

THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES BIOLOGIQUES

Étude semi-quantitative et qualitative des macroinvertébrés benthiques des radiers de barrage de la Haute Meuse

d'Udekem d'Acoz, Cédric

Award date:
1987

Awarding institution:
Universite 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.



FACULTÉS UNIVERSITAIRES N.D. DE LA PAIX
NAMUR
FACULTÉ DES SCIENCES

Etude semi-quantitative et qualitative
des macroinvertébrés benthiques des
radiers de barrage de la Haute Meuse

Mémoire présenté pour l'obtention du grade
de Licencié en Sciences
biologiques
par

d'UDEKEM d'ACOUZ Cédric

1987

Facultés Universitaire Notre Dame de la Paix

Faculté des Sciences

rue de Bruxelles 61, b-5000 **NAMUR**

Tél. 081-22.90.61 Télex 59222 facnam-b Téléfax 081-23.03.91

**Etude semi-quantitative et qualitative des macroinvertébrés
benthiques des radiers de barrage de la Haute Meuse**

d'UDEKEM d'ACUZ Cédric

Résumé.

La faune pétricole des radiers de barrage de la Haute Meuse est décrite.

Ses relations avec la qualité de l'eau sont envisagées.

Nous signalons quelques espèces nouvelles pour la Meuse.

Abstract.

The lithophilous fauna downstream of the barrages of the upper part of the river Meuse is described. Their relations with the quality of water are described. We demonstrate that these biocénoses are the most diversified of the river. We record a few species new for the river Meuse.

Mémoire de licence en Sciences Zoologiques

Juin 1987

Laboratoire d'Ecologie animale

Promoteur : Prof. J.-C. MICHA

Nous exprimons nos remerciements à Monsieur le Professeur MICHA et à Monsieur STROOT pour l'aide et les conseils qu'ils nous ont apportés au cours de l'élaboration de ce travail.

Que toutes les personnes qui ont contribué de quelque manière que ce soit à la réalisation de ce mémoire trouvent ici l'expression de notre reconnaissance. Particulièrement Madame DANSART pour son aide dans la partie statistique, Monsieur VAN GOETHEM et Madame SABLON pour l'identification de certains mollusques, Monsieur MOL pour l'identification de certains Ephéméroptères, Monsieur PATTÉE pour l'identification de certains Triclades, et Monsieur MINE et Monsieur EVRARD pour leur collaboration technique.

TABLE DES MATIERES

<u>INTRODUCTION</u>	p.1
I. LA MEUSE ET SON BASSIN VERSANT	p.2
1.1. Le bassin de la Meuse	p.2
1.1.1. Géographie	p.2
1.1.2. Géologie et Lithologie	p.4
1.1.3. Occupation et utilisation du bassin versant	p.7
1.1.3.1. Occupation des sols	p.7
1.1.3.2. Populations humaines	p.9
1.1.3.3. Industries	p.10
1.1.4. Conclusion	p.11
1.2. La Meuse	p.12
1.2.1. Hydrologie	p.12
1.2.1.1. Largeur et pente	p.12
1.2.1.2. Débit	p.13
1.2.2. Aménagement et utilisation de la Meuse	p.14
1.2.3. Physicochimie	p.16
1.2.4. Faune et Flore	p.19
1.2.4.1. Flore	p.19
1.2.4.1.1. Phytoplancton	p.19
1.2.4.1.2. Algues macroscopiques	p.20
1.2.4.1.3. Diatomées benthiques	p.20
1.2.4.1.4. Bryophytes	p.20

1.2.4.2. Faune	p.22
1.2.4.2.1. Zooplancton	p.22
1.2.4.2.2. Macroinvertébrés	p.22
1.2.4.2.3. Ichtyofaune	p.26
1.2.5. Conclusion	p.27
II. MATERIEL ET METHODES	p.28
2.1. Echantillonnage	p.28
2.1.1. Méthode d'échantillonnage	p.28
2.1.2. Traitement des échantillons	p.30
2.1.2.1. Tri	p.30
2.1.2.2. Identifications	p.30
2.1.3. Estimation de la surface des unités d'échantillonnage	p.31
2.2. Traitement des données	p.33
2.2.1. Les indices	p.33
2.2.1.1. Indices de diversité	p.34
2.2.1.2. Indices de pollution	p.35
2.2.1.2.1. Indices Biotiques	p.36
2.2.1.2.2. Score system de CHANDLER (1970)	p.36
2.2.2. Analyses Multivariées	p.37
2.3. Description des stations de prélèvement	p.40

III RESULTATS	p.45
3.1. Inventaire faunistique	p.45
3.2. Etude semi-quantitative	p.62
3.2.1. Abondance des organismes aux différentes stations	p.62
3.2.2. Note sur l'expansion et l'écologie de <i>Corophium curvispinum</i>	p.68
3.2.3. Diversité et qualité des biocœnoses	p.71
3.2.3.1. Indices de diversité	p.71
3.2.3.1. Qualité des biocœnoses	p.72
3.3. Comparaison générale des stations	p.76
3.4. Conclusion	p.79
IV. CONCLUSIONS GENERALES	p.81
BIBLIOGRAPHIE	p.84

INTRODUCTION

Le nombre d'études concernant les Invertébrés de la Meuse est très limité. Aussi, au moment où le fleuve déjà fortement modifié par plus de 150 ans de travaux d'aménagement va voir son gabarit porté à 2000 tonnes en amont de Namur et à 7000 tonnes en aval, il est devenu urgent de recueillir une information sérieuse sur la composition des biocœnoses qu'il abrite.

