altération progressive en aval (Tabl. 12). Ceci est confirmé par les résultats de MEURISSE-GENIN & al. (1987).

En prenant les indices faunistiques, l'altération semble plus importante (MEURISSE- GENIN & al, 1987), ils traduisent à la fois la qualité de l'eau et celle de l'environnement.

Tout ceci nous donne à penser que la différence de qualité de la Meuse existant entre l'amont et l'aval de Namur est due à une altération de l'eau mais également à une altération du milieu en général.

3. MATERIEL ET METHODES.

3.1. Les stations d'échantillonnage.

3.1.1. Choix des stations.

Un des buts de ce travail étant de déterminer la relation entre les Insectes capturés et la qualité du milieu, il était nécessaire de choisir des stations différentes par la qualité de l'environnement et de l'eau mais pratiques en ce qui concerne la localisation des stations par rapport à Namur, leur facilité d'accès et de piégeage (alimentation en électricité, surveillance,...) et leur faible accessibilité aux passants. Notre choix s'est porté sur deux stations situées en amont de Namur (Waulsort et Tailfer) et une en aval de Namur (Andenne). Non seulement ces stations sont aussi différentes les unes des autres en ce qui concerne la qualité de l'eau et des environnements mais elles offrent l'avantage du moins, pour deux d'entre-elles, de correspondre aux stations choisies par LEJEUNE (1987) lors de sa campagne de piégeage sur la Meuse.

3.1.2. Description des stations.

3.1.2.1. Waulsort (Fig. 15)

Coordonnées UTM : FR 325 622

Le barrage de Waulsort est de type mixte, avec une partie à fermettes et à aiguilles et une partie à fermettes. Le bief de Waulsort fait partie de la portion de la Meuse belge la moins touchée par des aménagements, la moins polluée et donc certainement la plus naturelle.

Les berges sont parmi les plus riches en diversités végétale et animale de toute la Meuse (VERNIERS, 1988). En amont du site, se trouvent deux ruisseaux : les ruisseaux de Bonsoi à 150 m et celui du Fond des Vaux à 1000 m Le ruisseau des Cascade!les est situé à 400 m en aval du site. A plus ou moins 250 m en amont du barrage, on peut trouver une noue.

3.1.2.2. Tailfer (Fig. 15).

Coordonnées UTM : FR 339 850

Le barrage de Tailfer a été construit récemment. Il est de type superstructure et vannes levantes. Il comprend en rive gauche une écluse et en rive droite, le barrage proprement dit, constitué de 3 pertuis de 20 m. La largeur de la Meuse est de plus ou moins 110 m à Tailfer. A proximité du barrage, en rive gauche, deux sites aquatiques sont présents d'où sont susceptibles d'émerger divers Insectes. Il s'agit de deux noues longeant la rive gauche; l'une à 200 m en amont du barrage recouvre une surface de plus ou moins 660 m², l'autre juste en aval, plus grande approximativement 5900 m². Des petits cours d'eau aboutissent à proximité. En rive droite, à 800 m, se situe la confluence du Grand Ri, à 1160 m le Ry de Tailfer et à 1900 m le ruisseau de Dave, en aval.

3.1.2.3. Andenne (Fig. 15).

Coordonnées UTM : FR 468 957

Le barrage d'Andenne est du même type que celui de Tailfer; il est associé à une centrale hydro-électrique 3 x 3000 KW construite par la SO.CO.LIE et se trouvant en rive droite. Il est constitué de 5 pertuis de 22 m. En rive gauche, on peut trouver l'écluse ainsi qu'un étang d'une superficie de l'ordre d'1 ha. En rive droite, deux petits cours d'eau aboutissent de part et d'autre du barrage.

3.2. Echantillonnage.

L'échantillonnage des Insectes adultes sera effectué par la méthode de capture au piège lumineux qui, au vu d'études antérieures, s'est avérée la meilleure au point de vue pratique et facilité d'échantillonnage pour le Rhône (USSEGLIO-POLATERA, 1985) et pour la Meuse (LEJEUNE, 1987) .

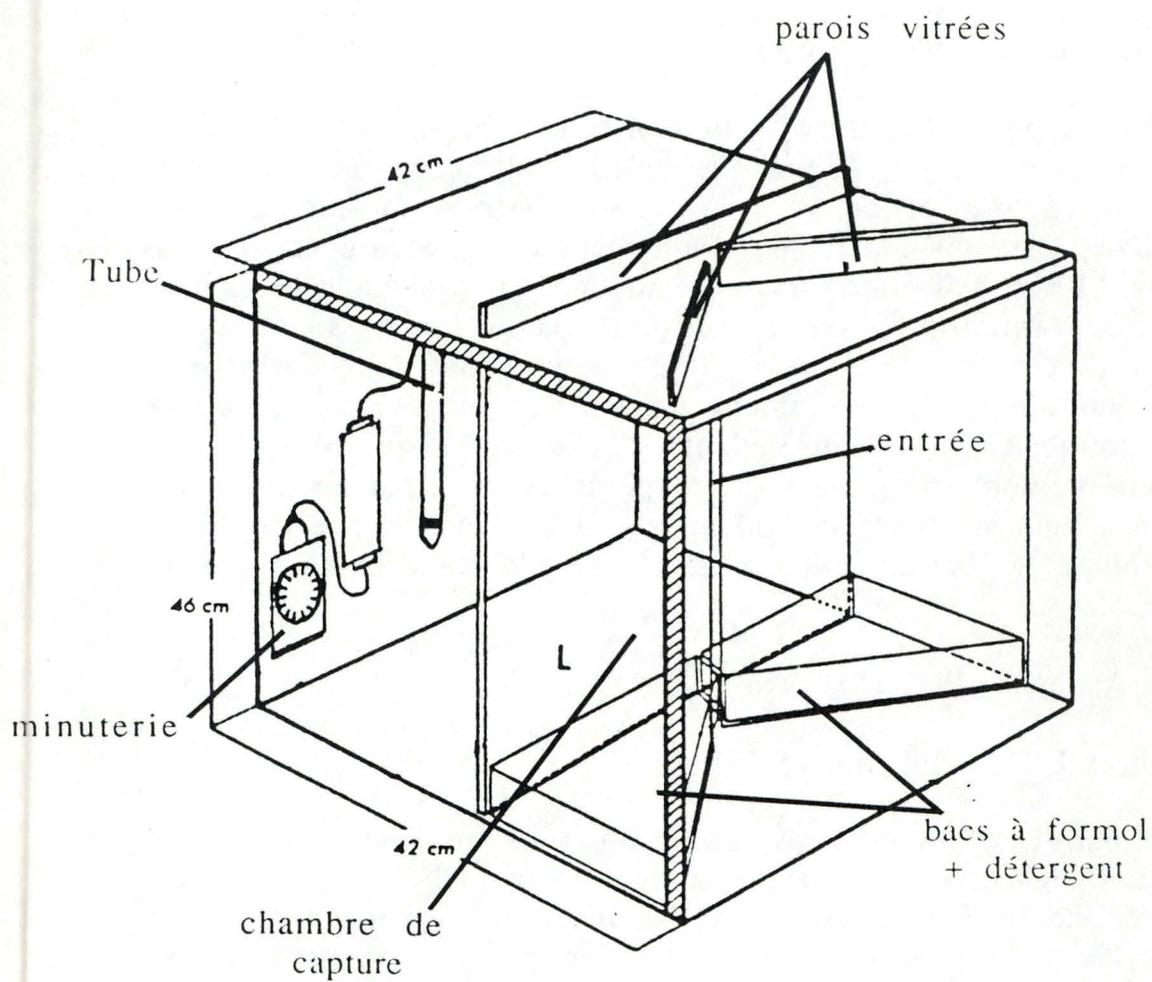
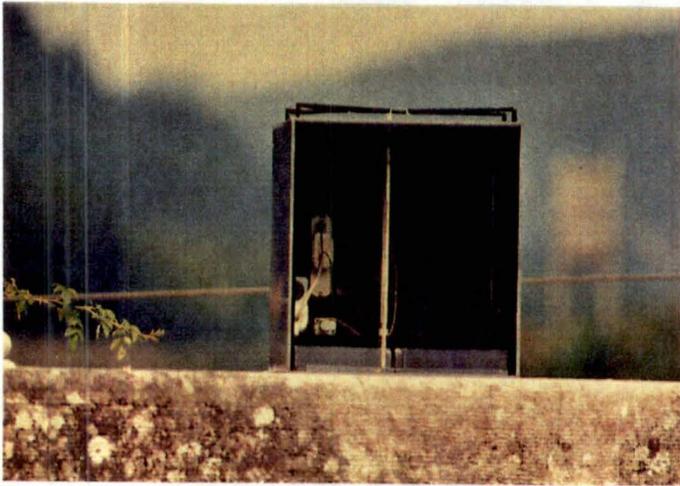


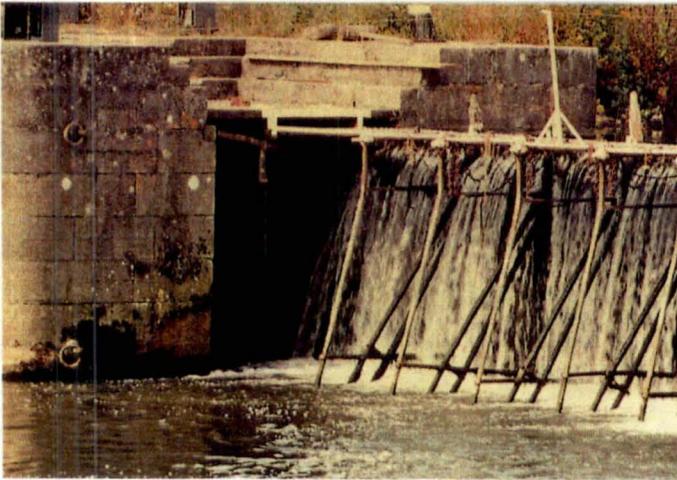
Figure 17 : Piège lumineux (Modifié, d'après USSEGLIO-POLATERA, 1985).



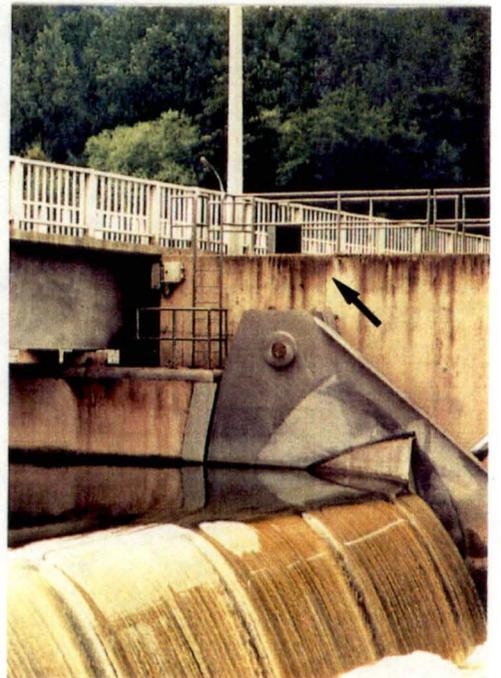
a



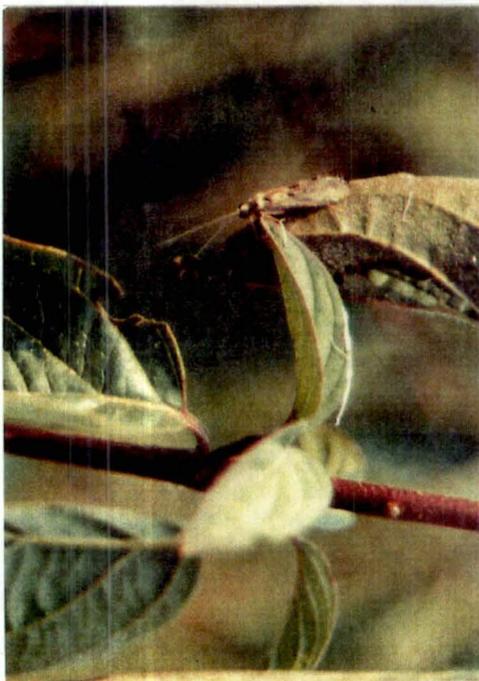
b



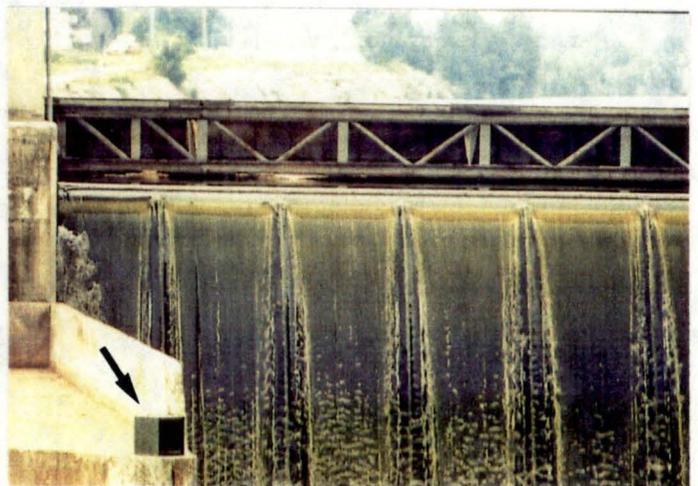
c



d



e



f

3.2.1. Caractéristiques et disposition des pièges.

3.2.1.1. Description (photos a et b).

Le piégeage se fait à l'aide d'un piège lumineux directionnel, se rapprochant de celui mis au point par FONTAINE (1982) et utilisé par USSEGLIO-POLATERA (1985) et LEJEUNE (1987) (Fig. 17). Il est formé d'un corps en P.V.C., fermé sur 5 côtés et séparé en deux parties par une plaque de verre médiane coulissante. A l'arrière, se trouve la lampe ainsi qu'une minuterie. Le compartiment avant constitue la chambre de capture. Il est délimité par deux vitres amovibles disposées en angle droit ménageant ainsi une ouverture verticale de +/- 2 cm pour éviter la sortie des Insectes capturés et la pénétration de trop gros Insectes.

Les plaques de verres sont des plaques d'une épaisseur de 3,5 mm. Ces plaques remplacent les plaques de plexiglass utilisées par LEJEUNE (1987), en accord avec les propositions d'amélioration émises à l'issue de son travail.

Les parois latérales sont équipées de plaquettes d'insecticide MAFU Mini-strip 10 de BAYER, destinées à tuer les Insectes séjournant dans cette chambre. Ces plaquettes ont été remplacées plusieurs fois au cours de la saison d'échantillonnage. Les Insectes piégés sont recueillis dans deux bacs amovibles épousant parfaitement la forme du plancher de la chambre de capture et contenant du formol 10 % additionné de détergent. Celui-ci permet de baisser la tension superficielle du formol et permet l'immersion des Insectes velus, notamment des Trichoptères.

La lampe utilisée est un tube de type Sylvania F8W/BL 350 dont l'émission du tube de quartz, à la fois riche en radiations lumineuses visibles et ultra-violettes (350 à 500 nm), procure une efficacité de piégeage optimale. Son fonctionnement est réglé par une "minuterie" hebdomadaire WEG-LEGRAND, à pas de deux heures.

3.2.1.2. Disposition.

Les trois pièges lumineux sont placés sur l'infrastructure des barrages-écluses et ce, pour plusieurs raisons : apport en électricité disponible, inaccessibilité aux passants, etc. Les pièges sont tous trois placés dans une direction nord-est (+/- 20°) à la fois vers l'aval et le centre du fleuve.

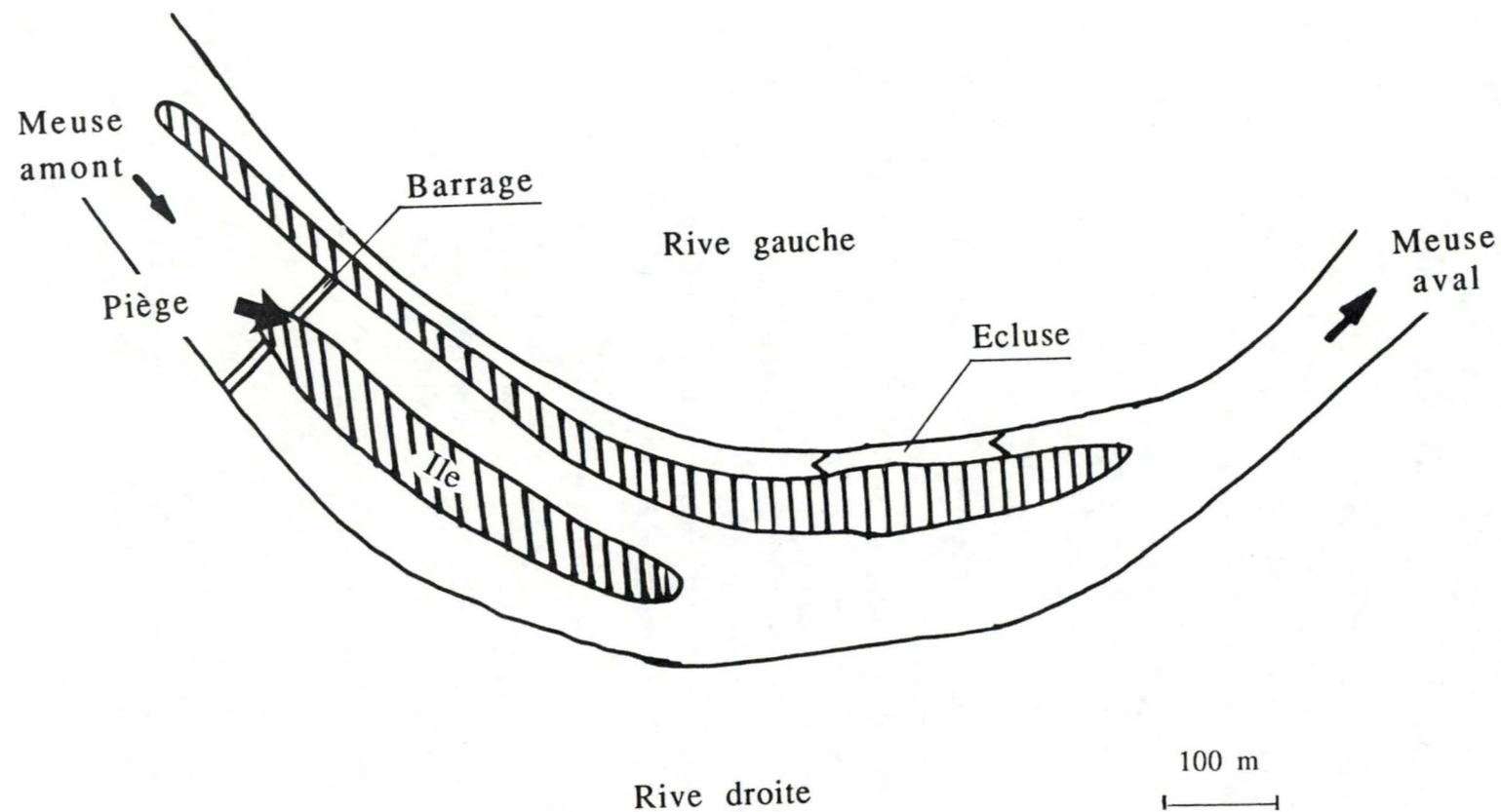


Figure 18: Localisation du piège lumineux sur le barrage de Waulsort (modifié d'après VERNIERS, 1988).

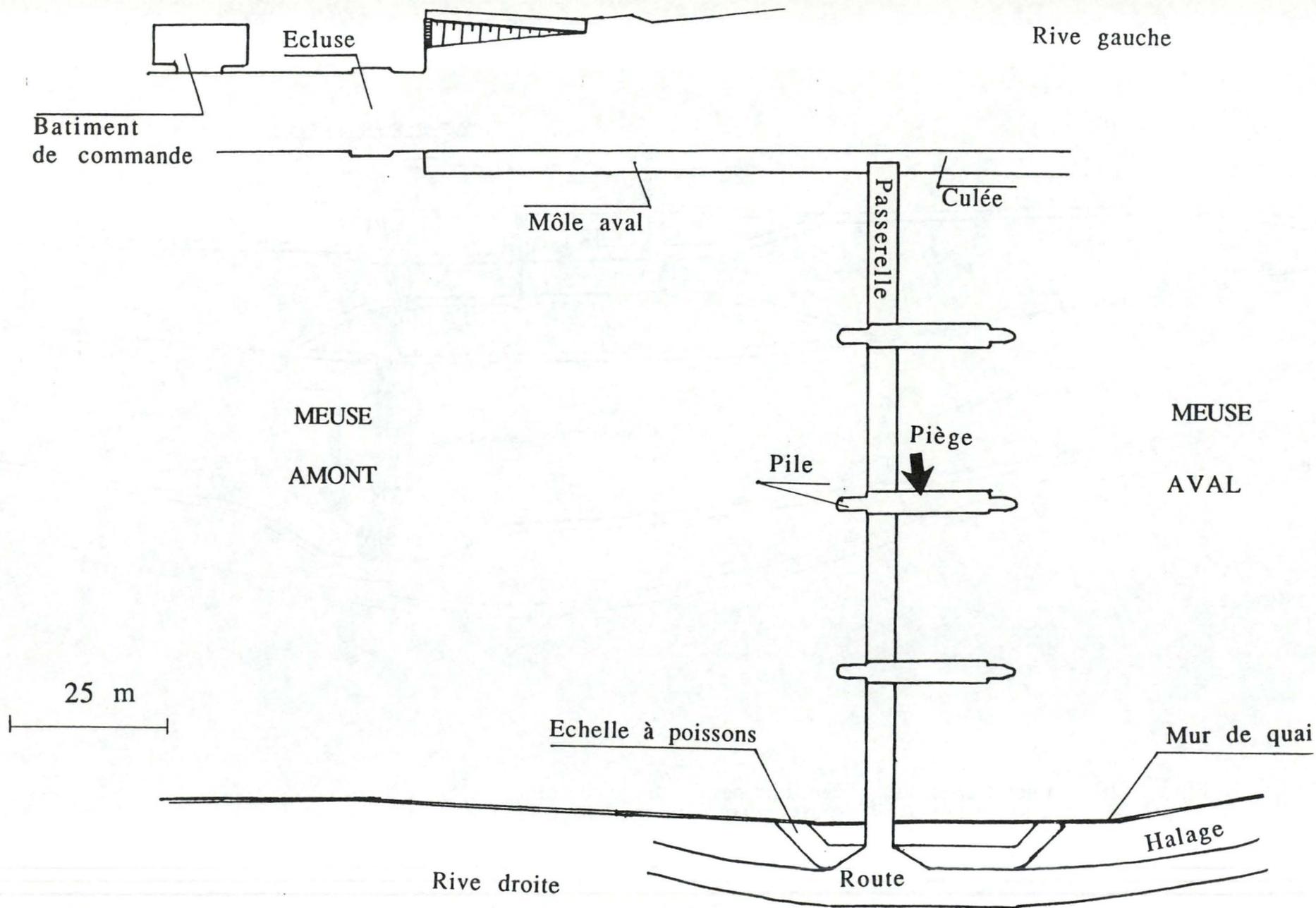


Figure 19: Localisation du piège lumineux sur le barrage de Tailfer (modifié d'après MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS, 1982).

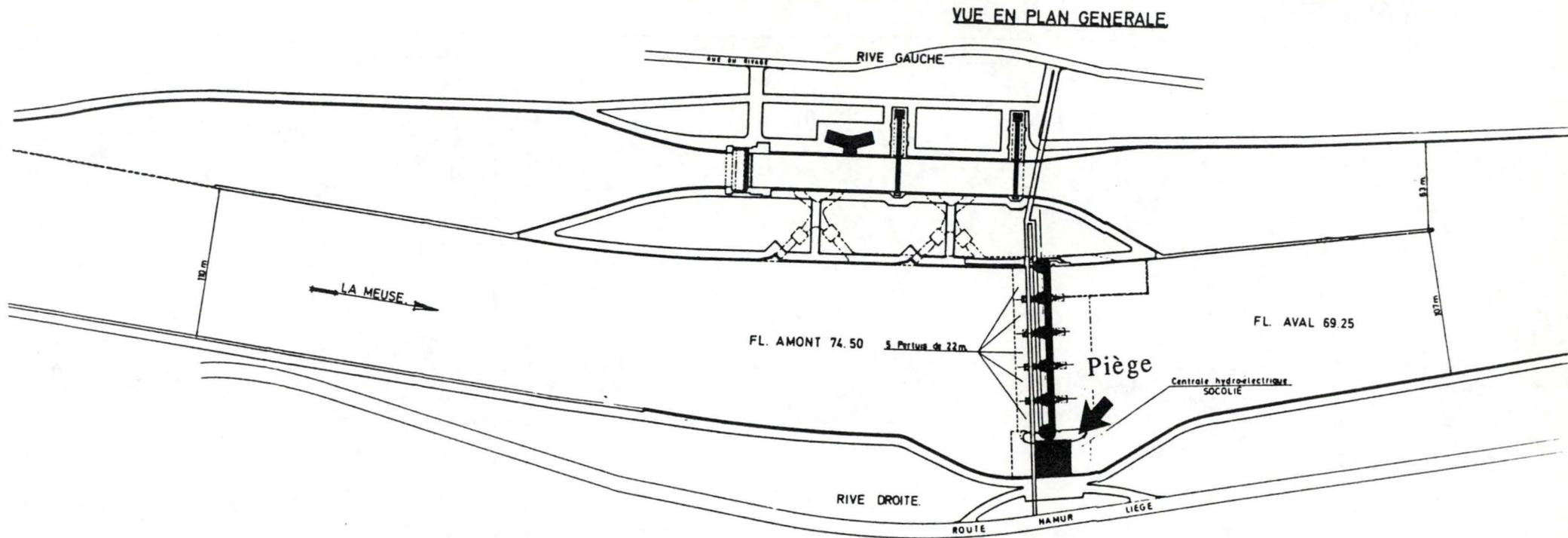


Figure 20 : Localisation du piège lumineux sur le barrage d'Andenne (modifié d'après MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, 1983).

A Waulsort, le piège se trouve au centre de la Meuse, sur la plate-forme (photo c), à une hauteur de +/- 3 m 50 (Fig. 18) .

A Tailfer, le piège est disposé plus ou moins au centre de la Meuse, sur le deuxième pilier de soutien du barrage, à l'aplomb des vannes (photo d) à une hauteur de +/- 5 m 50 (Fig. 19).

A Andenne, le piège est placé sur la pointe de la jetée séparant la sortie de la centrale électrique de l'aval du barrage, en rive droite (photo f) à une hauteur de 3 m (Fig. 20).

Notons, cependant, que les infrastructures barrages-écluses sont différentes. En effet, le barrage de Waulsort est un ancien barrage, partiellement en bois contrairement aux barrages de Tailfer et Andenne qui sont en béton. En outre, nous avons remarqué, du moins pour la station de Tailfer, la présence de lumières parasites sur le chemin de halage.

3.2.2. Temps de fonctionnement.

3.2.2.1. Période d'échantillonnage.

La période d'échantillonnage s'étend du 2 avril 1990 au 31 octobre 1990. Les limites de cette période de prospection ont été établies en fonction des captures antérieures de Trichoptères adultes en Meuse.

L'échantillonnage est hebdomadaire.

3.2.2.2. Durée de fonctionnement.

Durant la période d'échantillonnage, chaque semaine, le piège fonctionne une nuit par semaine, le lundi, de au moins une heure avant le coucher à au moins une heure après le lever du soleil et ce, en chacune des trois stations.

3.3. Conditions météorologiques.

Les données météorologiques concernant la période d'échantillonnage nous ont été fournies par l'Institut Royal belge de Météorologie. Ces données concernent deux stations, proches de la Meuse : Gosselies et Hastière (Tabl. 13).

Tableau 13 : Paramètres météorologiques mesurés à Hastière et Gosselies (IRM, année 1990).

Paramètres météorologiques	Unités	Localisation
Température maximale de l'air	(°C)	Hastière et Gosselies
Température moyenne de l'air	"	"
Température minimale de l'air	"	"
Précipitations	(mm)	"
Vitesse du vent	(km/h)	Gosselies
Pression atmosphérique	(hPa)	"
Nébulosité crépusculaire (18h)	(octats)	"
Durée de l'ensoleillement journalier	(heures)	"
Humidité relative	(%)	"

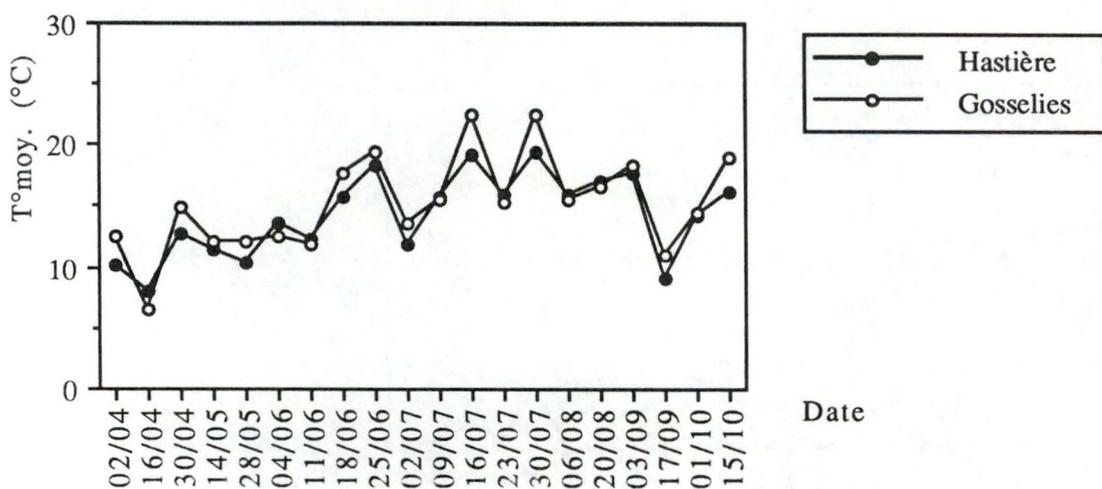


Figure 21 : Evolution de la température hebdomadaire moyenne de l'air au cours de la saison d'échantillonnage du 2 avril au 15 octobre 1990 à Hastière et Gosselies (Données communiquées par l'IRM, année 1990).

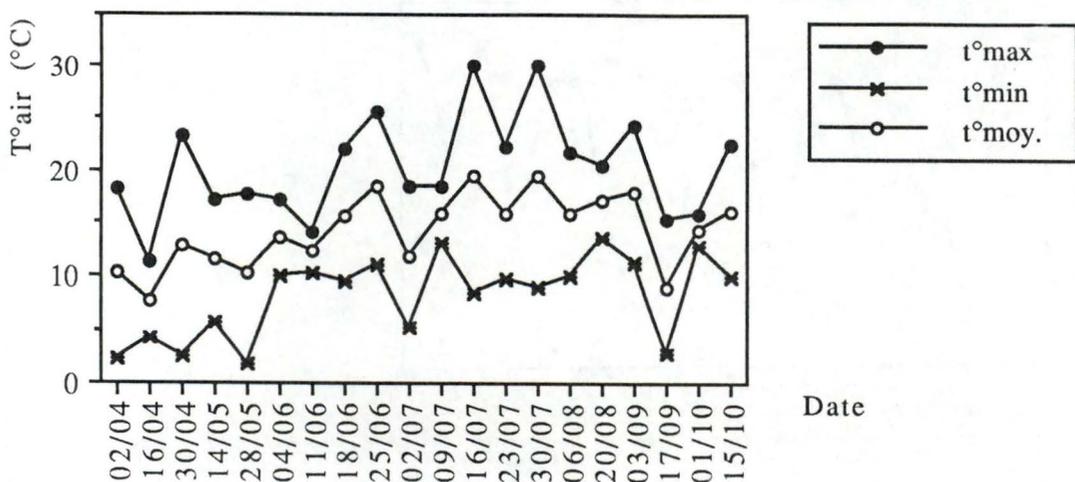


Figure 22 : Evolution hebdomadaire des températures de l'air journalières (maxima, minima et moyennes) (°C) mesurées à Hastière du 2 avril au 15 octobre 1990 (Données communiquées par l'IRM, année 1990).

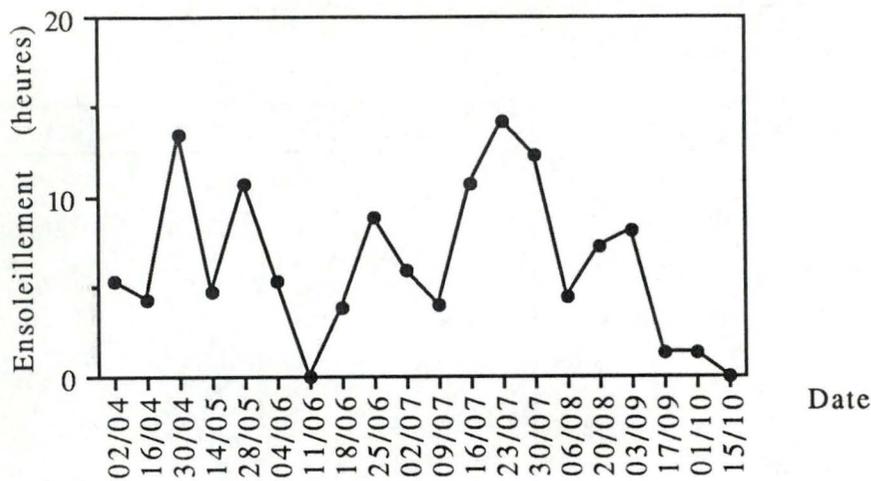


Figure 23 : Evolution hebdomadaire de la durée d'ensoleillement journalière (heures) mesurée à Gosselies du 2 avril au 15 octobre 1990 (Données communiquées par l'IRM, année 1990).

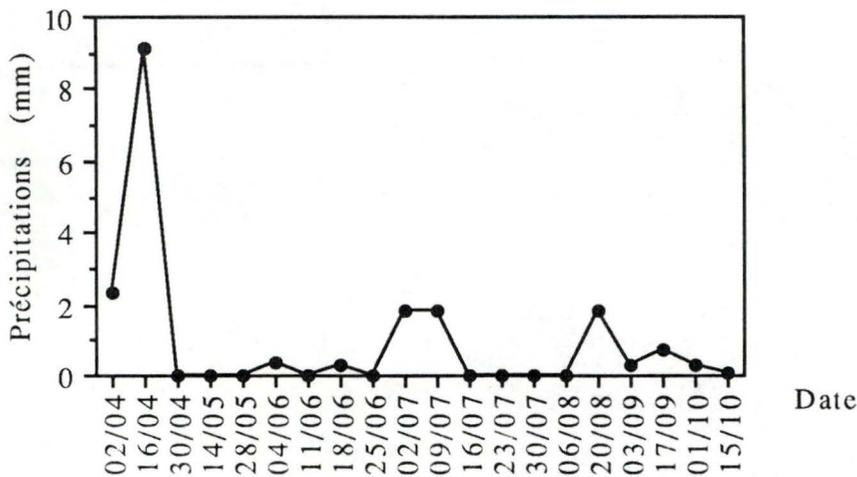


Figure 24 : Evolution hebdomadaire des précipitations journalières (mm) mesurées à Gosselies du 2 avril au 15 octobre 1990 (Données communiquées par l'IRM, année 1990).

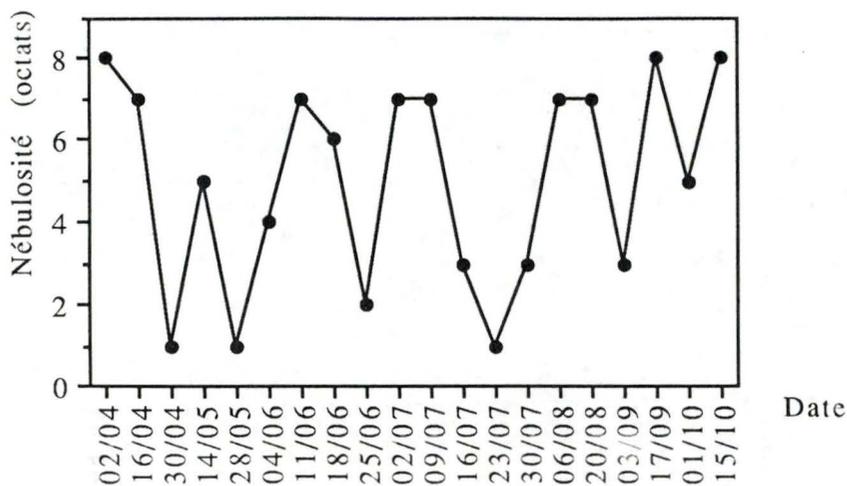


Figure 25 : Evolution hebdomadaire de la nébulosité crépusculaire journalière (octats) mesurée à Gosselies du 2 avril au 15 octobre 1990 (Données communiquées par l'IRM, année 1990).

La similitude de la plupart des données (Cf. par exemple, la Fig. 21) nous a permis de considérer indifféremment les données de l'une ou l'autre station .

Comme nous pouvons le voir, les conditions climatiques relatives à l'année 1990 ont été globalement favorables à la capture des Trichoptères; températures élevées, précipitations faibles, durée d'insolation élevée.

Le début de la période d'échantillonnage est caractérisé par des températures moyennes (Fig. 22), ainsi qu'une durée d'insolation et un déficit des précipitations très importants (Fig. 23 et 24). Au début du mois de juin, nous observons une nette diminution de la durée de l'ensoleillement (Fig. 23) et une nébulosité croissante (Fig. 25). Par contre, juillet et août sont caractérisés par un excès de la durée d'insolation et des températures ainsi qu'un déficit des précipitations par rapport aux années précédentes. Ceci est surtout marqué au mois de juillet. A la fin de la période d'échantillonnage, on trouve un déficit de l'insolation et un déficit anormal des températures par rapport aux années antérieures.

3.4. Traitement des échantillons.

3.4.1. Récolte, conservation et tri.

Les échantillons sont récoltés une fois par semaine dans des pots de deux litres et amenés au laboratoire où ils sont d'abord placés dans l'alcool et triés à vue au niveau approximatif de l'ordre.

3.4.2. Identification.

Les Trichoptères sont identifiés spécifiquement, comptés et placés dans des piluliers étiquetés contenant de l'alcool. L'identification s'effectue à l'aide d'une loupe binoculaire munie d'un oculaire de grossissement 10 x et d'un objectif avec un grossissement variable de 0.8 à 4 x.

L'identification des Hydroptilidae a nécessité l'éclaircissement des pièces génitales dans une solution de K(OH) 10 %. Après rinçage à l'eau distillée, les individus ont été observés à la loupe binoculaire munie d'un oculaire de grossissement 15 x.

Les principaux ouvrages utilisés pour l'identification sont les monographies de MACAN (1973), TOBIAS & TOBIAS (1981) et MALICKY (1983). Le travail de ROJAS-CAMMOUSSEIGHT & TACHET (1988) a été utilisé pour les Hydroptilidae du groupe *Hydroptila sparsa*.

Les identifications ont été vérifiées par Ph. STROOT.

3.5. Traitement des données.

3.5.1. Données utilisées.

La période d'échantillonnage s'étend du 2 avril au 31 octobre 1990. Au-delà du 15 octobre, aucune présence de Trichoptères n'a toutefois été relevée dans les différents pièges. Durant la période d'échantillonnage, une nuit par semaine a été totalement inventoriée sur les trois stations. Les résultats n'ont été traités hebdomadairement que pour les deux mois présentant une abondance et une diversité spécifique élevées, c'est-à-dire pour la période du 4 juin au 6 août (Cf. Annexes 1-3).

3.5.2. Démarche.

Le but de ce mémoire est double :

- comparer la qualité de la Meuse en trois stations grâce à des Trichoptères adultes bioindicateurs;
- déterminer une période optimale d'échantillonnage pour une surveillance à long terme.

Pour le réaliser, nous avons procédé en plusieurs étapes. Dans un premier temps, nous avons comparé les stations globalement en utilisant les données issues de toute la période d'échantillonnage. Ensuite, nous avons déterminé une période optimale d'échantillonnage sur base des résultats. Nous avons finalement comparé les résultats relatifs à cette période optimale avec ceux concernant toute la période d'échantillonnage, dans le but de vérifier si la qualité de l'information obtenue en un seul échantillonnage est suffisante pour pouvoir comparer ces trois stations. Cette condition semble en effet nécessaire pour rendre applicable l'utilisation des Insectes adultes aériens pour un suivi à long terme de l'environnement.