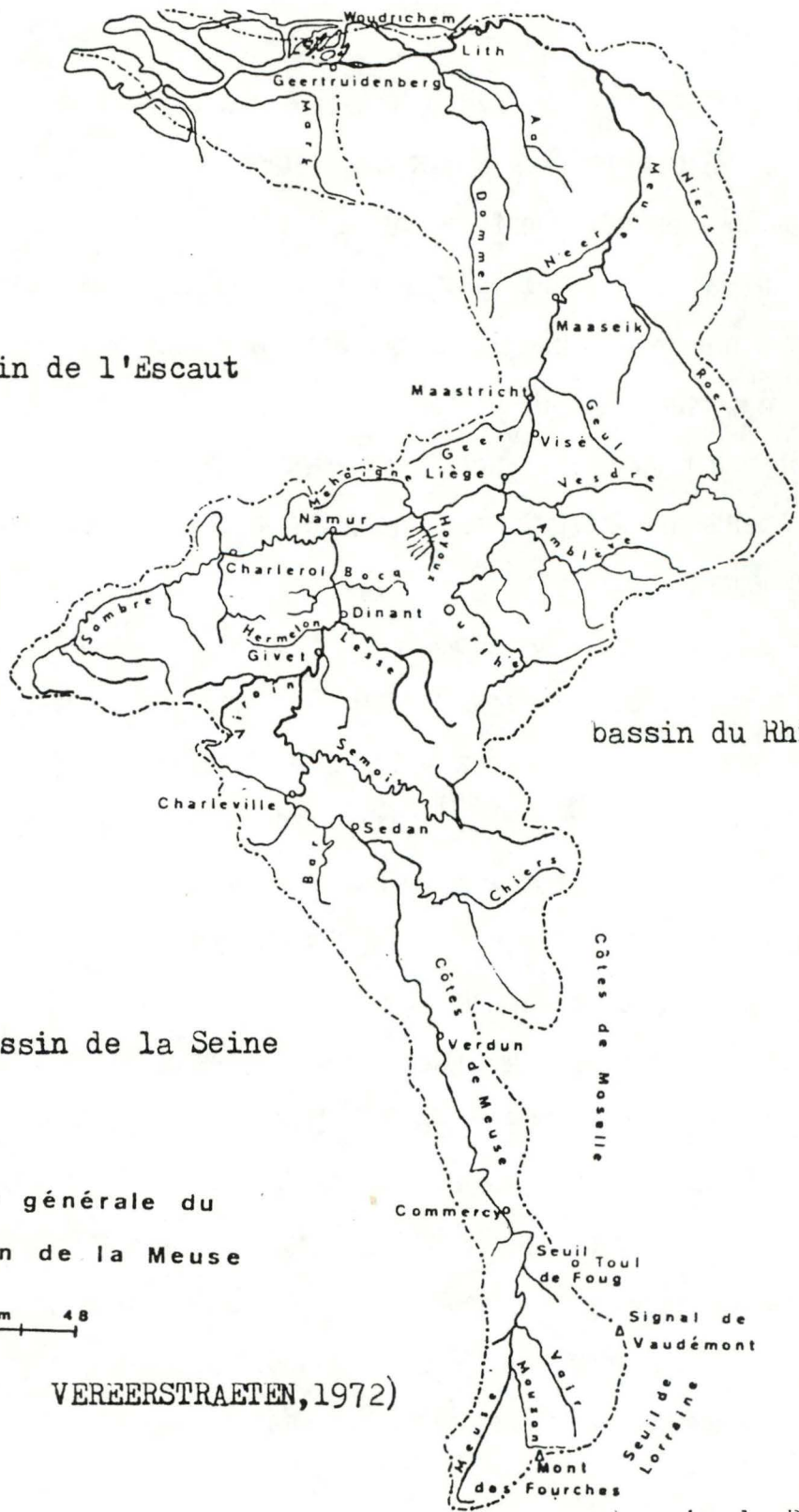
Le chômage technique de septembre-octobre 1986 était l'ultime occasion d'étudier la faune des radiers des derniers anciens barrages de la Haute Meuse belge avant leur destruction, ces derniers étant inaccessibles en temps normal.

L'information recueillie alors pourra ainsi servir de référence pour d'éventuelles études ultérieures sur la faune des radiers des nouveaux barrages ou sur celle d'autres biotopes de la Meuse.

Nous avons donc profité des circonstances favorables offertes par le chômage technique pour échantillonner méthodiquement cinq radiers de barrages de la Haute Meuse belge, deux radiers de la Haute Meuse française et à titre de comparaison deux zones lotiques pierreuses situées en dehors des radiers, la méthode de prélèvement utilisée consistant à prélever tous les organismes présents sur des échantillons de 10 pierres.

Nous avons ainsi pu décrire les caractéristiques des biocœnoses de chaque station (composition spécifique, abondance et diversité) et nous avons ensuite examiné leurs similitudes et leurs dissemblances, envisageant leurs relations avec les caractéristiques plus au moins naturelles du milieu et avec l'impact des activités humaines.

bassin de l'Escaut



bassin du Rhin

bassin de la Seine

Fig. 1

Carte générale du
bassin de la Meuse

0 km 48

(tiré de VEREERSTRAETEN, 1972)

bassin du Rhone

I La Meuse et son bassin versant

1. 1. Le bassin de la Meuse

1. 1. 1. Géographie (d'après TULIPE, 1939 et VEREERSTRAETEN, 1972)

Le bassin hydrographique de la Meuse (fig. 1) s'étend sur une superficie de 36 011 km², dont 13 941 en Belgique, ce qui représente 38.71% de la surface du bassin. Sa partie belge couvre à elle seule 45.70% du territoire national.

Il se trouve intercalé entre le bassin du Rhin à l'Est, du Rhône au Sud, de la Seine au Sud-Ouest, et de l'Escaut au Nord-Ouest.

De la source à l'embouchure, la Meuse parcourt 971 km, dont 192 en France, 183 en Belgique et 239 aux Pays-Bas.

Elle prend naissance en France au pied du Plateau de Langres, à 402 m d'altitude. Dans un premier temps, elle s'écoule vers le Nord sur une distance de 150 km, sans recevoir d'affluent important : son bassin n'est qu'un couloir étriqué de 15 à 40 km de large.