Tableau 14 : Indices de diversité utilisés pour l'interprétation des résultats (PIELOU, 1977).

S = le nombre d'espèces.

n_i = le nombre d'individus de l'espèce i.

N = le nombre total d'individus.

x = la base du logarithme laissée au choix de l'expérimentateur (e dans notre cas).

Indices

Formules

Indice de SHANNON-WEAVER (1949)

$$H = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_x \frac{n_i}{N}$$

Indice d'équitabilité (PIELOU, 1969)

$$I = \frac{H}{\log_x S}$$

3.5.3. Critères de comparaison.

Les critères utilisés pour comparer la qualité des trois stations sont l'abondance, la diversité et la présence éventuelle d'espèces, bioindicatrices.

L'abondance est le nombre total d'individus capturés; elle a été calculée, pour les trois stations, hebdomadairement et pour toute la période d'échantillonnage.

La diversité se réfère au nombre d'espèces capturées; elle est considérée comme une mesure globale de la réponse des peuplements aux conditions du milieu et, par extension, à une perturbation du biotope (HELLAWELL, 1986).

La diversité se mesure de deux manières, soit en dénombrant simplement les espèces (diversité spécifique), soit à l'aide d'indices de diversité. Pour chaque station, nous avons calculé deux indices de diversité: l'indice de SHANNON-WEAVER (1949 *in* LEJEUNE, 1987) et l'indice d'équitabilité (PIELOU, 1969). Les formules permettant l'obtention de ces indices sont reprises au Tabl. 14.

RESULTATS

- Deux objectifs :
- évaluer la qualité de la Meuse en trois stations à l'aide d'espèces de Trichoptères bioindicatrices;
 - déterminer une période optimale d'échantillonnage.

Tableau 15: Inventaire faunistique des Trichoptères capturés au piège lumineux dans les trois stations de la Meuse (Waulsort, Tailfer et Andenne) du 2 avril au 15 octobre 1990.

1. Rhyacophilidae

Rhyacophila dorsalis (CURTIS, 1834)

2. Glossosomatidae

Agapetus ochripes CURTIS, 1834

3. Hydroptilidae

Agraylea multipunctata CURTIS, 1834

Agraylea sexmaculata CURTIS, 1834

Hydroptila angulata MOSELY, 1932

Hydroptila simulans MOSELY, 1920

Hydroptila sparsa CURTIS, 1834

Hydroptila gr. *sparsa* *

4. Hydropsychidae

Cheumatopsyche lepida (PICTET, 1834)

Hydropsyche contubernalis McLACHLAN, 1865

Hydropsyche exocellata DUFOUR, 1841

Hydropsyche siltalai DÖHLER, 1950

5. Polycentropodidae

Cyrnus trimaculatus (CURTIS, 1834)

Neureclipsis bimaculata (L., 1758)

Polycentropus flavomaculatus (PICTET, 1834)

6. Psychomyiidae

Lype reducta (HAGEN, 1968)

Psychomyia pusilla (FABRICIUS, 1781)

Tinodes waeneri (L., 1758)

7. Ecnomidae

Ecnomus tenellus (RAMBUR, 1842)

8. Limnephilidae

Limnephilus auricula CURTIS, 1834

9. Leptoceridae

Athripsodes albifrons (L., 1758)

Athripsodes aterrimus (STEPHENS, 1836)

Athripsodes bilineatus (L., 1758)

Athripsodes cinereus (CURTIS, 1834)

Athripsodes leucophaeus (RAMBUR, 1842)

Ceraclea alboguttata (HAGEN, 1860)

Ceraclea dissimilis (STEPHENS, 1834)

Mystacides azurea (L., 1761)

Mystacides longicornis (L., 1758)

Mystacides nigra (L., 1758)

Oecetis notata (RAMBUR, 1842)

Oecetis testacea (CURTIS, 1834)

Nombre de familles : 9

Nombre d'espèces : 31

Nombre total d'individus : 85784

* *Hydroptila* gr. *sparsa* comporte les femelles non identifiées des espèces comptabilisées par ailleurs : *H. angulata*, *H. cornuta*, *H. simulans* et *H. sparsa*.

Tableau 16 : Abondance des différentes espèces de Trichoptères capturés au piège lumineux dans les trois stations (Waulsort, Tailfer et Andenne) du 2 avril au 15 octobre 1990.

Espèces	WAULSORT	TAILFER	ANDENNE	TOTAL	% total
Rhyacophilidae					
<i>Rhyacophila dorsalis</i>	1	0	0	1	0,00
Glossosomatidae					
<i>Agapetus ochripes</i>	1	0	0	1	0,00
Hydroptilidae					
<i>Agraylea multipunctata</i>	2	3	0	5	0,01
<i>Agraylea sexmaculata</i>	0	1	0	1	0,00
<i>Hydroptila angulata</i>	5	0	0	5	0,01
<i>Hydroptila simulans</i>	5	0	0	5	0,01
<i>Hydroptila sparsa</i>	3	0	0	3	0,00
<i>Hydroptila gr. sparsa</i>	21	0	0	21	0,02
Hydropsychidae					
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	1185	0	0	1185	1,38
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	1582	12	1	1595	1,86
<i>Hydropsyche exocellata</i>	55	2	0	57	0,07
<i>Hydropsyche siltalai</i>	2	0	0	2	0,00
Polycentropodidae					
<i>Cyrnus trimaculatus</i>	4	0	0	4	0,00
<i>Neureclipsis bimaculata</i>	249	29	34	312	0,36
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	8	0	0	8	0,01
Psychomyidae					
<i>Lype reducta</i>	0	1	0	1	0,00
<i>Psychomyia pusilla</i>	829	1	0	830	0,97
<i>Tinodes waeneri</i>	1	2	2	5	0,01
Ecnomidae					
<i>Ecnomus tenellus</i>	2708	336	345	3389	3,95
Limnephilidae					
<i>Limnephilus auricula</i>	0	0	1	1	0,00
Leptoceridae					
<i>Athripsodes albifrons</i>	3	0	0	3	0,00
<i>Athripsodes aterrimus</i>	1	0	0	1	0,00
<i>Athripsodes bilineatus</i>	4	0	0	4	0,00
<i>Athripsodes cinereus</i>	74	8	0	82	0,10
<i>Athripsodes leucophaeus</i>	4	0	0	4	0,00
<i>Ceraclea alboguttata</i>	141	94	3	238	0,28
<i>Ceraclea dissimilis</i>	32986	44809	125	77920	90,83
<i>Mystacides azurea</i>	2	0	0	2	0,00
<i>Mystacides longicornis</i>	3	1	0	4	0,00
<i>Mystacides nigra</i>	1	1	0	2	0,00
<i>Oecetis notata</i>	47	0	0	47	0,05
<i>Oecetis testacea</i>	46	0	0	46	0,05
Total par station	39973	45300	511	85784	

4. RESULTATS.

4.1. Faunistique et écologie.

4.1.1. Liste faunistique.

L'échantillonnage traité comprend 85.784 Trichoptères capturés entre le 2 avril et le 15 octobre 1991.

Ils se répartissent de manière inégale en 31 taxa* appartenant à 9 familles (Tabl. 15). Quatre espèces représentent le maximum de captures : *Ceraclea dissimilis* (90,8 %), *Ecnomus tenellus* (3,9 %), *Hydropsyche contubernalis* (1,9 %) et *Cheumatopsyche lepida* (1,4 %) (Tabl.16).

Parmi les espèces capturées, une est nouvelle pour la faune belge : *Hydroptila angulata*.

Athripsodes leucophaeus, une espèce typique de la Meuse, n'avait quant à elle plus été trouvée depuis 1949 (STROOT, 1985). Deux autres espèces rares ont été récoltées : *Hydroptila simulans*, dont la larve a été récoltée auparavant sur le Hoyoux en 1918 et *H. sparsa* peu récoltée en Belgique (STROOT, 1984).

En ce qui concerne les autres taxa, leur forme larvaire ne sont pas habituelles en Meuse. Ainsi, *Agapetus ochripes* est surtout représentée sur la Molinee, la Lesse et le Samson (STROOT, 1984).

Mystacides longicornis est, quant à elle, représentée essentiellement en Basse Belgique, tout comme *Oecetis testacea* (STROOT, 1985).

Lors des prélèvements du benthos organisés par MEURISSE-GENIN & al. (1987), les larves de *Mystacides nigra*, *M. longicornis*, *Oecetis* spp., *Lype* spp. et *Hydroptila sparsa* n'avaient pas été recensées.

* *Hydroptila* gr. *sparsa*. comprend les femelles non identifiées d'espèces comptabilisées par ailleurs : *H. angulata*, *H. simulans* et *H. sparsa*.

L'échantillonnage des Insectes adultes présente donc un intérêt notable en permettant d'élargir le spectre des espèces capturées et donc de récolter des espèces rares. Ceci confirme bien l'efficacité du piégeage lumineux par rapport aux méthodes d'échantillonnage du benthos couramment utilisées.

4.1.2. Ecologie des espèces capturées.

Rhyacophila dorsalis peuple la plus grande partie du réseau lotique. C'est une des espèces de Rhyacophilidae les plus communes en Haute-Belgique (MARLIER, 1943). Elle vit dans les mêmes biotopes qu'*Hydropsyche siltalai* ou *H. pellucidula*, c'est-à-dire dans les zones à courant rapide avec des grosses pierres et à profondeur faible ou moyenne (INGELRELST, 1983; PILETTE, 1986).

Une famille bien représentée dans nos prélèvements est celle des Hydropsychidae, considérés comme de bons bioindicateurs (HIGLER & TOLKAMP, 1982).

Au niveau des sections particulièrement perturbées des grands fleuves, les peuplements de Trichoptères se réduisent souvent à une seule espèce du genre *Hydropsyche*, *H. contubernalis* alors capturée en grand nombre. D'après DECAMPS (1968), cette espèce est inféodée au potamon. MALICKY (1980) en obtient des nombres considérables (115.000 individus) en une seule campagne de piégeage lumineux en zone assez altérée et pendant une période limitée. Il considère cette espèce comme un des Trichoptères les plus résistants à la pollution des grands fleuves d'Europe centrale. MEURISSE-GENIN & al. (1987) avaient également constaté la plus grande résistance d'*H. contubernalis* à la pollution ainsi que sa raréfaction dans les zones plus polluées de la Meuse. Les mêmes auteurs constatent par ailleurs la disparition, en aval de Namur, d'*Hydropsyche exocellata*, pourtant bien représentée en amont. Ceci avait été attribué à une dégradation du milieu plus qu'à une quelconque zonation car *H. contubernalis* et *H. exocellata* étaient autrefois récoltées en Meuse liégeoise (STROOT, 1984).

Notons qu' *H. contubernalis*, qui n'est plus capturée en Meuse liégeoise par MEURISSE-GENIN & al. (1987) se rencontre à nouveau aux Pays-Bas dans la Meuse et dans le Rhin néerlandais après avoir disparu pendant plusieurs dizaines d'années. Cette répartition et ce développement dans le Rhin des populations d'*H. contubernalis*, semblent selon HIGLER & TOLKAMP (1982) étroitement liés à une amélioration sensible de ses eaux.

Hydropsyche siltalai est la plus exigeante et fréquente, un peu comme *Rhyacophila dorsalis*, une grande partie du réseau hydrographique (USSEGLIO-POLATERA, 1985; STROOT, 1986). *H. siltalai* vit en courant rapide (USSEGLIO-POLATERA, 1985). SCHUMACHER (1970) la classe parmi les espèces susceptibles de supporter une légère contamination tant que le déficit en oxygène n'est pas inférieur à plus de 30 % de la valeur de saturation.

Neureclipsis bimaculata est définie par ILLIES & BOTOSANEANU (1963) comme l'une des espèces du potamon que l'on ne trouve d'ordinairement pas dans les cours d'eau de moindre importance. Selon USSEGLIO-POLATERA (1985), *N. bimaculata* est un taxon peu rhéophile, montrant une polluo-résistance importante. MEURISSE-GENIN et al (1987) ont souligné son apparente euryécie en Meuse.

Le Psychomyidae *Psychomyia pusilla*, considéré comme ubiquiste par LACWILICHOWSKA (1970 in USSEGLIO-POLATERA, 1985), est reconnu comme une forme typique de grosses rivières comme la Lesse et l'Ourthe (STROOT, 1989). Les densités de *P. pusilla* se trouvent réduites par de fortes teneurs en matières en suspension (M.E.S.) et par une sédimentation importante (THOMAS & al., in press.)

Une des espèces les plus abondantes dans nos prélèvements est *Ecnomus tenellus*. Ses larves se rencontrent typiquement dans les milieux stagnants, les canaux et les zones lentes des grands cours d'eau naturels (EDINGTON & HILDREW, 1981). Elles occupent effectivement la plus grande partie du potamon de fleuves comme par exemple le Rhin (ZIESE, 1985 in USSEGLIO-POLATERA, 1985) et la Meuse (MEURISSE-GENIN & al., 1987).

En dehors des caractères limnophile et thermophile de cette espèce, celle-ci semble tolérante vis-à-vis de la pollution (STROOT et al, 1988). C'est ainsi que MORETTI & CIANFICCONI (1984) signalent un développement plus important des populations d'*Ecnomus tenellus* dans des zones plus urbanisées ou industrielles assez nettement altérées. Cette espèce résisterait à une pollution organique si le taux en oxygène reste satisfaisant (TOBIAS & TOBIAS, 1981). De plus, *E. tenellus* tolérerait de fortes salinités, comme c'est le cas dans la Meuse belge en aval de sa confluence avec la Sambre industrialisée (RIWA, 1982; STROOT & al., 1988).

Espèces	N	02/04	16/04	30/04	14/05	28/05	04/06	11/06	18/06	25/06	02/07	09/07	16/07	23/07	30/07	06/08	20/08	03/09	17/09	01/10	15/10	
Rhyacophilidae																						
<i>Rhyacophila dorsalis</i>	1																					
Glossosomatidae																						
<i>Agapetus ochripes</i>	1																					
Hydroptilidae																						
<i>Agraylea multipunctata</i>	5																					
<i>Agraylea sexmaculata</i>	1																					
<i>Hydroptila angulata</i>	5																					
<i>Hydroptila simulans</i>	5																					
<i>Hydroptila sparsa</i>	3																					
<i>Hydroptila gr. sparsa</i>	21																					
Hydropsychidae																						
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	1185																					
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	1595																					
<i>Hydropsyche exocellata</i>	57																					
<i>Hydropsyche siltalai</i>	2																					
Polycentropodidae																						
<i>Cyrnus trimaculatus</i>	4																					
<i>Neureclipsis bimaculata</i>	312																					
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	8																					
Psychomyidae																						
<i>Lype reducta</i>	1																					
<i>Psychomyia pusilla</i>	830																					
<i>Tinodes waeneri</i>	5																					
Ecnomidae																						
<i>Ecnomus tenellus</i>	3389																					
Limnephilidae																						
<i>Limnephilus auricula</i>	1																					
Leptoceridae																						
<i>Athripsodes albifrons</i>	3																					
<i>Athripsodes aterrimus</i>	1																					
<i>Athripsodes bilineatus</i>	4																					
<i>Athripsodes cinereus</i>	82																					
<i>Athripsodes leucophaeus</i>	4																					
<i>Ceraclea alboguttata</i>	238																					
<i>Ceraclea dissimilis</i>	77920																					
<i>Mystacides azurea</i>	2																					
<i>Mystacides longicornis</i>	17																					
<i>Mystacides nigra</i>	2																					
<i>Oecetis notata</i>	47																					
<i>Oecetis testacea</i>	46																					

Tableau 17 : Etalement des captures de Trichoptères échantillonnés au piège lumineux dans les trois stations de la Meuse (Waulsort, Tailfer et Andenne) du 2 avril au 15 octobre 1990.



: maximum de captures.

Espèces	N	02/04	16/04	30/04	14/05	28/05	04/06	11/06	18/06	25/06	02/07	09/07	16/07	23/07	30/07	06/08	20/08	03/09	17/09	01/10	15/10
Rhyacophilidae																					
<i>Rhyacophila dorsalis</i>	1												█								
Glossosomatidae																					
<i>Agapetus ochripes</i>	1							█													
Hydroptilidae																					
<i>Agraylea multipunctata</i>	5												█		█	█					
<i>Agraylea sexmaculata</i>	1														█						
<i>Hydroptila angulata</i>	5														█				█		
<i>Hydroptila simulans</i>	5														█						
<i>Hydroptila sparsa</i>	3														█						█
<i>Hydroptila gr. sparsa</i>	21														█						█
Hydropsychidae																					
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	1185																				
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	1595	█		█																	
<i>Hydropsyche exocellata</i>	57																				
<i>Hydropsyche siltalai</i>	2																				
Polycentropodidae																					
<i>Cyrnus trimaculatus</i>	4																				
<i>Neureclipsis bimaculata</i>	312	█																			
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	8																				
Psychomyidae																					
<i>Lype reducta</i>	1																				
<i>Psychomyia pusilla</i>	830	█																			
<i>Tinodes waeneri</i>	5																				
Ecnomidae																					
<i>Ecnomus tenellus</i>	3389																				
Limnephilidae																					
<i>Limnephilus auricula</i>	1																				
Leptoceridae																					
<i>Athripsodes albifrons</i>	3																				
<i>Athripsodes aterrimus</i>	1																				
<i>Athripsodes bilineatus</i>	4																				
<i>Athripsodes cinereus</i>	82																				
<i>Athripsodes leucophaeus</i>	4																				
<i>Ceraclea alboguttata</i>	238																				
<i>Ceraclea dissimilis</i>	77920	█																			
<i>Mystacides azurea</i>	2																				
<i>Mystacides longicornis</i>	17																				
<i>Mystacides nigra</i>	2																				
<i>Oecetis notata</i>	47																				
<i>Oecetis testacea</i>	46																				

Tableau 17 : Etalement des captures de Trichoptères échantillonnés au piège lumineux dans les trois stations de la Meuse (Waulsort, Tailfer et Andenne) du 2 avril au 15 octobre 1990.



: maximum de captures.

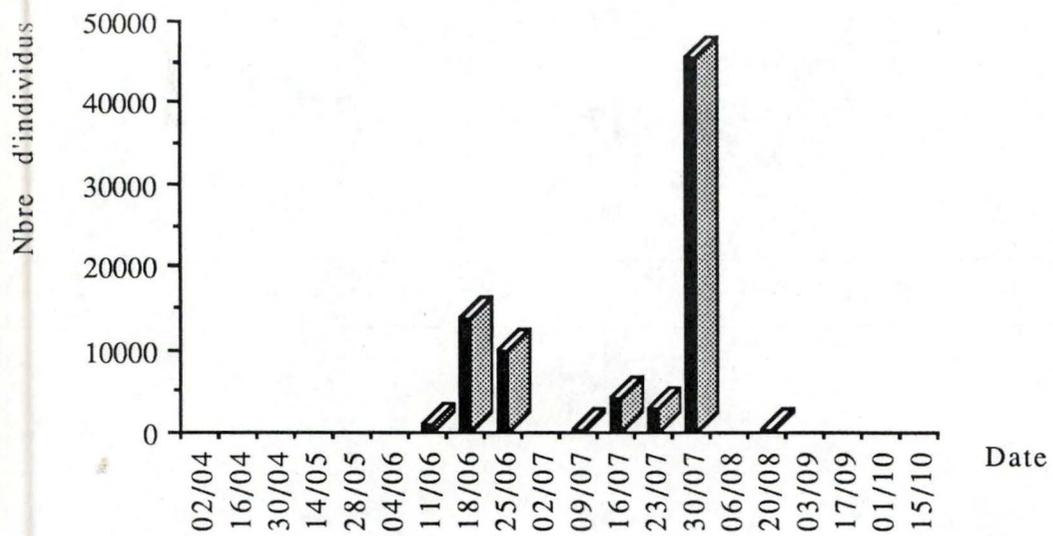


Figure 26 : Répartition de captures de *Ceraclea dissimilis* en Meuse (stations de Waulsort, Tailfer, Andenne) en 1990.

Limnephilus auricula est caractéristique du limnion (eaux stagnantes en général) mais fréquente en égale mesure certaines eaux courantes (ILLIES, 1967), généralement des petits cours d'eau herbeux en liaisons avec des étangs (STROOT, com. pers.). Cette espèce provient vraisemblablement d'un écosystème voisin.

Athripsodes cinereus colonise les rivières et grands fleuves, sur des substrats caillouteux ou sableux, en eaux calmes ou peu courantes (WALLACE, 1981).

Ceraclea dissimilis, Leptoceridae particulièrement résistant, fait partie intégrante de la biocénose de l'épi- et du métapotamon des grands fleuves (DECAMPS, 1968; VERNEAUX, 1973). Les larves de *C. dissimilis* sont trouvées sur des substrats composés de cailloux et graviers, exposés à un courant de vitesse modérée (WALLACE, 1981). Selon cet auteur, on les signale même en bordure des lacs dans les biotopes constitués de racines immergées.

L'écologie de la plupart des espèces capturées est en accord avec l'appartenance de la Meuse belge au potamon (MEURISSE-GENIN & al., 1987). Seules s'en écartent quelques-unes des espèces comme *Agapetus ochripes*, *Ecnomus tenellus* et *Limnephilus auricula*.

4.1.3. Périodes de vol.

Les périodes de vol observées d'après les Insectes capturés sont reprises au Tabl. 17. Nous observons une variabilité importante dans les schémas de vol.

Hydropsyche contubernalis et *H. exocellata* sont capturées pratiquement sans interruption d'avril à octobre. C'est le cas également de *Neureclipsis bimaculata*, de *Ceraclea dissimilis* et d'*Ecnomus tenellus*. D'autres, comme les espèces du genre *Hydroptila* ne sont présentes qu'à partir du mois de juillet.

En ce qui concerne *C. dissimilis*, cependant, la majorité des captures s'effectuent au cours des mois de juin (le 18) et de juillet (le 30), soit en deux pics (Fig.26). Une bimodalité est par ailleurs également observée par DECAMPS (1967) dans la partie basse de cours d'eau des Pyrénées et par CRICHTON (1960) en Grande-Bretagne.

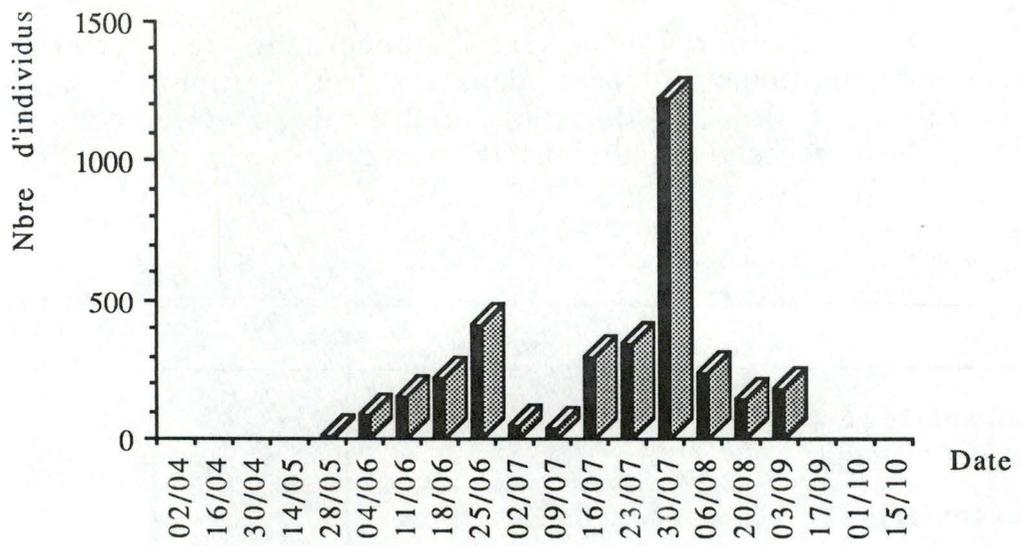


Figure 27 : Répartition de captures d'*Ecnomus tenellus* en Meuse (stations de Waulsort, Tailfer, Andenne) en 1990.

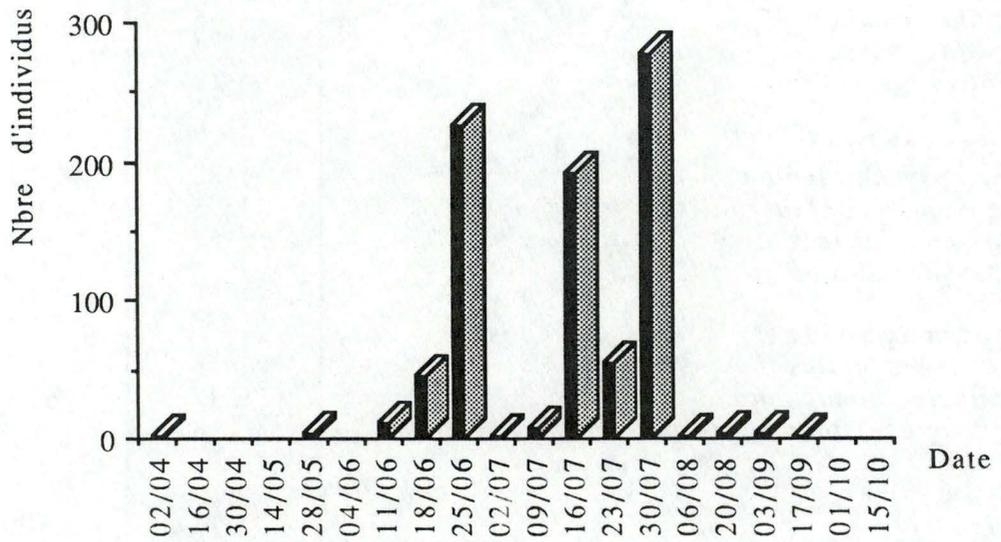


Figure 28: Répartition de captures de *Psychomyia pusilla* en Meuse (stations de Waulsort, Tailfer, Andenne) en 1990.

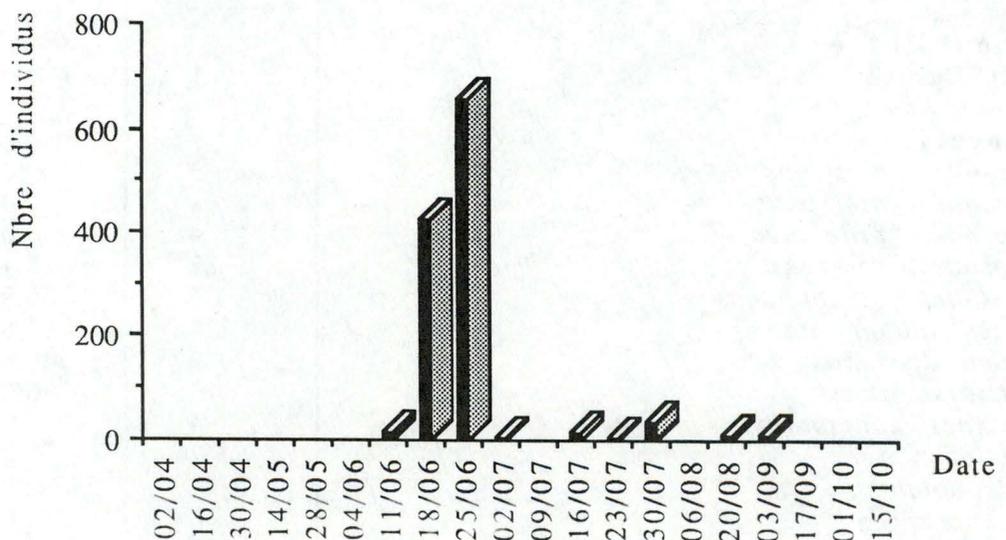


Figure 29 : Répartition de captures de *Cheumatopsyche lepida* en Meuse (stations de Waulsort, Tailfer, Andenne) en 1990.

Tableau 18 : Rapport des sexes concernant les Trichoptères capturés au piège lumineux dans les trois stations de la Meuse (Waulsort, Tailfer et Andenne) du 2 avril au 15 octobre 1990.
Ni : Nombre total d'individus de l'espèce i.

	Ni	% mâles
Rhyacophilidae		
<i>Rhyacophila dorsalis</i>	1	100
Glossosomatidae		
<i>Agapetus ochripes</i>	1	0
Hydroptilidae		
<i>Agraylea multipunctata</i>	5	100
<i>Agraylea sexmaculata</i>	1	100
<i>Hydroptila angulata</i>	5	*
<i>Hydroptila simulans</i>	5	*
<i>Hydroptila sparsa</i>	3	*
<i>Hydroptila gr. sparsa</i>	21	*
Hydropsychidae		
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	1185	2.2
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	1595	4.1
<i>Hydropsyche exocellata</i>	57	100
<i>Hydropsyche siltalai</i>	2	100
Polycentropodidae		
<i>Cyrnus trimaculatus</i>	4	50.0
<i>Neureclipsis bimaculata</i>	312	67.9
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	8	100
Psychomyidae		
<i>Lype reducta</i>	1	100
<i>Psychomyia pusilla</i>	830	19.6
<i>Tinodes waeneri</i>	5	80.0
Ecnomidae		
<i>Ecnomus tenellus</i>	3389	55.9
Limnephilidae		
<i>Limnephilus auricula</i>	1	100
Leptoceridae		
<i>Athripsodes albifrons</i>	3	0
<i>Athripsodes aterrimus</i>	1	0
<i>Athripsodes bilineatus</i>	4	0
<i>Athripsodes cinereus</i>	82	6.1
<i>Athripsodes leucophaeus</i>	4	50.0
<i>Ceraclea alboguttata</i>	238	11.8
<i>Ceraclea dissimilis</i>	77920	40.6
<i>Mystacides azurea</i>	2	50.0
<i>Mystacides longicornis</i>	4	0
<i>Mystacides nigra</i>	2	0
<i>Oecetis notata</i>	47	100
<i>Oecetis testacea</i>	46	0

* *Hydroptila gr. sparsa* comporte les femelles non identifiées des espèces comptabilisées par ailleurs : *H. angulata*, *H. cornuta*, *H. simulans* et *H. sparsa*.

La période de vol d'*Ecnomus tenellus* montre également une certaine bimodalité. Ainsi, nous observons un premier pic le 25 juin et un deuxième le 30 juillet (Fig. 27). La littérature confirme ces résultats (Cf. ROJAS-CAMOUSSEIGHT, 1985).

Ce serait également le cas pour *Psychomyia pusilla* (Fig.28). Ceci concorde avec la littérature. Ainsi, selon CRICHTON et al. (1978), *P. pusilla* est bivoltine en Angleterre mais univoltine en Ecosse. L'irrégularité des modèles d'émergence a déjà été remarquée chez cette espèce et dépendrait principalement du régime hydrologique (LANGFORD, 1975) et de la température de l'eau (PRAT, 1980).

Cheumatopsyche lepida paraît univoltine dans nos prélèvements (Fig. 29) bien que des cycles bivoltins aient été notés dans le Rhône (TACHET et BOURNAUD, 1981). Cependant, d'après ELLIOTT (1986), cette espèce serait univoltine en Grande-Bretagne avec une courte période de vol allant de mi-juin à mi-août.

Le maximum de captures se situe le 16 juillet à Waulsort et à Tailfer pour *H. contubernalis* et le 16 juillet et le 3 septembre à Waulsort pour *H. exocellata* (Cf. Annexes 1 et 2). Ceci concorde avec les données générales de la littérature (DECAMPS, 1967; CRICHTON & al., 1978).

Il est indiscutable que les conditions météorologiques ont une influence déterminante sur les périodes de vol (SWEENEY, 1978).

L'émergence des Insectes est saisonnière et spécifique et toutes les espèces n'ont pas la même sensibilité aux conditions météorologiques. De plus, comme nous l'avons vu précédemment (cfr. 1.3.1.3), les périodes d'émergence varient suivant l'altitude, la latitude, la situation géographique et la topographie du milieu.

4.1.4. Rapport des sexes.

Au vu du Tabl. 18, nous pouvons distinguer un rapport des sexes différent selon les espèces :

- un pourcentage de mâles équivalent à celui des femelles pour *Ceraclea dissimilis* et *Ecnomus tenellus* ;

Tableau 19 : Abondances hebdomadaires des Trichoptères capturés au piège lumineux dans les trois stations (Waulsort, Tailfer et Andenne) du 2 avril au 15 octobre 1990.

N_i : abondance totale pour chaque station.

N_j : abondance totale pour chaque semaine.

DATES	WAULSORT	TAIFER	ANDENNE	n_j
02/04	32	0	0	32
16/04	0	0	0	0
30/04	13	1	0	14
14/05	0	0	0	0
28/05	76	8	2	86
04/06	92	6	9	107
11/06	654	415	16	1085
18/06	14476	0	48	14524
25/06	11440	488	0	11928
02/07	97	7	25	129
09/07	89	337	9	435
16/07	5311	63	15	5389
23/07	2773	633	18	3424
30/07	4203	43190	61	47454
06/08	161	128	50	339
20/08	258	17	188	463
03/09	277	6	67	350
17/09	8	0	2	10
01/10	5	0	0	5
15/10	8	1	1	10
n_i	39973	45300	511	85784

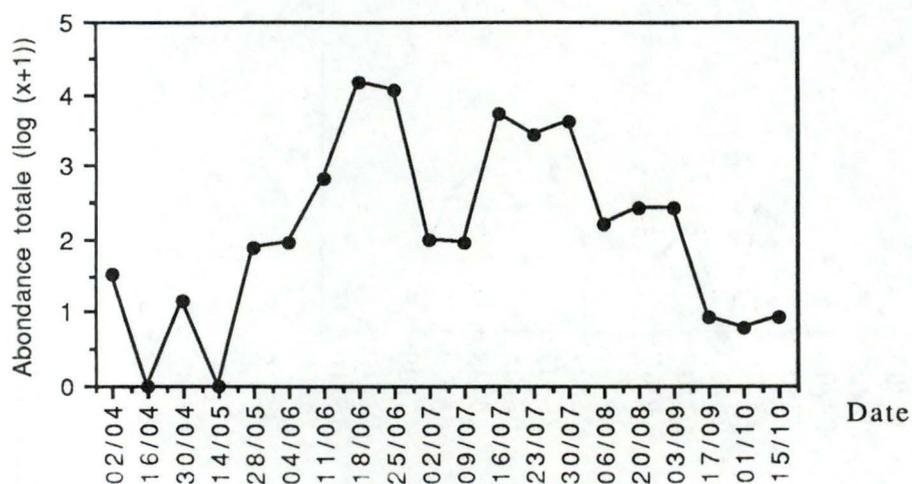
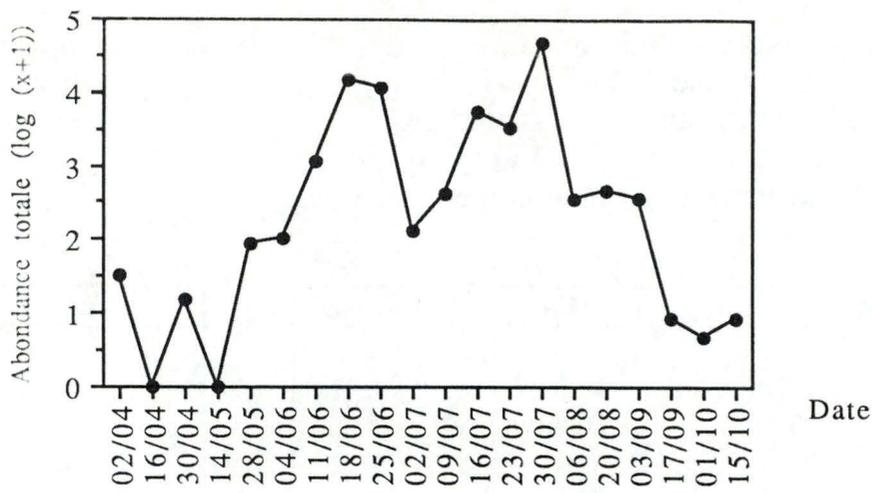
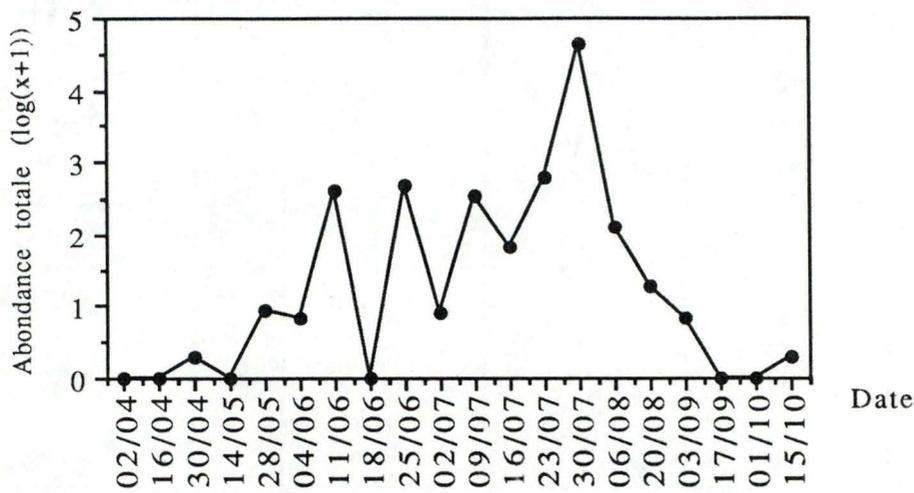


Figure 30 : Evolution hebdomadaire de l'abondance totale des Trichoptères capturés au piège lumineux dans l'ensemble des trois stations (Waulsort, Tailfer et Andenne) du 2 avril au 15 octobre 1990.

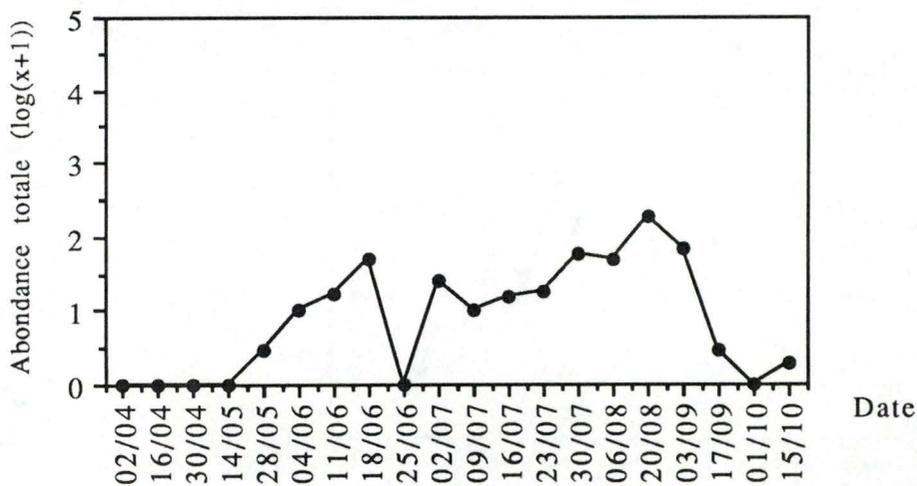
x = Nombre d'individus.



a



b



c

Figure 31 : Comparaison de l'abondance totale des Trichoptères capturés au piège lumineux du 2 avril au 15 octobre 1990, en chacune des trois stations : Waulsort (a), Tailfer (b), Andenne (c).

x = Nombre d'individus.

- un pourcentage de mâles nettement supérieur à celui des femelles pour *Hydropsyche exocellata*, *Oecetis notata* et, dans une moindre mesure *Neureclipsis bimaculata*;
- un pourcentage de mâles nettement inférieur à celui des femelles pour *Athripsodes cinereus*, *Ceraclea alboguttata*, *Hydropsyche contubernalis* et *Psychomyia pusilla*.

Cette inégalité dans le rapport des sexes peut s'expliquer, notamment, par une activité ou une attractivité différente des mâles et femelles d'imagos à la lumière du piège lumineux (Cf. 1.2.2).

4.2. Comparaison entre stations.

4.2.1. Abondance.

La lecture du Tabl. 19 montre une nette différence dans l'abondance des Trichoptères capturés entre les stations. Nous pouvons distinguer deux groupes de stations : les stations "riches" de Waulsort (39973 individus) et Tailfer (45300 individus), en amont de Namur, et la station "pauvre" d'Andenne (511 individus), en aval de Namur.

L'abondance considérable observée à Tailfer est toutefois due à l'abondance (43190 individus) d'une seule espèce, *Ceraclea dissimilis*.