Après Verdun, son bassin s'élargit brusquement pour atteindre une largeur maximale de 180 km dans la région namuroise.

Ce n'est qu'à Bazeilles, à 337 km en aval de sa source, qu'elle reçoit un premier affluent présentant un débit respectable : la Chiers.

Elle reçoit ensuite la Semois, le Viroin, puis la Houille à Givet, où elle entre en Belgique.

Dans notre pays, elle reçoit successivement les eaux de l'Hermeton, de la Lesse, du Bocq, de la Molinee et, à Namur de la Sambre, son affluent le plus important.

A cette confluence, la Meuse qui jusque là avait coulé vers le Nord change brusquement de direction, filant selon un axe Ouest-Est. On appelle communément Basse-Meuse cette partie en aval de Namur, par opposition à la Haute-Meuse, en amont de cette confluence.

En aval de Namur, le fleuve reçoit ensuite les eaux du Samson, de la Mehaigne, du Hoyoux, de l'Ourthe et du Geer.

A partir de Liège, son cours se redresse vers le Nord et sert de frontière naturelle avec les Pays-Bas sur une quarantaine de kilomètres en aval de Visé.

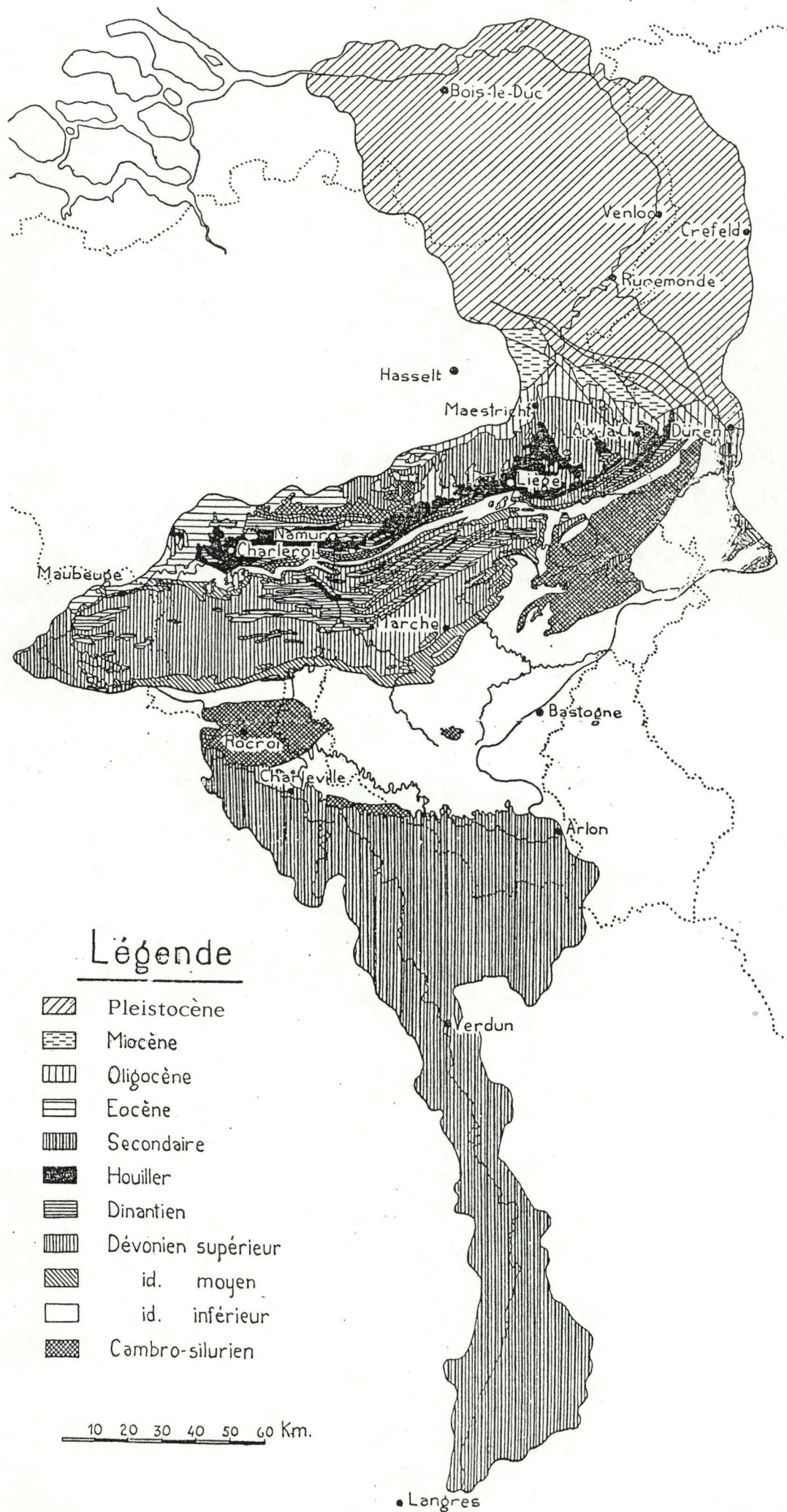
Aux Pays-Bas, la Meuse reçoit les eaux de la Roer et de la Niers et son cours finit par s'incurver vers l'Ouest.

Dans cette ultime partie, la Meuse forme un complexe deltaïque avec le Rhin, d'où la réduction extrême de la partie droite de son bassin qui par endroit n'excède pas 5 km de large.

Finalement, elle se jette à Moerdijk dans le Hollandse Diep en communication avec la mer de Nord.

FIG. 2 : CARTE GEOLOGIQUE DU BASSIN DE LA MEUSE.

(Tiré de FOURMARIER, 1939).