L'évolution hebdomadaire de l'abondance (Fig.30), toutes stations confondues, nous permet d'observer une courbe bimodale. Cette bimodalité serait due à celle de plusieurs des espèces les plus communes. Les semaines montrant la plus forte abondance (Tabl. 19) sont celles du 18/06 (14524 individus), du 25/06 (11928 individus) et du 30/07 (47454 individus).

Une rapide observation de la Fig. 31 permet de constater une augmentation générale du nombre de captures dans les trois stations allant du 28/05 au 20/08 avec deux pics pour Waulsort (mi-juin et mi-juillet) et un pic à Tailfer (30/07). Le pic observé à Tailfer (43.190 individus) est essentiellement dû à l'émergence de la seule *Ceraclea dissimilis*.

Tableau 20 : Diversité spécifique hebdomadaire des Trichoptères capturés au piège lumineux dans les trois stations (Waulsort, Tailfer et Andenne) du 2 avril au 15 octobre 1990.

N_i : diversité totale pour chaque station.

N_j : diversité totale pour chaque semaine.

DATES	WAULSORT	TAILFER	ANDENNE	n_j
02/04	4	0	0	4
16/04	0	0	0	0
30/04	1	1	0	1
14/05	0	0	0	0
28/05	6	3	2	8
04/06	6	2	1	6
11/06	7	4	2	8
18/06	8	0	2	10
25/06	15	6	0	17
02/07	10	3	3	10
09/07	7	2	3	7
16/07	19	8	3	21
23/07	11	4	3	11
30/07	15	8	4	18
06/08	8	3	3	8
20/08	10	2	3	10
03/09	9	4	3	11
17/09	4	0	2	6
01/10	4	0	0	4
15/10	6	1	1	6
n_i	29	14	7	31

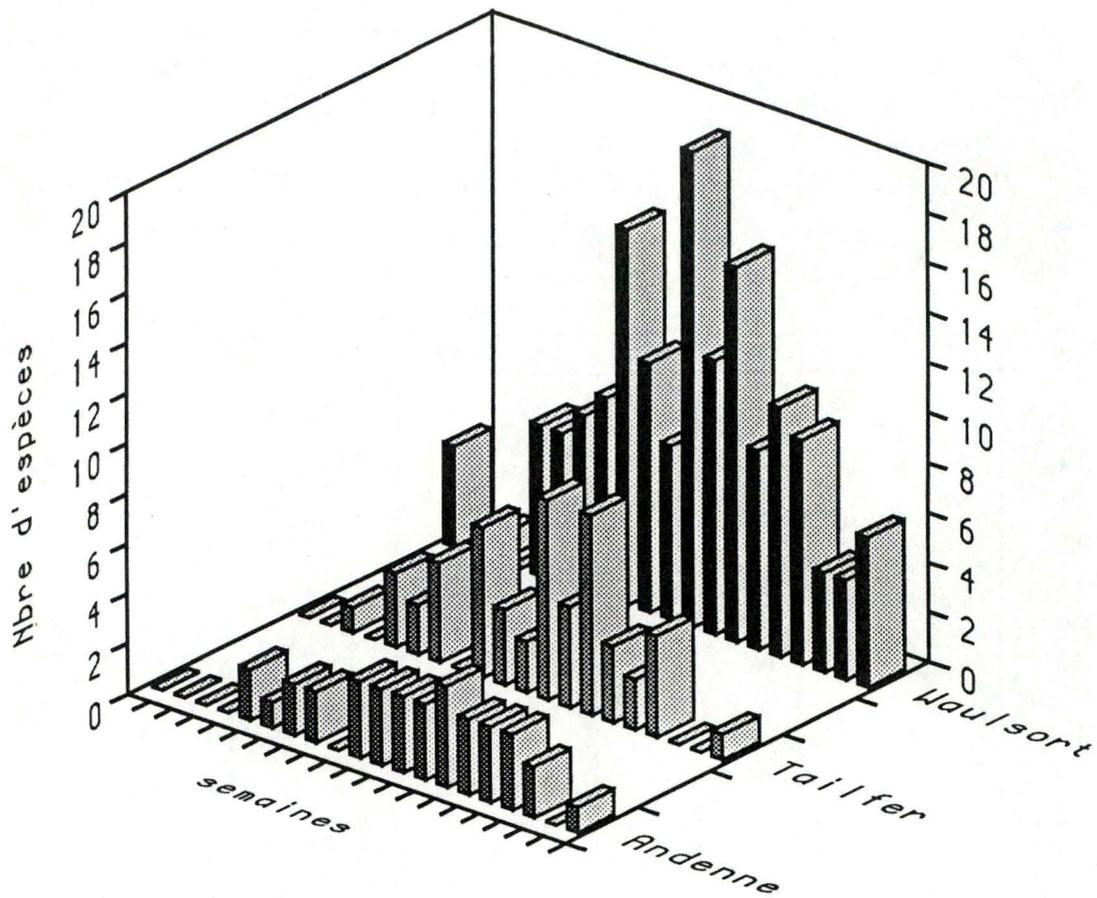


Figure 32: Evolution hebdomadaire de la diversité spécifique des Trichoptères capturés au piège lumineux pour Waulsort, Tailfer et Andenne du 2 avril au 15 octobre 1990.

Tableau 21: Indices de diversité de SHANNON-WEAVER pour Waulsort, Taifer et Andenne, du 2 avril au 15 octobre 1990.

DATES	WAULSORT	TAILFER	ANDENNE
02/04	0,58	-	-
16/04	-	-	-
30/04	0,20	0,00	-
14/05	-	-	-
28/05	0,81	1,04	0,69
04/06	0,82	0,69	0,00
11/06	0,72	0,15	0,38
18/06	0,26	-	0,10
25/06	0,76	0,75	-
02/07	1,71	0,96	0,60
09/07	1,67	0,10	0,97
16/07	0,86	1,71	0,85
23/07	0,64	0,11	0,68
30/07	1,05	0,03	0,94
06/08	0,95	0,72	0,20
20/08	1,75	0,65	0,81
03/09	1,47	1,33	0,57
17/09	1,01	-	0,69
01/10	1,33	-	-
15/10	1,48	0,00	0,00
Somme	0,76	0,07	0,87

Tableau 22 : Indices de diversité de PIELOU pour Waulsort, Taifer et Andenne, du 2 avril au 15 octobre 1990.

DATES	WAULSORT	TAILFER	ANDENNE
02/04	0,02	-	-
16/04	-	-	-
30/04	0,01	0,00	-
14/05	-	-	-
28/05	0,03	0,07	0,10
04/06	0,03	0,05	0,00
11/06	0,02	0,01	0,05
18/06	0,01	-	0,01
25/06	0,03	0,05	-
02/07	0,06	0,07	0,09
09/07	0,06	0,01	0,14
16/07	0,03	0,12	0,12
23/07	0,02	0,01	0,10
30/07	0,04	0,00	0,13
06/08	0,03	0,05	0,03
20/08	0,06	0,05	0,12
03/09	0,05	0,10	0,08
17/09	0,03	-	0,10
01/10	0,05	-	-
15/10	0,05	0,00	0,00
Somme	0,03	0,01	0,12

Ceraclea dissimilis domine dans nos prélèvements à Waulsort (83%) mais surtout à Tailfer (99%) et dans une moindre mesure à Andenne (24%) (Cf. Annexes 1-3).

Nous pouvons voir une nette diminution du nombre du Psychomyidae, *Psychomyia pusilla* et des Hydropsychidae *Hydropsyche contubernalis* et *H. exocellata* de l'amont à l'aval, respectivement 829, 1582 et 55 pour Waulsort contre 1, 12 et 2 à Tailfer et 0, 1 et 0 à Andenne.

Nous observons également une diminution du nombre d'individus de l'Ecnomidae *Ecnomus tenellus* vers l'aval de Namur, soit 2708, 336 et 345 individus.

4.2.2. Diversité spécifique.

La comparaison du nombre total (Tabl. 20) d'espèces rencontrées au cours de la période échantillonnée montre une diversité spécifique nettement plus élevée à Waulsort : 29 espèces contre 14 à Tailfer et 7 à Andenne. Cette différence reste marquée tout au long de la saison d'échantillonnage (Fig. 32).

Si l'on se situe au niveau de la famille, la différence est moins nette : respectivement 8, 6 et 6 familles à Waulsort, Tailfer et Andenne.

Paradoxalement, la diminution amont-aval du nombre d'espèces ne se traduit pas de la même façon si l'on utilise les indices de diversité de SHANNON-WEAVER et de PIELOU. Si l'on considère les valeurs globales, ces indices montrent des valeurs plus importantes à Andenne (S-W : 0.87; P : 0.12) qu'à Waulsort (S-W : 0.76; P : 0.03) et surtout Tailfer (S-W : 0.07; P : 0.01). Si l'on considère les valeurs calculées de semaine en semaine, il n'y a pas vraiment de constance dans les différences observées. La diversité maximale est toutefois observable à Waulsort, en ce qui concerne l'indice de SHANNON-WEAVER (Tabl. 21) et à Andenne, en ce qui concerne l'indice de PIELOU (Tabl. 22)

4.2.3. Discussion.

L'hypothèse d'appauvrissement, non seulement qualitatif mais également quantitatif, de la biocénose de l'amont vers l'aval se trouve confirmée par l'ensemble de nos résultats.

Ainsi, du 2 avril au 15 octobre, 85784 Trichoptères ont été recensés, se répartissant en 39973 individus à Waulsort, 45300 à Tailfer et 511 à Andenne, soit respectivement 8, 6 et 6 familles.

La différence notable de l'abondance entre les trois stations, Waulsort, Tailfer et Andenne, est liée surtout à une seule espèce, *Ceraclea dissimilis*. Cette différence d'abondance de *C. dissimilis*, espèce moyennement tolérante vis-à-vis de la pollution et des vitesses de courant, s'expliquerait par l'altération importante du milieu en aval de Namur.

Les courbes d'abondance représentées à la Fig. 31 peuvent être mises en rapport avec des conditions climatiques généralement bonnes. Ainsi, les mois de juin, juillet et août sont caractérisés par des conditions météorologiques particulièrement favorables : températures élevées, précipitations faibles, durée d'ensoleillement importante (cf. 3.3). La chute des températures observée aux environs du 2 juillet se répercute sur l'abondance des captures.

En ce qui concerne les valeurs faibles d'abondance, les semaines du 18 juin à Tailfer et du 25 juin à Andenne (mais pas à Waulsort), une efficacité moindre ou un mauvais fonctionnement du piège lumineux sont à écarter. En effet, de nombreux Diptères ont été capturés ces semaines dans les différents pièges. L'explication pourrait résider dans des conditions locales (vents, averses,...) défavorables aux Trichoptères.

L'abondance dans les trois stations est donc surtout fonction d'une seule espèce, *Ceraclea dissimilis*, dont l'essor semble lié à des différences de qualité du milieu en amont et en aval de Namur.

En ce qui concerne la diversité, c'est en Haute-Meuse, où les conditions abiotiques sont les plus favorables que les peuplements de Trichoptères sont les plus diversifiés. En effet, 31 espèces ont été recensées dont respectivement 29, 14 et 7 à Waulsort, Tailfer et Andenne. Comme nous pouvons le voir, la plupart des espèces de Trichoptères semblent se localiser principalement si pas exclusivement à Waulsort (Tabl.16). C'est notamment le cas pour *Agapetus ochripes*, les *Hydroptila*, *Cheumatopsyche lepida*, *Cyrnus trimaculatus* et la plupart des *Athripsodes*. D'autres semblent limitées à la station située en amont de Namur. C'est notamment le cas pour l'espèce nouvelle pour la faune belge, *Hydroptila angulata*, et pour les espèces rares, *Athripsodes leucophaeus*, *Hydroptila*

simulans et *Hydroptila sparsa*. Lorsque l'écologie de toutes ces espèces est connue (cf. 4.1.2.), celles-ci sont plutôt considérées comme sensibles et éventuellement observables également dans des rivières de moindre importance.

Le seul taxon présent uniquement à Andenne est *Limnephilus auricula*, représenté par un seul individu. Etant donné l'écologie de cette espèce (Cf. 4.1.2.), cet individu proviendrait vraisemblablement d'un biotope environnant et non de la Meuse (STROOT, com. pers.).

Mises à part quelques espèces plutôt typiques des eaux calmes, les espèces recensées (Tabl.16) semblent *a priori* euryèces et correspondent plus ou moins précisément au potamon d'ILLIES & BOTOSANEANU (1963).

Certaines espèces peuvent servir de bioindicateurs. Ainsi, par exemple, *Psychomyia pusilla* est sensible à une concentration élevée en matières en suspension (THOMAS & al, in press). Dans notre cas, nous voyons une nette régression de son abondance de Waulsort à Tailfer pour disparaître à Andenne.

Les Hydropsychidae peuvent également servir d'indicateurs de pollution (HIGLER & TOLKAMP, 1982). *Hydropsyche contubernalis* est mentionnée comme une espèce potamique très résistante aux mauvaises conditions abiotiques du milieu (MALICKY, 1980; HIGLER & TOLKAMP, 1982; MEURISSE-GENIN & al., 1987) et se maintiendrait seule dans un écosystème altéré. C'est le seul Hydropsychidae à se maintenir au niveau d'Andenne.

Certaines espèces maintiennent des effectifs abondants à Andenne. C'est surtout le cas pour *Ecnomus tenellus*. Il s'agit d'une espèce particulièrement polluo-résistante, à même de profiter d'une certaine pollution organique et d'une compétition réduite pour se développer (STROOT et al, 1989).

Nous notons en outre, que les espèces filtreuses du genre *Hydropsyche* ou d'autres espèces comme *Ceraclea dissimilis*, qui exploitent les matières organiques fines ou du fait de leur aptitude à utiliser des sources de nourritures variées (détritivores généralistes), appartiennent aux groupes des espèces les moins perturbées (USSEGLIO-POLATERA, 1985). Les résultats montrent en effet que les Hydropsychidae (filtreurs) et certains Leptoceridae (détritivores généralistes) sont moins affectés par l'altération du

biotope que les Psychomyidae ou les Hydroptilidae (algivores), par exemple.

Ce type d'observation concorde avec les résultats obtenus sur le Rhin (CASPER, 1980; MALICKY, 1980) et le Danube (CHANTARAMONGKOL, 1983) : en présence d'une pollution modérée, la plupart des Trichoptères disparaissent progressivement accentuant la dominance d'espèces comme *Hydropsyche contubernalis* ou *Ecnomus tenellus*.

L'appauvrissement de la faune vers l'aval correspond aux résultats antérieurs obtenus sur la Meuse au niveau du benthos (MEURISSE-GENIN & al., 1987) et des Insectes adultes aériens (LEJEUNE, 1987). La différence observée entre Waulsort et Tailfer peut trouver son origine dans les nombreux rejets domestiques de l'agglomération de Dinant, ce qui induit probablement une altération de la qualité des eaux.

La diminution de la diversité entre les trois stations traduit à la fois l'impact des travaux d'aménagement et une pollution plus marquée.

Ce phénomène de dégradation des communautés benthiques par intensification des activités humaines est malheureusement quasi-systématique dans les grands fleuves. Ainsi, CASPER (1980) ne trouve que 2 des 34 espèces de Trichoptères répertoriées dans le Rhin, à Bonn, au début du siècle; il s'agit d'*H. contubernalis* et *P. pusilla*. MALICKY (1981) à Mainz ne capture que 7 espèces de Trichoptères au piège lumineux, dont 5 n'appartiennent certainement pas à la biocénose rhénane. Seule *Hydropsyche contubernalis* (plus de 99,99 % des captures) et *Hydroptila angulata* résistent aux conditions du milieu actuelles alors que BOTOSANEANU (1981) estime que la faune trichoptérologique du Rhin moyen et inférieur était forte d'au moins 30 à 40 espèces. Enfin, TOBIAS (1964) récolte uniquement *E. tenellus* dans le Main à Mainz (MALICKY, 1980).

L'état actuel de la Meuse belge paraît donc supérieur à celui des grands fleuves précités, surtout en ce qui concerne la zone de Waulsort.

Bien que la dégradation de la Meuse en aval de Namur soit indiscutable, elle n'est pas seule en cause dans l'appauvrissement de la faune (MEURISSE-GENIN & al., 1987). En effet, plusieurs espèces peu abondantes en Haute-Meuse y vivent sans doute à la limite de leur valence écologique. C'est peut-être le cas pour *Hydropsyche siltalai*.

Sur l'ensemble de la période d'échantillonnage, le taux de capture est très élevé. Ceci est à mettre en relation avec des conditions météorologiques favorables (cf. 3.3.) et une meilleure efficacité du piège, amélioré suite aux conseils de LEJEUNE (1987). En effet, les plaques de plexiglass ont été remplacées par du verre. De plus, le piège a fonctionné la nuit entière plutôt que deux heures au coucher du soleil.

La différence de diversité spécifique "brute" (le nombre d'espèces) semble donc bien exprimer la différence de qualité observée entre les stations (cf.2.2.).

Par contre et, contrairement à ce que l'on pouvait prévoir, la valeur des indices de diversité évolue de manière inverse entre Waulsort et Andenne. Etant donné l'apparente représentativité de la diversité spécifique brute, nous aurions tendance à ne pas considérer ces indices. En effet, il semblerait que nous ne soyons pas dans les conditions optimales de leur utilisation : trop grande différence dans les nombres et trop forte prédominance d'une seule espèce. Ainsi, le nombre d'individus à Waulsort et Tailfer est trop important par rapport à Andenne : il s'agit d'un ordre de grandeur différent. De plus, ces indices diminuent l'importance prise par un taxon dominant sans toutefois l'annuler complètement (LEJEUNE, 1987). De ce fait, les indices calculés pour Waulsort et Tailfer seraient proportionnellement réduits par rapport à Andenne par le fait que ces deux stations comportent une espèce très nettement dominante, et ce malgré leur grande diversité, contrairement à Andenne, fortement appauvrie en nombre d'individus et d'espèces.

Il semble que ces indices de diversité ne sont pas applicables dans une éventuelle utilisation sur des captures d'Insectes adultes en Meuse.

En conclusion, il apparaît donc que l'abondance totale, liée à celle de la seule *Ceraclea dissimilis*, et surtout la diversité spécifique reflètent effectivement, et de manière très nette, des différences dans la qualité globale du milieu. Par contre, les indices

de diversité utilisés sont moins cohérents et leur signification peu claire.

En ce qui concerne une période optimale d'échantillonnage, les mois de juin et juillet présentent les abondances les plus importantes, avec toutefois des baisses d'abondances occasionnelles vraisemblablement liées à des événements météorologiques généraux ou locaux.

4.3. Echantillonnage étalé ou ponctuel ?

L'application concrète du suivi à moyen et long terme d'un écosystème comme la Meuse au moyen d'Insectes adultes suppose un échantillonnage limité dans le temps tout en étant représentatif. Nous avons donc voulu constater si les données se référant à un seul échantillonnage ponctuel, mais effectué en période optimale, apportait une information à la fois interprétable, complète et cohérente avec les données récoltées sur l'ensemble de la saison.

4.3.1. Choix de la période optimale.

Au vu de l'ensemble de nos résultats, la semaine d'échantillonnage qui nous semble, *a posteriori*, optimale est celle du 16 juillet. Cette semaine montre effectivement une diversité maximale.

4.3.2. Interprétation des résultats relatifs à la semaine du 16 juillet.

La semaine du 16 juillet est représentée par une abondance maximale en amont de Namur (5310 individus). Elle diminue fortement à Tailfer (63 individus) et à Andenne (15 individus). Cette abondance est essentiellement due à l'espèce *Ceraclea dissimilis* (Annexe 2). En ce qui concerne la diversité, celle-ci est élevée à Waulsort, 18 espèces contre 8 et 3 respectivement à Tailfer et Andenne (Cf. Tabl. 21).

Quant aux espèces indicatrices, nous avons une nette régression de leur nombre de l'amont vers l'aval. Ainsi, on dénombre à Waulsort 191 individus de *Psychomyia pusilla* contre 0 à Tailfer et Andenne. *Hydropsyche contubernalis*, quant à elle,

est abondante à Waulsort (647 individus) puis diminue fortement à Tailfer (6 individus) pour disparaître à Andenne. Il en est de même pour *Ecnomus tenellus*.