1. 1. 2. Géologie et Lithologie (d'après TULLIPE, 1939; FOURMARIER, 1939 et TILMONT & DE ROECK, 1975)

Sur base de sa nature géologique (fig. 2), le bassin de la Meuse se divise en trois grandes régions : une première région occupée par des terrains datant du Secondaire, qui comprend toute la partie méridionale du bassin et la partie supérieure du bassin de la Sambre, une seconde région, primaire, comprise entre la ligne Arlon-Mézière et le parallèle de Liège et, plus au Nord, une troisième région surtout occupée par des terrains quaternaires.

La première région datant du Secondaire correspond à la partie orientale du bassin de Paris. Son relief assez mouvementé est modelé en côtes parallèles à la Meuse, atteignant en moyenne 200 à 300 m. Les terrains de cette région sont presque exclusivement constitués de calcaires jurassiques et l'on signalera la présence de gisements de minerai de fer dans la région de Longwy.

Le Sud et l'Est de la région primaire occupés par l'Ardenne atteignent en moyenne 400 m d'altitude avec des plateaux dépassant 500 mètres.

Les terrains de cette région accidentée composés de quartzites et de phyllades, datent surtout du Dévonien inférieur et dans une moindre mesure du Cambrien et du Silurien.

Les terrains situés au Nord-Ouest de l'Ardenne sont constitués d'une série de bandes étroites de nature variée, parallèles au sillon Sambre-Meuse-Vesdre.

On rencontre tout d'abord une étroite bande de calcaire du Dévonien moyen atteignant 200-300 m. Elle est immédiatement suivie par la dépression Fagne-Famenne, au relief moutonné qui ne dépasse qu'exceptionnellement 200 mètres et dont les terrains de nature schisteuse datent de Dévonien supérieur.

La région condruzienne qui lui fait suite atteint en moyenne 200-300 mètres.

Sa surface est ridée de longues dépressions, toujours parallèles au sillon Sambre-Meuse-Vesdre, dégagées dans le calcaire dinantien. Celles-ci sont séparées par des croupes surbaissées correspondant à des affleurements de psammites du Dévonien supérieur. Cette région est également traversée par de profondes vallées d'orientation Nord-Sud, les principales étant celles de la Meuse et de l'Ourthe, qui y coulent à une altitude inférieure à 100 mètres.

La région condruzienne s'arrête à quelque distance du sillon Sambre-Meuse-Vesdre. Au Nord de celle-ci l'on rencontre une étroite bande de quartzophyllades du Dévonien inférieur. Les terrains bordant le sillon Sambre-Meuse-Vesdre sont de nature assez variée mais sont, essentiellement constitués de calcaires dinantiens et de schistes ou de grès houilliers.

La partie méridionale de la troisième région a un relief assez mouvementé, atteignant 100-200 m à l'Ouest de la Meuse et 200-300 m à l'Est.

Les terrains de cette partie méridionale sont fort hétérogènes et pour une bonne part formés de calcaires crétaciques (Secondaire), les schistes

houilliers (Primaires) étant également répandus et la Meuse elle-même coulant dans des limons quaternaires.

Au Nord de Maastricht, le relief s'applatit et excède rarement 50 mètres et les terrains sont essentiellement composés d'argiles et de sables quaternaires.

On retiendra donc que la partie Sud du bassin mosan est occupée par des terrains jurassiques calcaires, sa partie centrale et orientale par des schistes dévoniens, sa partie Nord par des sables et des argiles quaternaires et qu'entre ces deux dernières zones, on rencontre une bande plus large à l'Ouest qu'à l'Est composée d'une alternance de terrains calcaires et gréseux ou schisteux, datant principalement du primaire.

1. 1. 3. Occupation et utilisation du bassin versant (d'après
TULIPE, 1939; ATLAS DE BELGIQUE, 1950-1972, GRAND ATLAS DE
FRANCE, 1969; TILMONT & DE ROECK, 1975)

1. 1. 3. 1. Occupation des sols

Dans la partie méridionale du bassin de la Meuse, des forêts de feuillus couvrent les hauteurs et occupent approximativement un quart du territoire.

Dans cette région, on pratique à parts égales l'élevage bovin et diverses cultures : betterave, pomme de terre, maïs, seigle et surtout blé.

Une moitié environ de la superficie des Ardennes est occupée par des forêts essentiellement composées d'épicéas, les feuillus étant plus répandus au Sud-Ouest. Les cultures fourragères et les prairies d'élevage, essentiellement bovin, y occupent de 50 à plus de 80% des terres agricoles. On y rencontre plus accessoirement des cultures diverses : pommes de terre, seigle, orge, très peu de froment. Enfin on signalera que des cultures de tabac occupent 3 à 4% des t. a. du bassin inférieur de la Semois.

Un quart environ du territoire compris entre l'Ardenne et le Sillon Sambre-Meuse-Vesdre est recouvert par des forêts caducifoliées.

Les cultures fourragères et les prairies d'élevage y occupent 50 à 80% des t. a., le froment 10 à 15%, les betteraves sucrières 3 à 4%, le lin 2 à 5%, le

reste des t. a. étant essentiellement occupé par des cultures d'orge, de seigle et de pommes de terre.

Les forêts sont pratiquement absentes de la partie Nord du bassin de la Meuse belge.

A l'exception du secteur compris entre la Meuse, la Vesdre et la frontière où elles occupent plus de 80% des t. a. les herbages et les cultures fourragères y occupent moins de 50% des t. a. . On y rencontre les mêmes cultures que dans le Condroz, le froment et les betteraves sucrières revêtant une importance prépondérante, les betteraves occupant 15 à 20% des t. a. en Hesbaye.

Enfin, les cultures fruitières peu répandues ailleurs occupent 10 à 20% des t. a. dans la région liégeoise.

Au Nord de Maaseik, un peu plus des trois quarts du bassin de la Meuse sont occupés par des herbages et des cultures essentiellement céréalières, le reste du territoire étant occupé par des landes, des marais et des pinèdes.