Cette diminution du nombre d'espèces indicatrices reflèterait effectivement l'altération du milieu en aval de Namur. En ce qui concerne *P. pusilla*, sa disparition à Andenne pourrait être mise en rapport avec le pourcentage élevé de matières en suspension (M.E.S.) en aval de Namur.

4.3.3. Caractéristiques météorologiques du 16 juillet.

La semaine du 16 juillet est caractérisée par des bonnes conditions climatiques : des précipitations et une nébulosité faibles ainsi qu'une durée d'insolation et des températures élevées (cf. 3.3). Ces facteurs sont généralement considérés comme favorables à la capture des Insectes adultes aériens et notamment à leur émergence et leur vol (cf. 1.3.).

4.3.4. Comparaison des échantillonnages global et ponctuel.

La période globale d'échantillonnage offre une abondance et une diversité élevées en amont de Namur mais diminuant fortement vers l'aval. L'étude des espèces indicatrices, nombreuses en individus et en espèces à Waulsort, mais faibles ou quasi inexistantes en aval de Namur, reflètent effectivement une certaine altération du milieu, altération confirmée par les résultats physico-chimiques (cf. 2.2) ainsi que par les données effectuées sur le benthos par MEURISSE-GENIN & al. (1987).

Parallèlement, la semaine du 16 juillet offre des résultats similaires. Nous avons une diversité et une abondance élevées en amont de Namur mais faible à Andenne. Quant aux espèces indicatrices, elles disparaissent en aval.

4.3.5. Discussion.

Les résultats de la période optimale concordent effectivement avec ceux de la période globale d'échantillonnage. En effet, en observant les résultats de diversité, d'abondance et de présence d'espèces indicatrices, les interprétations relatives à la semaine du 16 juillet concordent avec celles de toute la saison d'échantillonnage. Nous pouvons, dans ce cas, affirmer que l'information issue d'une période d'échantillonnage limitée (une

semaine mi-juillet) est sensiblement la même à celle provenant de toute la période de piégeage (six mois).

Il faut toutefois noter que l'année 1990 a été particulièrement favorable quant aux conditions météorologiques et notamment la période du 16 juillet. De plus, d'éventuels problèmes techniques peuvent apparaître (coupure d'électricité, mauvais fonctionnement de la minuterie,...). C'est pourquoi, l'étalement de la période optimale d'échantillonnage d'une semaine à un mois (le mois de juillet) nous a semblé présenter les meilleurs espoirs en ce qui concerne un programme de surveillance d'un écosystème aquatique à long terme.

De plus, les abondances élevées rendent le travail de tri et d'identification long et fastidieux. C'est pourquoi, un échantillonnage limité à quelques heures, notamment au crépuscule et éventuellement à l'aube, pourrait apporter des informations similaires à celles de toute la nuit.

L'efficacité du piège lumineux a été démontrée (CRICHTON, 1978; USSEGLIO-POLATERA, 1985; LEJEUNE et STROOT, 1990), il pourrait dès lors être utilisé pendant une période limitée, comme observatoire écologique.

RESUME,
CONCLUSIONS
ET PERSPECTIVES

5. RESUME, CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une étude globale de la Meuse. Son objectif est double : l'utilisation des Insectes adultes aériens dans l'évaluation de la qualité de la Meuse, et ce, en trois stations, et la détermination d'une période optimale d'échantillonnage en vue d'une surveillance à long terme d'un écosystème aquatique.

La première partie de ce travail a consisté à préciser le choix des Insectes adultes aériens et les modalités de piégeage.

Au vu d'études antérieures, le groupe des Trichoptères occupe une place primordiale dans l'analyse biocénotique des communautés benthiques du fait de leur diversité spécifique et de la signification zonale de nombreuses espèces particulièrement aptes à intégrer et traduire les modifications du milieu.

Plusieurs techniques de prélèvements ont été envisagées. Parmi celles-ci, le piège lumineux paraît constituer la méthode d'échantillonnage la plus adéquate pour un grand cours d'eau. En effet, les adultes de la plupart des Insectes nocturnes et/ou crépusculaires sont attirés par la lumière. Par contre, le benthos des grands cours d'eau est particulièrement difficile à échantillonner.

Les problèmes de sélectivité ne sont pas caractéristiques du piégeage lumineux. Les méthodes classiques d'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques présentent en effet des inconvénients similaires. Ainsi, la colonisation des substrats artificiels par les macroinvertébrés dépend de leur mode de vie spécifique et des conditions hydrologiques durant le temps d'exposition. De plus, de nombreux problèmes techniques (amarrage, accessibilité du piège par l'utilisateur,...) rendent difficile l'utilisation des pièges à émergence.

De fait, les commodités d'utilisation du piège lumineux, les avantages du dispositif attractif et la relative facilité d'identification des adultes de Trichoptères font du piégeage lumineux une méthode efficace et intéressante.

Le prélèvement des Insectes adultes suppose l'intervention et donc l'étude de facteurs qui agissent sur l'émergence, le vol et la capture des adultes.

De l'inventaire des facteurs ressortent surtout l'influence de la température et de la photopériode et l'impact des facteurs ayant une action sur la qualité de l'eau.

C'est sur base de ce principe qu'il nous est permis d'envisager l'utilisation d'Insectes adultes indicateurs des conditions du milieu aquatique.

Pour ce faire, nous avons choisi de comparer trois stations différentes par le niveau de qualité de l'eau tout en étant faciles d'accès. Deux stations ont été échantillonnées en amont de Namur (Waulsort et Tailfer) et une station plus altérée en aval (Andenne). L'examen de l'évolution des paramètres physico-chimiques révèle, en effet, une qualité de l'eau beaucoup plus altérée en aval de Namur.

L'examen des données météorologiques montre quant à lui des conditions climatiques particulièrement favorables durant presque toute l'année 1990 et surtout pendant le mois de juillet.

L'étude de l'ensemble de la communauté sur la période considérée apparaît correspondre à une élimination compétitive de nombreuses espèces, induite par la modification progressive du biotope. Ainsi, les éléments les plus sténoèces sont les premiers à disparaître et par ailleurs, les nouvelles caractéristiques du milieu créent des conditions favorables au développement d'espèces euryèces et peu sensibles à la pollution.

Nos résultats montrent que l'abondance et la diversité spécifique diminuent sensiblement de Waulsort à Tailfer et fortement à Andenne. De fait, 85784 Trichoptères ont été recensés dont 39973 à Waulsort, 43500 à Tailfer et 511 à Andenne, comprenant 31 espèces dont 29 à Waulsort, 14 à Tailfer et 7 à Andenne.

Le piège lumineux nous a permis d'échantillonner une espèce nouvelle pour la faune belge, *Hydroptila angulata*, une espèce très rare en Meuse, *Athripsodes leucophaeus*, et deux autres espèces peu rencontrées en Meuse, *Hydroptila simulans* et *H. sparsa*.

L'abondance élevée à Tailfer est due à l'émergence d'une espèce unique, *Ceraclea dissimilis* représentant 90,8 % des captures.

Au niveau des indices de diversité, l'information qui en ressort, est à prendre avec réserve. En effet, nous serions dans les limites de leur utilisation en ce qui concerne la capture d'Insectes adultes dans un grand cours d'eau.

La présence d'espèces indicatrices, abondantes à Waulsort mais rares à Andenne, tend à nouveau à prouver l'altération nette de la qualité de l'eau en aval de Namur. Ainsi, *Psychomyia pusilla*, dont la présence est notamment fonction d'une concentration croissante en matières en suspension, disparaît à Andenne. *Hydropsyche contubernalis* et *Ecnomus tenellus*, espèces particulièrement résistantes, se maintiennent à Andenne tout en montrant une nette baisse de leurs effectifs. Nous serions dès lors dans les limites de leur tolérance.

La détermination d'une période optimale d'échantillonnage a fait l'objet d'un point particulier. La comparaison des informations relatives aux deux périodes nous donne à penser que l'information issue d'une période limitée (une semaine) est sensiblement la même que celle relative à une longue période d'échantillonnage (six mois) . Il faut noter cependant que les conditions climatiques, particulièrement favorables l'année 1990, ont peut-être joué un rôle dans les résultats. Il peut dès lors être utile d'étendre la période optimale d'une semaine à un mois (le mois de juillet, par exemple) pour éviter d'éventuels problèmes techniques et des conditions climatiques plutôt mauvaises.

Notre étude a finalement montré l'importance de l'utilisation des Trichoptères adultes capturés au piège lumineux dans l'évaluation d'un écosystème aquatique ainsi que l'intérêt d'un échantillonnage limité. D'autres thèmes de recherche pourraient faire l'objet d'études ultérieures :

- un travail similaire concernant d'autres Insectes adultes potentiellement indicateurs (les Ephéméroptères ou les Diptères Chironomidae, par exemple);
- l'élaboration d'un programme de surveillance d'un écosystème aquatique à long terme et/ou à plus grande échelle (France, Belgique, Hollande), comme observatoire écologique, d'un milieu tel que la Meuse.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE.

- AIKEN, R.B., 1979 - A size selective under water light trap. *Hydrobiol.*, 65 : 65-68.
- ANDERSEN, T., 1978 - Influence of temperature on the sex-ratio of Trichoptera in light-traps catches in western Norway. *Norw. J. Ent.*, 25 : 149-151.
- ANDERSEN, T., 1979 - Some caddis flies (Trichoptera) in western Norway and their arrival pattern in light-traps. *Fauna Norv. ser. B.*, 26 : 12-17.
- ANDERSEN, T., 1980 - On the occurrence of Beraeidae (Trichoptera) in Western Norway. *Fauna Norv. ser. B.*, 27 : 22-24.
- ANDERSEN, T., 1985 - The adult Trichoptera community in two western Norwegian rivers. *Notulae Ent.*, 65 : 81-91.
- BIRD, G.A. et HYNES, H.B.N., 1981 - Movement of immature aquatic insects in a lotic habit. *Hydrobiol.*, 77 : 103-112.
- BISHOP, J.E., 1973 - Limnology of a small Malayan river Sungai Gombak. *Junk, The Hague* : 485 p.
- BLOMBERG, O., ITAMIES, J. & KUUSELA, K., 1978 - The influence of weather factors on insect catches in traps equipped with different lamps in northern Finland. *Ann. Ent. Fenn.*, 44 : 57-62.
- BOTOSANEANU L., 1981 - Ordo Trichoptera et *Homo insapiens*. In G. MORETTI, (ed.), *Proc. 3rd Int. Symp. Trichoptera*, *Junk, The Hague* : 11 - 19.
- BOUVET, Y., 1976 - Ecologie et reproduction chez les Trichoptères cavernicoles du groupe *Stenophylax* (Limnephilidae : *Stenophyla cini*). In H. Malicky, (ed.), *Proc. First Int. Symp. Trichoptera*, *Junk, The Hague* : 105-109.
- BRINDLE, A., 1958 - Night activity of Trichoptera. *Entomologist's mon. Mag.*, 94 : 38-42.

- BRITT, N.W., 1962** - Biology of two species of lake Erie mayflies, *Ephoron album* (Say) and *Ephemera simulans* (Walker). Bull. Ohio. Biol. Surv., 5 : 1-70.
- CASPERS, N., 1980** - Die macrozoobenthos - Gesellschaften des Rheins bei Bonn. Decheniana, 133 : 93-106.
- CELLOT, B. & BOURNAUD, M., 1988** - Dynamique spatio-temporelle des déplacements de macroinvertébrés dans une grande rivière. Can. J. Zool., 66 : 352-363.
- CHANDLER, J.R., 1970** - A biological approach to water quality management. Water Poll. Control : 415-422.
- CHANTARAMONGKOL, P., 1983** - Light-trapped Caddisflies (Trichoptera) as water-quality indicators in large rivers : results from the Danube at Veröce, Hungary. Aquatic Insects, 5 : 33-37.
- CORBET, P.S., 1964** - Temporal patterns of emergence in aquatic insects. Can. Entomol., 96 : 264-279.
- COUNTANT, C.C., 1967** - Effect of temperature on the development rate of bottom organisms. In Biological effects of thermal discharges. Annls Rep. Pacific. N.W. Lab. U.S. Atom. Energy Comm. Div. Biol. Medicine : 11-12.
- CRICHTON, M.I., 1960** - A study of captures of Trichoptera in a light trap near Reading, Berkshire. Trans. R. ent. Soc. Lond., 40 : 319-344.
- CRICHTON, M.I., 1965** - Observations on captures of Trichoptera in suction- and light-traps near Reading, Berkshire. Proc. R. ent. Soc. Lond., 112 : 101-108.
- CRICHTON M.I., 1974** - The interpretation of light-trap catches of Trichoptera from the Rothamsted insect survey. In H. Malicky, (ed.), Proc. of the First Int. Symp. Trichoptera, Junk, The Hague : 147-158.
- CRICHTON, M.I. & FISHER, D.B., 1982** - Records of caddis flies (Trichoptera) from Rothamsted light-traps at field centres. Field Studies, 5 : 563-579.

- CRICHTON, M.I., FISHER, D.B. & WOIWOD, I.P., 1978 - Life and distribution of British Trichoptera excluding Limnophilidae and Hydropsychidae based on the Rothamsted Insect Survey. *Holarctic Ecology*, 1 : 31-45.
- DECAMPS, H., 1967 - Ecologie des Trichoptères de la vallée d'Aure (Hautes-Pyrénées). *Annls Limnol.*, 3 : 399-577.
- DECAMPS, H., 1968 - Vicariances écologiques chez les Trichoptères des Pyrénées. *Annls Limnol.*, 4 : 1-50.
- DENIS, C., 1977 - Larval and imaginal diapauses in Limnephilidae. *In* M.I. Crichton, (ed.), *Proc. of the 2nd Int. Symp. Trichoptera*, Junk, The Hague : 161-172.
- d'UDEKEM d'ACCOZ, C., 1987 - Etude semi-quantitative et qualitative des macroinvertébrés benthiques des radiers de barrage de la Haute-Meuse. Mémoire de Licence, F.U.N.D.P., Namur, 101 p. (inédit).
- EDINGTON, J.M. & HILDREW, A.G., 1981 - A key to the caseless caddis larvae of the British Isle, with notes on their ecology. *Scient. Publs. Freshwat. Biol. Ass.*, 43 : 1-92.
- ELLIOTT J.M., 1968 - The life histories and drifting of Trichoptera in a Dartmoor stream. *Freshwat. Biol. Ass.* : 615-625.
- ELLIOTT J.M., 1969 - Life history and biology of *Sericostoma personatum* Spense (Trichoptera). *Oikos*, 20 : 110-118.
- ELLIOT J.M., 1978 - Effect of temperature on the hatching time of eggs of *Ephemerella ignita* (PODA) (Ephemeroptera : Ephemerellidae). *Freshwat. Biol.*, 8 : 51 - 58.
- ELLIOTT, J.M., 1986 - Life cycle and growth of *Cheumatopsyche lepida* (Pictet) (Trichoptera : Hydropsychidae) in the River Leven. *Entomologist's Gazette*, 37 : 45-49.

- ELLIOTT, J.M. & HUMPESH, V.H., 1983** - A key to the adults of the British Ephemeroptera. Fresh. Biol. Ass., Sc. Publ., 47 : 101 p.
- ELLIOTT, J.M., DRAKE, C.M. & TULLET, P.A., 1980** - The choice of a suitable sampler for benthic macroinvertebrates in deep rivers. Pollution Report of the Department of the Environment U.K., (in press).
- EL ZIADY, S. & OSMAN, M.F.H., 1961** - The flight activity of night-flying Diptera in relation to the weather conditions in Egypt. Bull. Soc. Ent. Egypte, 45.
- FLANNAGAN, J.F., 1978** - Emergence of caddisflies from the Roseau River, Manitoba. In M.I. Crichton, (ed.), Proc. of the 2nd Int. Symp. Trichoptera, Junk, The Hague : 183-197.
- FONTAINE, J. 1982** - Le piégeage lumineux, moyen d'approche de la faune entomologique d'un grand fleuve (Ephéméroptères, en particulier). Bull. Mens. Soc. Linn. Lyon, 51(3) : 81-89.
- FRIESEN, M.K., FLANNAGAN, J.F. & LAWRENCE, S.G., 1979** - Effects of temperature and cold storage on development time and viability of eggs of the burrowing mayfly *Hexagenia rigida* (Ephemeroptera : Ephemeridae). Can. Ent., 111 : 665-673.
- GASHIGNARD O. & BERLY A., 1987** - Impact of large discharge fluctuations on the macroinvertebrate populations downstream of a Dam. Regulated Stream Advances in Ecology (eds. J.F. Craig and J.B. Kemper) : 145-161 Plenum Press, New-York.
- GOFFART, Ph., 1990** - Surveillance de l'environnement wallon; Volet Odonates : premiers résultats de la saison 1989 et lancement de la saison 1990. GOMPHUS, 6 (1) : 10-25.
- GRANDI, M., 1973** - I comportamenti di volo nelle diverse fasi della vita degli Efemerotteri. Boll. Ist. Entomol. univ. Bologna, 31 : 109-127.

- HARRIS, T.L., 1971 - Crepuscular flight periodicity of Trichoptera. J. Kansas. Entomol. Soc., 44 : 295-301.
- HARTLING, L., 1968 - Meteorological factors affecting the activity of night flying macro lepidoptera. Entomologist, 101 : 83-93.
- HELLAWELL, J.M., 1986 - Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Pollution Monitoring Series, 545 p.
- HICKIN, N.E., 1967 - Caddis larvae. Larvae of the British Trichoptera. Hutchinson et Co. Ltd. London, 476 p.
- HIGLER, L.W.G. & TOLKAMP, H.H., 1982 - Hydropsychidae as indicators. Env. Monit. and Assess. 3 : 331-341.
- HUMPESH, V.H. & ELLIOTT, J.M., 1980 - Effect of temperature on the hatching time of eggs three *Rhitrogena* spp. (Ephemeroptera) from Austrian streams and an English stream and river. J. Anim. Ecol., 49: 643-661.
- ILLIES, J., 1967 - Limnofauna europea. Gustav. Fisher Verlag - Stuttgart, 474p.
- ILLIES, J., 1971 - Emergenz 1969 im Breitenbach. Schlitzer produktionsbiologische studien (1). Arch. Hydrobiol., 69 : 14-59.
- ILLIES, J., 1975 - A new attempt to estimate production in running waters. Verh. Internat. Verein. Limnol., 19 : 1705 - 1711.
- ILLIES, J., 1978 - Vergleichende emergenzmessung im Breitenbach 1969-1976, 22 : 432-448.
- ILLIES, J. & BOTOSANEANU, L., 1963 - Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes considérées surtout du point de vue faunistique. Mitt. Intern. Verein. Limnol., 12 : 1-57.
- INGELRELST, M., 1983 - Microdistribution des macroinvertébrés benthiques dans une station du Samson. Mémoire de licence, F.U.N.D.P., Namur, 109 p (Inédit).

- ISO-IIIVARI, L. & KOPONEN, S., 1977** - Insect catches by light-trap compared with geomagnetic and weather factors in subarctic Lapland. Rep. Kevo Subarctic Res. Stat., 13 : 33-35.
- KHOO S.G., 1964** - Studies on the biology of *Capnia albifrons* (NEWMAN) and notes on the diapause of the nymphs of this species. Gewäss. abwäss. 34/35 : 23-30.
- LAMOTTE, M. & BOURLIERE, F., 1971** - Problème d'écologie : l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux aquatiques. Masson, Paris, 53-84.
- LANGFORD, T.E. & DAFFERN T., 1975** - The emergence of insects from a british river warmed by power station cooling-water. Part I : The use and performance of insect emergence traps in a large, spate river and the effects of various factors on total catches, upstream and downstream of the cooling-water outfalls. Hydrobiol., 46 : 71-74.
- LANGFORD, T.E., 1975** - The emergence of insects from a British river warmed by power station cooling-water. Part II : The emergence patterns of some species of Ephemeroptera, Trichoptera and Megaloptera in relation to water temperature and river flow, upstream and downstream of the cooling-water outfalls. Hydrobiol., 47 : 91-133.
- LAPCHIN, L., 1981** - Application d'une analyse typologique du climat à l'étude de l'activité de vol des Trichoptères. Bull. Cent. Etud. Rech. Sci. Biarritz, 13 : 445-474.
- LARSEN, E.B., 1943** - The importance of masterfactors for the activity of noctuids. Studies on the activity of insects I. Ent. Medd., 23 : 352-374.
- LEJEUNE, D., 1987** - Essai d'utilisation d'insectes adultes pour évaluer la qualité d'un milieu aquatique : la Meuse. Mémoire de licence, F.U.N.D.P., Namur, 102 p. (inédit).
- LEWIS, T. & TAYLOR, L.R., 1964** - Diurnal periodicity of flight by insects. Trans. R. ent. Soc. Lond., 116 : 393-476.