L'occupation des sols peut avoir deux conséquences sur les eaux courantes. La plantation de résineux entraîne une acidification, locale, des eaux.

L'utilisation de pesticides et d'engrais par l'agriculture entraîne respectivement une contamination des eaux par des micropolluants organiques souvent chlorés et par des agents eutrophisants, tous très persistants et susceptibles de contaminer les eaux de la Meuse.

1. 1. 3. 2. Populations humaines

Hormis sa partie Nord où l'on trouve plus de 100 habitants/km² concentrés dans quelques petites villes, le bassin de la Haute Meuse française est assez peu peuplé avec en général moins de 40h/km² et de 40 à 100 h/km² le long du fleuve, les populations étant dispersées dans de nombreux petits villages disséminés .

En Ardenne et dans le Sud du Condroz, les populations sont peu importantes avec une densité de 10 à 50 h/km² se regroupant dans de grosses communes rurales et de petites villes atteignant occasionnellement 8 000 habitants.

Par contre, la partie Nord et Nord-Ouest du bassin mosan belge est beaucoup plus peuplée avec une densité moyenne de 50 à 150 h/km², des populations particulièrement denses de 150 à 1 000 h/km² s'agglomérant autour de la partie inférieure du bassin de l'Ourthe, de la Sambre et de la Meuse en aval de Dinant.

Les plus grandes densités (1 000 à 25 000 h/km²) se rencontrent dans les régions industrielles de Charleroi, sur la Sambre, et de Liège, sur la Meuse à la confluence avec l'Ourthe.

Les eaux usées de collectivités aussi importantes enrichissent considérablement les eaux de la Sambre et de la Meuse en polluants organiques (se dégradant progressivement en aval) et en agents eutrophisants (persistants).

Dans le bassin mosan néerlandais, l'habitat est plus dispersé mais la densité globale est assez importante. On notera toutefois la présence de trois villes de plus de 100.000 habitants, Eindhoven, Tilbourg et Breda mais qui sont éloignées du fleuve.

1. 1. 3. 3. Industries

Le bassin de la Meuse est occupé par trois grands centres industriels : la région de Longwy que traverse la Chiers, le bassin de Charleroi, sur la Sambre, et la région liégeoise.

Ces zones, qui étaient à l'origine essentiellement sidérurgiques sont aussi le siège d'importantes industries chimiques.

On rencontre également de petites industries métallurgiques le long de la Haute Meuse française à Sedan, Mézière, Revin, Fumay, Vireux-Malhain, Ham-sur-Meuse et Givet, cette dernière ville étant également le siège d'une fabrique de vaisselle et d'industries chimiques. On rencontre également une petite industrie métallurgique sur la Haute Meuse belge à Warnant.

En Belgique, on rencontre une importante fabrique de pâte à papier, Cellulose des Ardennes, à Harnencourt sur le Ton, affluent indirect de la Semois. Une telle industrie rejette d'importantes quantités de lignines et de chlorolignines, très peu dégradables. Le long de la Semois, on rencontre quelques petites industries chimiques et métallurgiques, notamment à Bouillon.

Le long de la Haute Meuse, on ne rencontre qu'une petite fabrique textile à Dinant, ce type d'industrie étant par contre très développé dans le bassin inférieur de l'Ourthe et de la Vesdre.

Signalons enfin la présence de deux centrales nucléaires le long de Meuse à Chooz en amont de la frontière belge et à Tihange entre Namur et Huy qui entraînent outre un léger réchauffement des eaux une augmentation de leur teneur en tritium.

1. 1. 4. Conclusion

On retiendra pour la suite qu'une bonne partie du bassin mosan est occupé par des terrains calcaires, que celui-ci est l'objet d'une agriculture importante susceptible de contaminer indirectement les eaux de la Meuse par des pesticides et des agents eutrophisants, qu'il y a des concentrations humaines importantes notamment dans la vallée de la Sambre et de la Meuse et tout particulièrement dans la région de Charleroi et de Liège, celles-ci pouvant entraîner une certaine pollution organique des eaux et un certain degré d'eutrophisation, et enfin que le territoire est occupé par une série d'industries, surtout métallurgiques et chimiques, concentrées essentiellement autour de Charleroi et Liège, et plus dispersées ailleurs, susceptibles de contaminer les eaux de la Meuse en rejets divers, notamment en métaux lourds.