- MACAN, T.T., 1973 - A key to the adults of the British Trichoptera. Fresh. Biol. n° 28 : 151 p.
- MALICKY, H., 1973 - Trichoptera (Köcherfliegen). Handbuch der Zoologie, IV. Band, Heft 29. Eds. J.-G. Helmcke, D. Starck and H. Wermut. 114 p.
- MALICKY, H., 1978 - Köcherfliegen - Lichtfallenfang am Donauufer in Linz (Trichoptera). Linzer Biol. Beitr., 10: 135-140.
- MALICKY, H., 1980 - Lichtfallenuntersuchungen über die Köcherfliegen (Insecta, Trichoptera) des Rheins. Mainzer Naturw. Archiv. : 71-76.
- MALICKY, H., 1981 - Artificial illumination of a mountain stream in lower Austria : effect of constant daylength on the phenology of the caddisflies (Trichoptera). Aquatic Insects, 3 : 25-32.
- MALICKY, H., 1983 - Atlas des Trichoptères d'Europe. Séries Entomologica vol. 24 ed. K.A. Speriser., Junk, The Hague, 298 p.
- MARKARIAN, R.K., 1980 - A study of the relationship between aquatic insect growth and water temperature in a small stream. Hydrobiol., 75 : 81-95.
- MARLIER, G., 1943 - Les métamorphoses de *Rhyacophila dorsalis* (Curtis) et de *Tinodes assimilis* McLACHLAN. Bull. Mus. r. Hist. nat. Belg., 19 : 1-8.
- MARLIER, G., 1978 - Les Insectes aquatiques. Les Naturalistes belges, 97 p.
- MASTELER, E.C. & FLINT, Jr O.S., 1980 - Emergence phenology of Trichoptera from six mile creek, Erie County, Pennsylvania, U.S.A. Aquatic Insects, 2(4):197 - 210.
- MATTICE, J.S. & DYE, L.L., 1978 - Effect of a stream electric generating station on the emergence timing of the mayfly, *Hexagenia bilineata* (Say). Verh. Internat. Verein. Limnol., 20 : 1752-1758.

- MEURISE-GENIN, M., REYDMANS-DETOLLENAERE, A., STROOT, Ph. & MICHA, J.-C., 1987** - Les macroinvertébrés benthiques de la Meuse belge : bilan de cinq années de recherches (1980-1984). Arch. Hydrobiol. 109 : 67-88.
- MICHA, J.-C., 1985** - Inventaire préliminaire des nuisances de la province de Namur. F.U.N.D.P. - U.N.E.C.E.D., 27 p.
- MICHA, J.-C. & PILETTE, S., 1988** - L'impact de l'homme sur l'écosystème Meuse. Actes Colloque 3-4 nov., Namur, 140 p.
- MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, 1982** - Meuse - Construction d'un barrage à Tailfer-Wépion. Serv. Meuse Namuroise, 82/WP/6.
- MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, 1983** - Modernisation de la Meuse namuroise (4 fascicules inédits).
- MORETTI, G.P. & CIANFICCONI, F., 1984** - Zonation of Trichoptera populations from the source to the mouth of the Tiber river (Central Italy, Rome). In J.C., Morse (ed.), Proc. 4th Int. Symp. Trichoptera, Junk, The Hague : 243-252 .
- MÜLLER, K., 1954** - Investigations on the organic drift in north Swedish streams. Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm, 35 : 133-148.
- MÜLLER-LIEBENAU, I., 1960** - Eintagsfliegen aus der Eifel (Insecta, Ephemeroptera). Gewässer Abwässer, 27 : 55-79.
- MUNDIE, J.M., 1964** - A sampler for catching emergency insects and drifting materials in streams. Limnol. Oceanogr., 2 : 456-454.
- NEBEKER, A.V., 1971** - Effect of high winter water temperatures on adult emergence of aquatic insects. Water Research, 5 : 777-783.
- NIELSEN, A., 1948** - Postembryonic development and biology of the Hydroptilidae. K. danske Vidensk. Selsk. Skr., 5 : 1-200.

- NIELSEN, A., 1975 - Pollution and caddis-fly fauna. *In* H. Malicky, (ed.), Proc. of the First Int. Symp. Trichoptera, Junk, The Hague : 159-161.
- NIELSEN, E.T. & NIELSEN, H.T., 1966 - Observation on mosquitos in Greenland. *Meddeleser om Gronland*, 170 : 1-27.
- PERRIN, J.F., 1978 - Signification écologique des peuplements benthiques du Haut-Rhône français. Thèse de troisième cycle, Lyon, 171 p (Inédit).
- PETERS, J.G., PETERS, W.L. & FINK, T.J., 1986 - Seasonal synchronization of emergence in *Dolania americana* (Ephemeroptera: Behningiidae). *Can. J. Zool.*, 65 : 3177-3185.
- PIELOU, E.C., 1969 - An introduction to mathematical ecology, John Wiley & sons. New-York, 385p.
- PIELOU, E.C., 1977 - Mathematical ecology, John Wiley & sons. New-York, 385p.
- PILETTE, S., 1986 - Etude du cycle de vie de *Tinodes rostocki* et de *Rhyacophila dorsalis* dans le Samson. Etude du régime alimentaire de *Rhyacophila dorsalis*. Mémoire de licence, F.U.N.D.P., Namur, 53 p (Inédit).
- PRATT, H.D., 1948 - Influence of the moon on light-trap collections of *Anopheles albimanus* in Puerto Rico. *Jour. Natl. Malaria Soc.*, 7 : 212-220.
- PRAT, R.D., 1980 - Influence of reservoir discharge on benthic fauna in the River Ter, N.E. Spain. *In* Moretti, G. (ed.), Proc. of the 3rd Int. Symposium Trichoptera, Junk, The Hague, 32 : 243-257.
- PUIG, M.A., BAUTISTA, I., TORT, M.I. & PRAT, N., 1981 - Les larves de Trichoptères de la rivière Llobregat (Catalogne, Espagne). Distribution longitudinale et relation avec la qualité de l'eau. *In* Moretti, G. (ed.), Proc. 3rd Int Symp. Trichoptera, Junk, The Hague, 20 : 303-309.

- RESH, V.H., 1976** - Life histories of coexisting species of *Ceraclea*, caddisflies (Trichoptera : Leptoceridae) : the operation of independent functional units in a stream ecosystem. *Can. Ent.*, 108: 1303-1318.
- RESH, V.H. & SORG, K.L., 1978** - Midsummer flight activity of caddisfly adult from a northern California stream. *Environ. Entomol.*, 7 : 396-398.
- RIEDERER, R., 1981** : Die tags- und steinfliegenfauna (Ephemeroptera und Plecoptera) im Mittellauf der Töss. Thesis. ETH Zürich, 169 p (Inédit).
- RIWA, 1982** - Le profil de la qualité de la Meuse : 1-146 (Rijn-en Maaswaterleidingbedrijven, Amsterdam).
- ROBINSON, H.S. & ROBINSON, P.J., 1950** - The observed behaviour of Lepidoptera in the vicinity of light sources. *Ent. Gaz.*, 1 : 3-20.
- ROJAS-CAMOUSSEIGHT, F. 1985** - Etudes préliminaires sur l'utilisation des Trichoptères adultes comme descripteurs écologiques. Thèse d'université, Univ. Lyon I, 214p (Inédit).
- ROJAS-CAMOUSSEIGHT, F. & TACHET, H., 1988** - Les femelles d'*Hydroptila* du groupe *sparsa* (Trichoptera, Hydrophilidae). *Riv. Idrobiol.*, 27 : 2 - 3.
- RUPPRECHT, R., 1975** - The dependence of emergence-period in insect larvae on water temperature. *Verh. Intern. Verein. Limnol.*, 19 : 3057-3063.
- SAVOLAINEN, E., 1978** - Swarming in Ephemeroptera : the mechanism of swarming and the effects of illumination and weather. *Annls Zool. Fennici*, 15 : 17-52.
- SCHUMACHER, H., 1970** - Untersuchungen zur Taxonomie, Biologie und Oekologie einiger Köcherfliegenarten der Gattung *Hydropsyche* Pict. (Insecta, Trichoptera). *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 55 : 511-577.

- SIVARAMAKRISHNAN, K.G. & VENKATARAMAN, K. 1985**
Behavioural strategies of emergence, swarming, mating and oviposition in mayflies. Proc. Indian Acad. Sci., 94 : 351-347.
- SOLEM, J.O., 1985** - Norwegian *Apatania kolenati* (Trichoptera:Limnephilidae) : identification of larvae and aspects of their biology in a high-altitude zone. Ent. Scand. 16: 161-174.
- SOLEM, J.O. & BONGARD, T., 1987** - Flight patterns of three species of lotic caddisflies. In Proc. 5th Int. Symp. Trichoptera, Junk, The Hague : 223-228.
- SOWA, R., 1975** - Ecology and biogeography of mayflies (Ephemeroptera) of running waters in the Polish part of the Carpathians. 2. Life cycles. Acta Hydrobiol., 17 : 319-353.
- SOWA, R., 1980** - La zoogéographie, l'écologie et la protection des Ephéméroptères et leur utilisation en tant qu'indicateurs de la pureté des eaux courantes. Adv. Ephem. Biol., ed. J.P. Flannagan & K.E. Marshall, (eds.) Plenum Publs, New York : 141-154.
- SPIETH, H.T., 1940** - Studies on the biology of the Ephemeroptera. II. The nuptial flight. J. New York Entomol. Soc., 48 : 379-390.
- STATZNER, B., 1976** - Die Köcherfliegen-Emergenz (Trichoptera, Insecta) aus dem zentralafrikanischen Bergbach Kalengo. Arch. Hydrobiol., 78 : 102-137.
- STROOT, Ph., 1984** - Les Trichoptères de Belgique et des régions limitrophes (225 cartes). Inst. Roy. sc. nat. de Belgique, 75p.
- STROOT, Ph., 1985** - Actualisation du catalogue des Trichoptères de Belgique. Soc. Roy. belge d'entomologie, 61p.
- STROOT, Ph., 1986** - Longitudinal distribution of Hydropsychidae larvae (Trichoptera) in two river systems in Belgium. Proc. 3rd. Eur. Congr. Ent., Amsterdam : 147-150.

- STROOT, Ph., 1988** - Les Trichoptères de nos régions : originalité, diversité et importance écologique. Les Naturalistes belges, 69 : 1-20.
- STROOT, Ph., 1989** - Essai de valorisation de collections existantes de macroinvertébrés à des fins de synécologie et de typologie des eaux courantes par utilisation d'analyses multivariées. Thèse Doctorat, F.U.N.D.P., Namur, 203 p. (Inédit).
- STROOT, Ph & LEJEUNE, D., 1990** - Use of aerial adult insects (Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera) for the ecological survey of the Meuse river in Belgium : preliminary results and prospects. Belg. J. Zool., 120 : 222-223.
- STROOT, Ph., TACHET, H. & DOLEDEC, S, 1988** - Les larves d'*Ecnomus tenellus* et d'*E. deceptor* (Trichoptera, Ecnomidae) : identification, distribution, biologie et écologie. Bijdr. tot de Dierk., 58 : 259-269.
- SVENSSON, B.W., 1974** - Population movements of adult Trichoptera at a south Swedish stream. Oikos, 25 : 157-175.
- SWEENEY, B.W., 1978** - Bioenergetic and developmental response of a mayfly to thermal variation. Limnol. Oceanogr., 23 : 461-477.
- TACHET, H. & BOURNAUD, M. 1981** - Cycles biologiques des Hydropsychidae et d'un Polycentropodidae (Trichoptère) dans le Rhône en amont de Lyon. In Moretti, G.,(ed.), Proc. 3rd, Int. Symp. Trich., Junk, the Hague : 347 - 364.
- TAYLOR, L.R., 1963** - Analysis of the effect of temperature on insects in flight. J. Anim. Ecol., 32 : 99-117.
- THOMAS, A.G.B., 1975** - Ephéméroptères du sud-ouest de la France. I. Migrations d'imagos à haute altitude. Anns Limnol., 1 : 47-66.

- THOMAS, E., 1969** - Zur Tagesperiodik des Schlüpfens von Ephemeropteren und Plecopteren. *Oecologia*, 3 : 230-239.
- THOMAS et al, 1990** in C. Tomaszewski (ed.), Proc. 6th. Int. Symp. Trichoptera (in press).
- TOBIAS, W., 1964** - Ein Beitrag zur Trichopterenfauna des Fuldagebietes (Teil I). *Ent. Z.*, 12-13 : 129-145.
- TOBIAS, W. & TOBIAS, D., 1981** - Trichoptera germanica. Bestimmungstabellen für die deutschen Köcherfliegen. Teil I : Imagines-cour. *Forsch. Inst. Senckenberg*, 49. Frankfurt a.M., 672p.
- TUFFERY, G. & VERNEAUX, J., 1973** - Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. *Trav. Div. Qual. Eaux. P. Pisc., C.T.G.R.E.F.*, Paris, 23 p.
- ULFSTRAND, S., 1970** - Trichoptera from river Vindelälven in Swedish Lapland. A four year study based mainly on the use of light-traps. *Ent. Tidskr.*, 91: 46-63.
- USSEGLIO-POLATERA, Ph., 1985** - Evolution des peuplements de Trichoptères et d'Ephéméroptères du Rhône à Lyon (1959-1982). Résultats du piégeage lumineux. Vol. I (Texte). Thèse Doctorat. 248 p (Inédit).
- USSEGLIO-POLATERA, Ph. & AUDA, Y., 1987** - Influence des facteurs météorologiques sur les résultats du piège lumineux. *Annls Limnol.*, 23 : 65-79.
- VANDERSLYCKEN, Ph., 1989** - Etude comparative des différents indices (physico-chimiques et biocénologiques) reflétant la qualité de l'eau. Application aux eaux du bassin du Samson. Mémoire licence F.U.N.D.P., Namur, 85 p. (Inédit).
- VERNEAUX, J., 1973** - Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura). Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypie. Thèse de Doctorat en Sciences, Besançon, 260 p (Inédit).

- VERNIERS G., 1988** - Aménagements écologiques des berges des cours d'eau navigables. Etude de cas : la Meuse et l'Ourthe. Rapport N°2, GIREA : 71 p.
- VIEDMA, M.G. & GARCIA DE JALON, D, 1980** - Descriptions of four larvae of Rhyacophila (Pararhyacophae) from the Lozoya river, central Spain and key to the species of the Iberian Peninsula (Trichoptera : Rhyacophilidae). Aquatic Insects, 2 : 1-12.
- WALLACE, I.D., 1981** - A key to larvae of the family Leptoceridae (Trichoptera) in Great Britain and Iceland. Fresh. Biol., 11, 273 - 297.
- WARD, J.V. & STANFORD, J.A., 1979** - Ecological factors controlling stream zoobenthos with emphasis on thermal modification of regulated streams. The Ecology of Regulated Streams, J.V. Ward and J.A. Stanford, Eds., 35-55.
- WARD, J.V. & STANFORD, J.A., 1982** - Thermal responses in the evolutionary ecology of aquatic insects. Annls Rev. Entomol., 27 : 97-117.
- WARINGER, J.A., 1989** - The abundance and temporal distribution of caddisflies (Insecta, Trichoptera) caught by light traps on the Austrian Danube from 1986-1987. Fresh. Biol., 21 : 387-399.
- WILLIAMS, C.B., 1940** - An analysis of four years captures of insects in a light trap. Part II. The effect of weather conditions on insect activity and the estimation and forecasting of changes in the insect population. Trans. R. Ent. Soc. Lond., 90 : 227-306.
- WILLIAMS, C.B., 1951** - Comparing the efficiency of insect traps. Bull. Ent. Res., 42 : 513-517.
- WIZE, E.J., 1980** - Seasonal distribution and life histories of Ephemeroptera in a northumbrian river. Fresh. biol., 10 : 101 - 111.

LISTE
DES FIGURES

LISTE DES FIGURES.

Figure 1 : Cône de Mundie (1954).

Figure 2 : Serre d'ILLIES (1975).

Figure 3 : Piège à émergence (D'après LANGFORD et DAFFERN, 1975).

Figure 4 : Piège à émergence (D'après LANGFORD et DAFFERN, 1975).

Figure 5 : Piège de Ward (D'après BOBITTE PRODUCTS, 1986).

Figure 6 : Piège lumineux (Modifié d'après Fontaine, 1982).

Figure 7 : Cycle de vie typique d'un Trichoptère (Limnephilidae) (D'après STROOT, 1988).

Figure 8 : Pourcentage de captures de *Hydropsyche siltalai* (D'après CRICHTON et FISHER, 1982).

Figure 9 : Pourcentage de captures de *Tinodes waeneri* (D'après CRICHTON, 1974).

Figure 10 : Pourcentage de captures de *Polycentropus flavomaculatus* (D'après CRICHTON et FISHER, 1982).

Figure 11 : Relation entre le pourcentage de femelles de Trichoptères capturées et la température nocturne (D'après ANDERSEN, 1978).

Figure 12 : Effet de l'augmentation de la température sur le temps d'émergence pour 10 espèces d'insectes en laboratoire (←: émergence suite à l'augmentation de température; ⇨: émergence normale). (D'après NEBEKER, 1971).

Figure 13 : Effet de la température sur l'émergence de l'Ephéméroptère *Ephemera subvaria* dans le laboratoire. (D'après NEBEKER, 1971).

Figure 14 : Facteurs agissant sur l'émergence des Ephéméroptères (Modifié d'après RIEDERER, 1981).

Figure 15 : Cartographie de la Meuse et localisation des barrages (Modifié, d'après MICHA, 1985).

Figure 16 : Evolution du débit hebdomadaire moyen (m³/s) mesuré à La Plante et à Ampsin du 2 avril au 15 octobre 1990 (Données communiquées par OFFICE DE LA NAVIGATION, année 1990).

Figure 17 : Piège lumineux (Modifié, d'après USSEGLIO-POLATERA, 1985).

Figure 18: Localisation du piège lumineux sur le barrage de Waulsort (modifié d'après VERNIERS, 1988).

Figure 19: Localisation du piège lumineux sur le barrage de Tailfer (modifié d'après MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, 1982).

Figure 20 : Localisation du piège lumineux sur le barrage d'Andenne (modifié d'après MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, 1983).

Figure 21 : Evolution de la température hebdomadaire moyenne de l'air au cours de la saison d'échantillonnage du 2 avril au 15 octobre 1990 à Hastière et Gosselies (Données communiquées par l'IRM, année 1990).

Figure 22 : Evolution hebdomadaire des températures de l'air journalières (maxima, minima et moyennes) (°C) mesurées à Hastière du 2 avril au 15 octobre 1990 (Données communiquées par l'IRM, année 1990).

Figure 23 : Evolution hebdomadaire de la durée d'ensoleillement journalière (heures) mesurée à Gosselies du 2 avril au 15 octobre 1990 (Données communiquées par l'IRM, année 1990).

Figure 24 : Evolution hebdomadaire des précipitations journalières (mm) mesurées à Gosselies du 2 avril au 15 octobre 1990 (Données communiquées par l'IRM, année 1990).

Figure 25 : Evolution hebdomadaire de la nébulosité crépusculaire journalière (octats) mesurée à Gosselies du 2 avril au 15 octobre 1990 (Données communiquées par l'IRM, année 1990).

Figure 26 : Répartition de captures de *Ceraclea dissimilis* en Meuse (stations de Waulsort, Tailfer, Andenne) en 1990.

Figure 27 : Répartition de captures d'*Ecnomus tenellus* en Meuse (stations de Waulsort, Tailfer, Andenne) en 1990.

Figure 28: Répartition de captures de *Psychomyia pusilla* en Meuse (stations de Waulsort, Tailfer, Andenne) en 1990.

Figure 29 : Répartition de captures de *Cheumatopsyche lepida* en Meuse (stations de Waulsort, Tailfer, Andenne) en 1990.

Figure 30 : Evolution hebdomadaire de l'abondance totale des Trichoptères capturés au piège lumineux dans l'ensemble des trois stations (Waulsort, Tailfer et Andenne) du 2 avril au 15 octobre 1990.

x = Nombre d'individus.

Figure 31 : Comparaison de l'abondance totale des Trichoptères capturés au piège lumineux du 2 avril au 15 octobre 1990, en chacune des trois stations : Waulsort (a), Tailfer (b), Andenne (c).

x = Nombre d'individus.

Figure 32: Evolution hebdomadaire de la diversité spécifique des Trichoptères capturés au piège lumineux pour Waulsort, Tailfer et Andenne du 2 avril au 15 octobre 1990.

LISTE
DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX.

- Tableau 1. : Comparaison des abondances de Trichoptères capturés au piège lumineux dans deux stations du Danube et du Rhin (CHANTARAMONGKOL, 1983).
- Tableau 2 : Mise en évidence du vol vers l'amont des Trichoptères dans le Rhône grâce à des pièges adhésifs directionnels (plaques de verre engluées). (Modifié d'après USSEGLIO-POLATERA, 1985).
- Tableau 3 : Abondances relatives (%) des Trichoptères échantillonnés sur le Rhône au piège adhésif (plaques de verre engluées) et au piège lumineux (Modifié d'après USSEGLIO-POLATERA, 1985).
- Tableau 4 : Principaux avantages et inconvénients des diverses méthodes de piégeage.
- Tableau 5 : Rapport des sexes pour différentes espèces de Trichoptères capturés au piège lumineux (U.V.) et au piège à glu (GLU) dans le Rhône. (Modifié d'après USSEGLIO-POLATERA, 1985).
- Tableau 6 : Comparaison des captures de Trichoptères entre un piège lumineux muni d'une lampe à vapeur de mercure et un piège à capture directe par aspiration. (D'après CRICHTON, 1965).
- Tableau 7 : Exemples d'occurrences saisonnières chez les Trichoptères (Classification de CRICHTON, 1960).
- Tableau 8 : Types d'activité journalière de vol chez les Trichoptères.
- Tableau 9 : Périodes de vol des Ephéméroptères en Angleterre (Modifié d'après ELLIOTT et HUMPESH, 1983).
- Tableau 10 : Rapport des sexes des principales espèces de Trichoptères capturées au piège lumineux (U.V.) à Lyon dans le Rhône. (Modifié d'après USSEGLIO-POLATERA, 1985).
- Tableau 11 : Rapport des sexes de Trichoptères établis par CRICHTON (1960) sur base de captures au piège lumineux en Angleterre.

Tableau 12 : Comparaison des principaux paramètres physico-chimiques de la qualité de l'eau de la Meuse en trois stations (Hastière, Dave et Andenne). Moyenne annuelle établie sur base de données trimestrielles (RIWA, 1990).

Tableau 13 : Paramètres météorologiques mesurés à Hastière et Gosselies (IRM, année 1990).

Tableau 14 : Indices de diversité utilisés pour l'interprétation des résultats (PIELOU, 1977).

S = le nombre d'espèces.

n_i = le nombre d'individus de l'espèce i.

N = le nombre total d'individus.

x = la base du logarithme laissée au choix de l'expérimentateur (e dans notre cas).

Tableau 15: Inventaire faunistique des Trichoptères capturés au piège lumineux dans les trois stations de la Meuse (Waulsort, Tailfer et Andenne) du 2 avril au 15 octobre 1990.

Tableau 16 : Abondance des différentes espèces de Trichoptères capturés au piège lumineux dans les trois stations (Waulsort, Tailfer et Andenne) du 2 avril au 15 octobre 1990.

Tableau 17 : Etalement des captures de Trichoptères échantillonnés au piège lumineux dans les trois stations de la Meuse (Waulsort, Tailfer et Andenne) du 2 avril au 15 octobre 1990.

 maximum de captures.

Tableau 18 : Rapport des sexes concernant les Trichoptères capturés au piège lumineux dans les trois stations de la Meuse (Waulsort, Tailfer et Andenne) du 2 avril au 15 octobre 1990.

N_i : Nombre total d'individus de l'espèce i.

Tableau 19 : Abondances hebdomadaires des Trichoptères capturés au piège lumineux dans les trois stations (Waulsort, Tailfer et Andenne) du 2 avril au 15 octobre 1990.

N_i : abondance totale pour chaque station.

N_j : abondance totale pour chaque semaine.

Tableau 20 : Diversité spécifique hebdomadaire des Trichoptères -
capturés au piège lumineux dans les trois stations (Waulsort,
Tailfer et Andenne) du 2 avril au 15 octobre 1990.

N_i : diversité totale pour chaque station.

N_j : diversité totale pour chaque semaine.

Tableau 21: Indices de diversité de SHANNON-WEAVER pour
Waulsort, Taifer et Andenne, du 2 avril au 15 octobre 1990.

Tableau 22 : Indices de diversité de PIELOU pour Waulsort, Taifer et
Andenne, du 2 avril au 15 octobre 1990.

LISTE
DES PHOTOS

LISTE DES PHOTOS.

Photo a : Piège lumineux.

Photo b : Piège lumineux.

Photo c : Localisation du piège lumineux sur le barrage de Waulsort.

Photo d : Localisation du piège lumineux sur le barrage de Tailfer.

Photo e : *Hydropsyche* sp.

Photo f : Localisation du piège lumineux sur le barrage d'Andenne.

ANNEXES

LISTE DES ANNEXES.

- Annexe 1 : Nombre d'individus de chaque espèce de Trichoptères (mâles + femelles) capturés au piège lumineux chaque semaine à Waulsort, du 2 avril au 15 octobre 1990.
- Annexe 2 : Nombre d'individus de chaque espèce de Trichoptères (mâles + femelles) capturés au piège lumineux chaque semaine à Tailfer, du 2 avril au 15 octobre 1990.
- Annexe 3 : Nombre d'individus de chaque espèce de Trichoptères (mâles + femelles) capturés au piège lumineux chaque semaine à Andenne, du 2 avril au 15 octobre 1990.
- Annexe 4 : Principaux paramètres physico-chimiques de la Meuse à Hastière (IHE, 1990).
- Annexe 5 : Principaux paramètres physico-chimiques de la Meuse à Dave (IHE, 1990).
- Annexe 6 : Principaux paramètres physico-chimiques de la Meuse à Andenne (IHE, 1990).
- Annexe 7 : Données météorologiques (IRM, 1990).
- Annexe 8 : Abondance des Trichoptères ($\log(x + 1)$) capturés au piège lumineux du 2 avril au 15 octobre 1990.
ni : abondance totale pour chaque station
nj : abondance totale pour chaque semaine
x : nombre d'individus
- Annexe 9 : Evolution hebdomadaire du débit moyen (m^3/s) mesuré à La Plante et à Ampsin du 2 avril au 15 octobre 1990 (OFFICE DE LA NAVIGATION, année 1990).

Espèces	02/04	16/04	30/04	14/05	28/05	04/06	11/06	18/06	25/06	02/07	09/07	16/07	23/07	30/07	06/08	20/08	03/09	17/09	01/10	15/10	TOTAL	%	
Rhyacophilidae																							
<i>Rhyacophila dorsalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,00
Glossosomatidae																							
<i>Agapetus ochripes</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,00
Hydroptilidae																							
<i>Agraylea multipunctata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0,01
<i>Hydroptila angulata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0	5	0,01
<i>Hydroptila simulans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	1	5	0,01
<i>Hydroptila sparsa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0,01
<i>Hydroptila gr. sparsa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	0	3	2	2	1	1	1	21	0,05
Hydropsychidae																							
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	0	0	0	0	0	0	16	426	660	3	2	17	4	35	2	12	8	0	0	0	0	1185	2,96
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	3	0	13	0	1	0	0	20	530	34	22	647	83	95	20	50	57	3	1	3	1582	3,96	
<i>Hydropsyche exocellata</i>	0	0	0	0	0	2	0	1	0	4	0	12	1	0	6	9	15	2	2	1	55	0,14	
<i>Hydropsyche siltalai</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,01	
Polycentropodidae																							
<i>Cyrnus trimaculatus</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0,01
<i>Neureclepsis bimaculata</i>	1	0	0	0	0	7	1	12	111	20	12	38	8	15	7	8	8	0	1	0	249	0,62	
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0,02	
Psychomyiidae																							
<i>Psychomyia pusilla</i>	1	0	0	0	4	0	12	46	225	1	7	191	55	277	2	4	3	1	0	0	829	2,07	
<i>Tinodes waeneri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,00	
Ecnomidae																							
<i>Ecnomus tenellus</i>	0	0	0	0	9	71	127	176	244	19	25	290	326	1150	120	30	121	0	0	0	2708	6,77	
Leptoceridae																							
<i>Athripsodes albifrons</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,01	
<i>Athripsodes aterrimus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,00	
<i>Athripsodes bilineatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,01	
<i>Athripsodes cinereus</i>	0	0	0	0	0	0	0	13	45	1	0	13	0	2	0	0	0	0	0	0	74	0,19	
<i>Athripsodes leucophaeus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,01	
<i>Ceraclea alboguttata</i>	0	0	0	0	0	0	0	38	72	0	0	19	2	10	0	0	0	0	0	0	141	0,35	
<i>Ceraclea dissimilis</i>	27	0	0	0	59	10	496	13743	9496	13	19	4072	2289	2587	3	111	61	0	0	0	32986	82,52	
<i>Mystacides azurea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0,01	
<i>Mystacides longicornis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,01	
<i>Mystacides nigra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,00	
<i>Oecetis notata</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	20	0	0	1	0	6	0	18	0	0	0	0	47	0,12	
<i>Oecetis testacea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	3	2	8	0	13	0	0	0	0	46	0,12	

Total général 39973

Annexe 1 : Nombre d'individus de chaque espèce de Trichoptères (mâles + femelles) capturés au piège lumineux chaque semaine à Waulsort du 2 avril au 15 octobre 1990

Espèces	02/04	16/04	30/04	14/05	28/05	04/06	11/06	18/06	25/06	02/07	09/07	16/07	23/07	30/07	06/08	20/08	03/09	17/09	01/10	15/10	TOTAL	%	
Hydroptilidae																							
<i>Agraylea multipunctata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0,01
<i>Agraylea sexmaculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,00
Hydropsychidae																							
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	6	1	1	1	0	1	0	0	0	0	12	0,03
<i>Hydropsyche exocellata</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,00
Polycentropodidae																							
<i>Neureclepsis bimaculata</i>	0	0	0	0	2	0	1	0	6	2	0	11	3	2	0	0	2	0	0	0	0	29	0,06
Psychomyidae																							
<i>Lype reducta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,00
<i>Psychomyia pusilla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,00
<i>Tinodes waeneri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0,00
Ecnomidae																							
<i>Ecnomus tenellus</i>	0	0	0	0	0	3	9	0	171	4	7	4	0	55	75	6	2	0	0	0	0	336	0,74
Leptoceridae																							
<i>Athripsodes cinereus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	8	0,02
<i>Ceraclea alboguttata</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	8	8	76	0	0	0	0	0	0	0	94	0,21
<i>Ceraclea dissimilis</i>	0	0	0	0	4	3	403	0	308	0	330	26	621	43051	52	11	0	0	0	0	0	44809	98,92
<i>Mystacides longicornis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,00
<i>Mystacides nigra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,00

Total général 45300

Annexe 2 : Nombre d'individus de chaque espèce de Trichoptères (mâles + femelles) capturés au piège lumineux chaque semaine à Tailfer, du 2 avril au 15 octobre 1990.

Espèces	02/04	16/04	30/04	14/05	28/05	04/06	11/06	18/06	25/06	02/07	09/07	16/07	23/07	30/07	06/08	20/08	03/09	17/09	01/10	15/10	TOTAL	%	
Hydropsychidae																							
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,20
Polycentropodidae																							
<i>Neureclepsis bimaculata</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	0	4	4	9	2	4	1	7	0	1	0	0	34	6,65	
Psychomyiidae																							
<i>Tinodes waeneri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0,39
Ecnomidae																							
<i>Ecnomus tenellus</i>	0	0	0	0	1	9	14	47	0	20	4	5	14	22	48	105	55	1	0	0	345	67,51	
Limnephilidae																							
<i>Limnephilus auricula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,20
Leptoceridae																							
<i>Ceraclea alboguttata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0,59	
<i>Ceraclea dissimilis</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	2	34	1	76	9	0	0	0	125	24,46	

Total général 511

Annexe 3 : Nombre d'individus de chaque espèce de Trichoptères (mâles + femelles) capturés au piège lumineux chaque semaine à Andenne, du 2 avril au 15 octobre 1990.

Paramètres	24/1/90	28/3/90	6/6/90	12/9/90	12/12/90
Température (°C)	5.8	9.6	19.9	16.3	4.4
pH	8.03	8.29	8.24	8.42	8.11
Oxygène (mg/l)	9.4	11.8	8.4	10.2	12.6
DBO5 (mg/l)	3.9	1.2	3.2	3	2.3
SO4-- (mg/l)	38	36	44	50	44
Cl- (mg/l)	9	11	18	31	13
NO2- (mgN/l)	0.033	0.17	0.011	-	0.025
NO3- (mgN/l)	2.6	0.010	0.97	1.6	3.20
PO4--- (mgP/l)	0.1	2.50	0.05	0.15	0.10
NH4+ (mgN/l)	0.130	0.03	0.04	0.021	0.150
Cu++ (ug/l)	7.5	0.019	2.2	2.9	3.5
Zn++ (ug/l)	54	2.9	47	32	31

Annexe 4 : Principaux paramètres physico-chimiques de la Meuse à Hastière (IHE, 1990).

Paramètres	24/1/90	28/3/90	6/6/90	12/9/90	12/12/90
Température (°C)	5.9	9.5	18.8	16.1	4.9
pH	8.03	8.12	7.83	8.54	7.95
Oxygène (mg/l)	11.9	12.6	8.6	4.9	13.8
DBO5 (mg/l)	4.5	1.0	6	2.0	3.3
SO4-- (mg/l)	38	33	40	45	48
Cl- (mg/l)	12	12	17	26	15
NO2- (mgN/l)	0.028	-	0.026	0.013	0.016
NO3- (mgN/l)	3.10	2.6	0.9	1.2	3.3
PO4--- (mgP/l)	0.13	0.05	0.05	0.10	0.10
NH4+ (mgN/l)	0.190	0.086	0.190	0.081	0.220
Cu++ (ug/l)	6.6	5.1	2.4	7.1	5.2
Zn++ (ug/l)	38	34	24	33	44

Annexe 5 : Principaux paramètres physico-chimiques de la Meuse à Dave (IHE, 1990).

Paramètres	24/1/90	28/3/90	6/6/90	12/9/90	12/12/90
Température (°C)	6.7	9.9	19.2	17.7	5.4
pH	7.81	8.42	7.71	7.98	7.98
Oxygène (mg/l)	12.6	13	6.9	9.7	13
DBO5 (mg/l)	4.9	2.8	3.7	-	5.8
SO4-- (mg/l)	46	44	48	51	43
Cl- (mg/l)	92	46	189	93	45
NO2- (mgN/l)	0.095	0.036	0.300	0.043	0.041
NO3- (mgN/l)	3.20	3	1.6	2.10	3.4
PO4--- (mgP/l)	0.19	0.05	0.16	0.22	0.14
NH4+ (mgN/l)	1.4	0.28	1.7	0.740	0.74
Cu++ (ug/l)	4.9	2.8	1.6	2.8	2.6
Zn++ (ug/l)	105	33	37	34	39

Annexe 6 : Principaux paramètres physico-chimiques de la Meuse à Andenne (IHE, 1990).

Variables météorologiques	02/04	16/04	30/04	14/05	28/05	04/06	11/06	18/06	25/06	02/07	09/07	16/07	23/07	30/07	06/08	20/08	03/09	17/09	01/10	15/10
T°max (°C) (H)	18.2	11.4	23.1	17.2	17.6	17	14.2	21.8	25.4	18.4	18.4	29.9	22.1	29.9	21.6	20.4	24.2	15.4	15.8	22.4
T°moy.(°C) (H)	10.2	7.9	12.8	11.5	10.4	13.6	12.3	15.7	18.3	11.9	15.8	19.3	15.9	19.5	15.9	17.1	17.8	9.1	14.3	16.2
T°min(°C) (H)	2.2	4.3	2.4	5.7	1.7	10.1	10.3	9.5	11.1	5.3	13.2	8.6	9.7	9	10.1	13.7	11.3	2.8	12.8	10
Précipitations (mm) (H)	2.3	9.1	0	0	0	0.4	0	0.3	0	1.8	1.8	0	0	0	0	1.8	0.3	0.7	0.3	0.1
T°max (°C) (G)	17.6	10.5	20.9	16.6	17	17.3	15.2	22.5	24.5	18.1	18.5	30.8	21.2	30	21	19.6	24.5	16.1	17.5	22.1
T°moy. (°C) (G)	12.6	6.4	14.8	12	12	12.5	11.9	17.7	19.4	13.6	15.5	22.5	15.4	22.4	15.5	16.7	18.4	10.9	14.4	19
T°min (°C) (G)	10.1	4.1	7.5	6.4	8	9.1	9.9	13.7	15.6	8.9	12.5	14.7	9.6	14.9	10.2	13.7	13.2	4.8	11.9	15.8
Vent (km/h) (G)	20	19	13	6	11	17	6	13	11	13	20	9	13	7	11	17	7	9	7	17
Pression atm. (hPa) (G)	1006.2	1015.9	1028.3	1017.9	1029.3	1008.3	1019.6	1011.9	1023.5	1013.8	1016	1020.5	1024.5	1022.7	1019.3	1015.5	1018.1	1019.7	1015.8	1010
Nébulosité (octats) (G)	8	7	1	5	1	4	7	6	2	7	7	3	1	3	7	7	3	8	5	8
Soleil durée (heures) (G)	5.3	4.3	13.4	4.6	10.7	5.3	0	3.8	8.7	5.9	3.9	10.6	14.1	12.3	4.4	7.2	8	1.3	1.3	0
Humidité relative (%) (G)	59	78	63	74	58	71	81	65	70	77	69	54	64	51	67	71	70	77	88	69

Annexe 7 : Données météorologiques (IRM, 1990).

DATES	WAULSORT	TAIFER	ANDENNE	nj
02/04	1,52	0,00	0,00	1,52
16/04	0,00	0,00	0,00	0,00
30/04	1,15	0,30	0,00	1,18
14/05	0,00	0,00	0,00	0,00
28/05	1,89	0,95	0,48	1,94
04/06	1,97	0,85	1,00	2,03
11/06	2,82	2,62	1,23	3,04
18/06	4,16	0,00	1,69	4,16
25/06	4,06	2,69	0,00	4,08
02/07	1,99	0,90	1,41	2,11
09/07	1,95	2,53	1,00	2,64
16/07	3,73	1,81	1,20	3,73
23/07	3,44	2,80	1,28	3,53
30/07	3,62	4,64	1,79	4,68
06/08	2,21	2,11	1,71	2,55
20/08	2,41	1,26	2,28	2,66
03/09	2,44	0,85	1,83	2,54
17/09	0,95	0,00	0,48	0,95
01/10	0,78	0,00	0,00	0,70
15/10	0,95	0,30	0,30	0,95
ni	4,60	4,66	2,71	4,93

Annexe 8 : Abondance des Trichoptères ($\log(x + 1)$) capturés au piège lumineux du 2 avril au 15 octobre 1990.

ni : abondance totale pour chaque station

nj : abondance totale pour chaque semaine

x : nombre d'individus

DATES	débit (m ³ /s)	
	La Plante	Ampsin
02/04	130	126
09/04	11	115
16/04	98	96
23/04	147	128
30/04	141	131
07/05	100	86
14/05	89	77
21/05	70	60
28/05	59	54
04/06	54	46
11/06	76	56
18/06	66	43
25/06	56	57
02/07	71	64
09/07	79	70
16/07	68	72
23/07	58	40
30/07	35	32
06/08	31	29
13/08	30	28
20/08	32	33
27/08	31	28
03/09	43	41
10/09	36	35
17/09	31	26
24/09	29	21
01/10	30	26
08/10	31	35
15/10	31	29

Annexe 9 : Evolution hebdomadaire du débit moyen (m³/s) mesuré à La Plante et à Ampsin du 2 avril au 15 octobre 1990 (OFFICE DE LA NAVIGATION, année 1990).