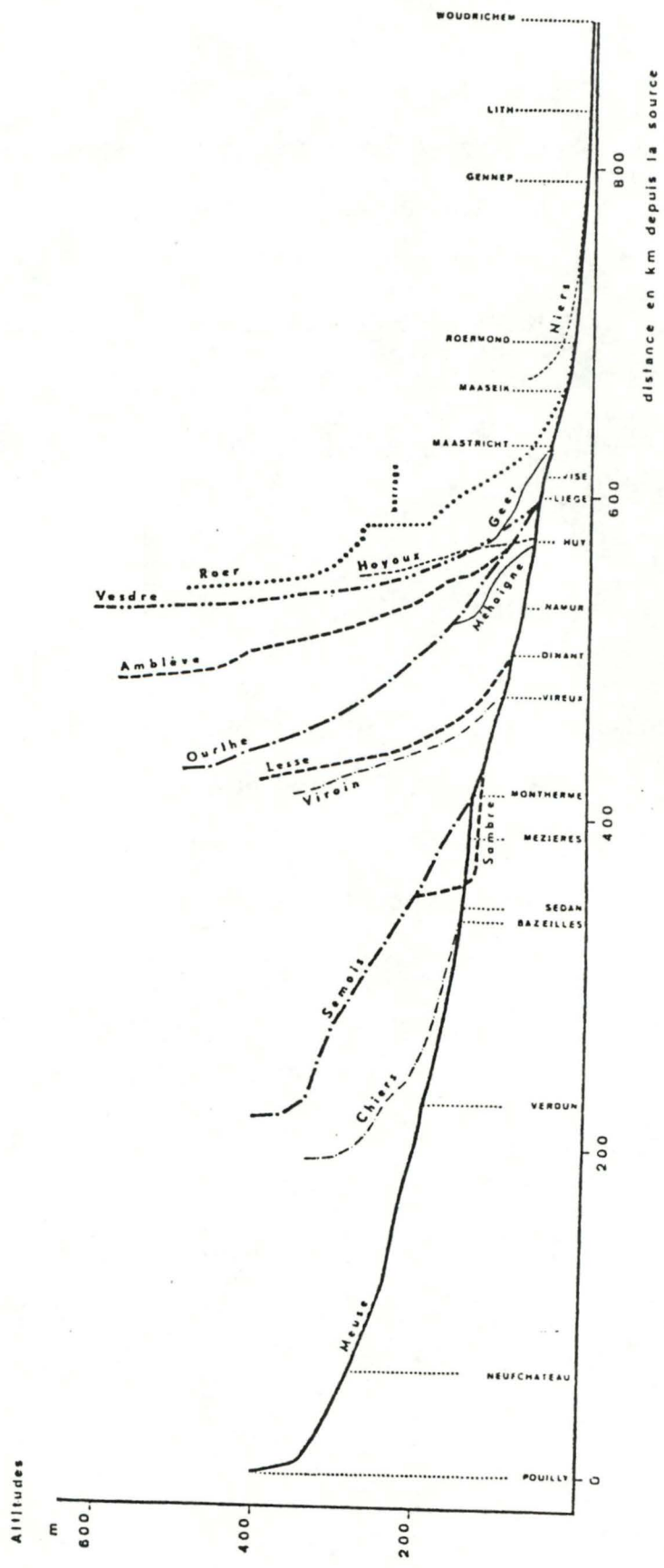


Fig.3 Profil longitudinal de la Meuse et de ses principaux affluents
(tiré de VEREERSTRAEPTEN, 1972)

tableau 1 Evolution mensuelle des débits (en m³/sec) en 1984, en différentes stations (d'après RIWA, 1984)

Stations	MOIS												moyenne annuelle
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
HASTIERE (Haute Meuse belge)	485	200	-	100	71	128	46	30	61	189	122	231	179
TAILFER (Haute Meuse belge)	628	445	171	194	103	107	54	38	68	204	255	292	212
LIEGE (Basse Meuse belge)	655	771	251	279	206	-	98	66	109	240	449	246	307
KEIZERVEER (proximité de l'embouchure)	745	1087	334	361	274	323	127	80	199	467	486	404	404

1. 2. La Meuse

1. 2. 1. Hydrologie

1. 2. 1. 1. Largeur et pente (d'après VEREERSTRAETEN, 1972)

La largeur de la Meuse s'accroît d'amont en aval. Elle a été régularisée et optimisée par des travaux d'aménagement et mesure en moyenne 90 m entre Givet et Dinant, 100 m entre cette ville et Namur, et elle atteint 160m dans la région liégeoise.

Sur les quinze premiers kilomètres de son cours, la pente de la Meuse (fig.3) dépasse 6 ‰ Elle diminue ensuite pour atteindre 1 ‰ à 120 km de sa source et 0.5 ‰ à Verdun, où elle a déjà parcouru 227 km.

Cette valeur de la pente se maintient dans l'ensemble jusqu'à la confluence Meuse-Semois, où elle augmente brusquement. Après quoi, elle s'adoucit progressivement pour atteindre 0.31 ‰ à Namur et 0.20 ‰ à Liège. Suite à la confluence avec l'Ourthe, la pente se redresse entre Liège et Eidsen atteignant 0.43 ‰, puis diminue progressivement pour atteindre une valeur très faible au niveau de son embouchure.

Les barrages construits sur la Meuse atténuent en grande partie les effets de ce profil naturel en le remplaçant par une succession en escalier de biefs à pente très faible.

tableau 2 Variabilité des débits mensuels moyens à Chooz entre 1954 et 1963 (en m³/sec) (d'après VEREERSTRAETEN, 1972)

	MOIS												Années 1954 - 1963
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
PLUS PETIT DEBIT MOYEN	63	58	111	75	32	30	26	26	25	17	25	68	94
DEBIT MOYEN GLOBAL	253	271	180	131	95	67	46	58	68	86	138	194	131
PLUS GRAND DEBIT MOYEN	409	529	307	130	253	121	73	119	122	155	333	329	199

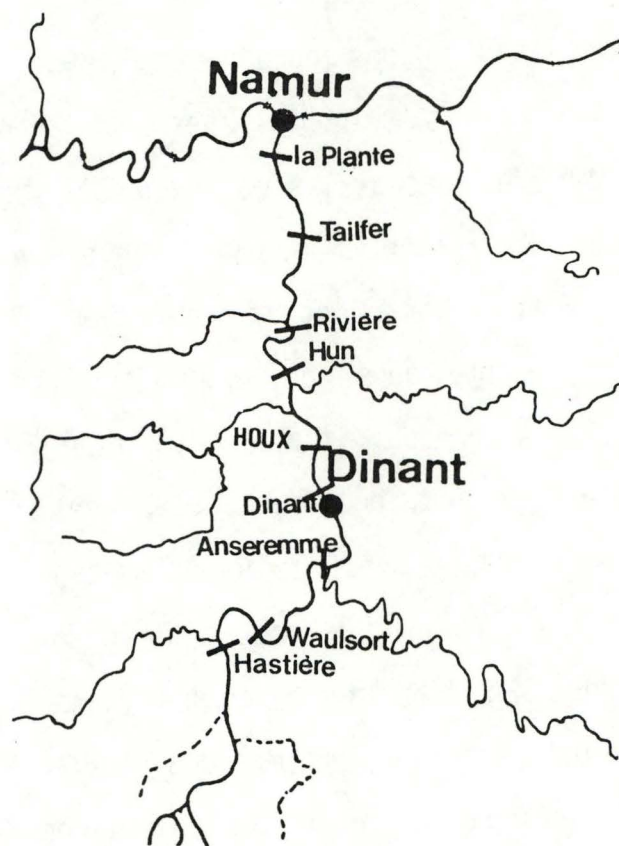
1. 2. 1. 2. Débit (d'après VEREERSTRAETEN, 1972)

Comme on pouvait s'y attendre, le débit de la Meuse augmente progressivement vers l'aval (tableau 1), la moyenne annuelle avoisinant $200\text{m}^3/\text{sec}$ à Tailfer et $300\text{m}^3/\text{sec}$ à Liège.

Malgré les aménagements, les variations journalières du débit de la Meuse sont spectaculaires, les valeurs extrêmes mesurées à Visé étant respectivement 10 et $2950\text{m}^3/\text{sec}$ et les variations saisonnières sont assez marquées (tableau 1), les débits mensuels moyens minimum et maximum se situant en juillet ($46\text{m}^3/\text{sec}$ à Chooz) et en février ($271\text{m}^3/\text{sec}$).

Le débit de la Meuse présente aussi des variations annuelles non négligeables (tableau 2). Le débit moyen des mois d'hiver est particulièrement sujet à des variations, dues notamment à des crues exceptionnelles occasionnées par les précipitations et le dégel.

On notera que ses périodes d'étiages peuvent avoir des conséquences néfastes sur les organismes. En effet, la dilution des rejets, qu'ils soient chimiques ou thermiques est moindre en ces périodes. De plus, les rejets thermiques augmentent la température déjà naturellement élevée en période estivale. Cette élévation de température peut entraîner directement ou indirectement (baisse de la teneur en O_2) la mort de nombreux organismes.



Echelle 1 / 300.000

Fig.4 Situation des anciens barrages de la Haute Meuse belge

1. 2. 2. Aménagement et utilisation de la Meuse (d'après le
MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS, 1880; MAROTE, 1897; BORLEE,
1987)

Le cours de la Meuse a été profondément modifié par une série de travaux d'aménagement réalisés dans le but de faciliter la circulation navale et de permettre la navigation de bateaux de tonnage de plus en plus élevé. C'est ainsi que plusieurs îles ont été supprimées, que le fond de la Meuse a été localement dragué et que le tracé des berges a été rectifié. Ces dernières ont également été consolidées par des piers obliques (amont de Namur) et par des murs verticaux ou obliques, le plus souvent bétonnés (aval de Namur, amont des barrages).

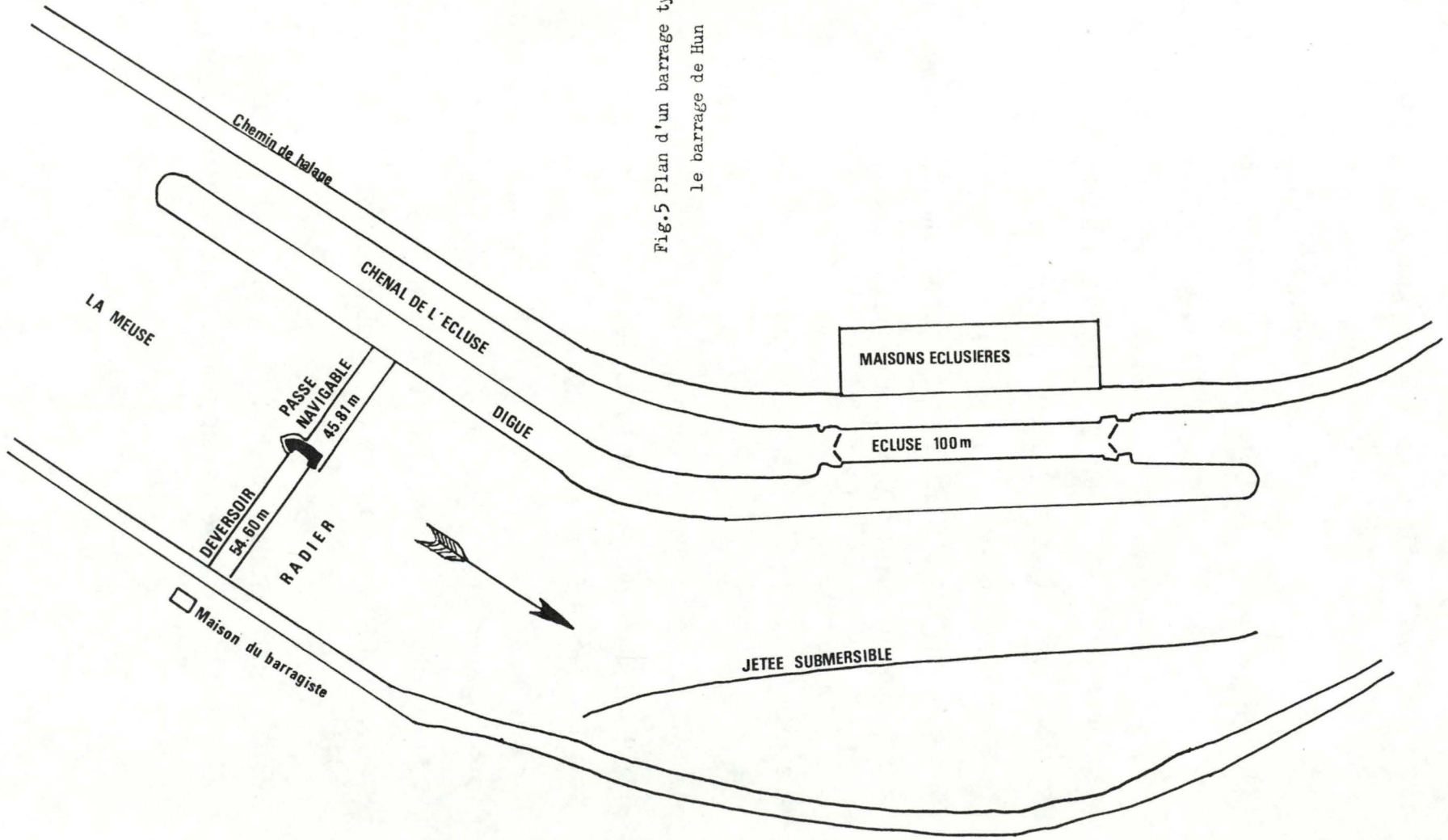
L'historique de ces divers travaux ainsi que leurs impacts ont été envisagés par BORLÉE (1987).

Plus que tout autre travail d'aménagement, la construction de grands barrages éclusés a définitivement altéré le caractère naturel du fleuve, en transformant son cours en une série de biefs au cours plus lents et uniformes. En Haute Meuse belge, il existe 9 de ces barrages éclusés édifiés au cours de la deuxième moitié du siècle passé. Il s'agit des barrages d'Hastière, de Waulsort, d'Anseremme, de Dinant, de Houx, de Hun, de Rivière, de Tailfer et de La Plante (fig.4).

Une série de plus petits barrages ont également été construits vers la même époque sur la Haute Meuse française.

Ces anciens barrages de la Haute Meuse belge sont actuellement en cours de démantèlement et seront remplacés par une nouvelle génération de 7 barrages beaucoup plus grands, qui porteront le gabarit de la Haute Meuse de 1350 à 2000 tonnes.

Fig.5 Plan d'un barrage type :
le barrage de Hun



Le gabarit de la Basse Meuse est lui porté de 2000 tonnes à 9000 tonnes.

Tous les anciens barrages de la Haute Meuse belge sont construits sur le même modèle (fig.5). Ils comprennent de la rive gauche à la rive droite : une écluse, une passe dite navigable à fermettes et aiguilles, de 30 à 45 mètres de largeur et un déversoir à hausses de 60 mètres de large qui reçoit la plus grosse partie du débit.

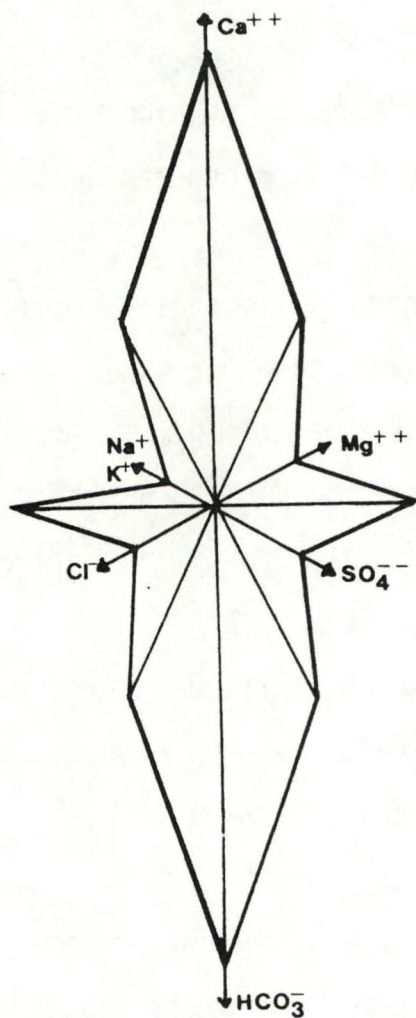
La zone située en aval immédiat du barrage est appelée radier. Un radier est constitué de grosses pierres ou de béton afin d'être à même de résister à la force érosive du courant, très violent à cet endroit.

Tous les trois ans, en septembre, a lieu un "chômage technique" de la Meuse. On ouvre alors les barrages, ce qui entraîne un abaissement considérable du niveau des eaux de la Meuse.

Le chômage technique a pour but principal l'entretien des barrages. C'est également un des rares moments où l'accès aux radiers est possible, du moins à la partie située en aval du déversoir.

Outre son utilisation principale comme voie de transport, à l'origine de la plupart des aménagements décrits, la Meuse est également utilisée à des fins plus récréatives : navigation de plaisance et pêche sportive.

De plus, ses eaux sont utilisées pour la dilution de rejets industriels et domestiques, pour le refroidissement des réacteurs nucléaires (Chooz et Tihange) et comme eau potable (Station de pompage de Tailfer). Malgré l'existence de normes, l'utilisation de la Meuse à des fins de dilution est la plus susceptible d'avoir des effets, à long ou à court terme, sur les biocœnoses, en altérant la qualité naturelle de ses eaux.



échelle: 1cm = 0,5 méq/l

Fig.6 Diagramme ionique de la Meuse à Tailfer en 1984
réalisé d'après les concentrations ioniques annuelles moyennes
fournies par RIWA(1984)

1. 2. 3. Physicochimie (d'après DESCY & EMPAIN, 1976; VAN CRAENENBROECK & al., 1983; RIWA, 1984)

Les caractéristiques physicochimiques de la Meuse sont dans l'ensemble relativement homogènes. Ses eaux correspondent au type condruzien de SYMOENS (1957) (fig.6), elles présentent un PH élevé, supérieur à 7.5 en conditions normales, une conductivité comprise entre 250 et 600 μ S cm⁻¹ à 25°C et un contenu minéral dominé par Ca⁺⁺ et HCO₃⁻ environ 3 méq./l).

Ces caractéristiques sont liées aux terrains carbonatés assez nombreux traversés par la Haute Meuse et ses affluents.

Lorsque l'on examine les caractéristiques physicochimiques de la Haute Meuse et de la Meuse en aval de Namur (tableau 3), on observe un certain nombre de différences, imputables aux eaux de la Sambre très polluées par les industries carolorégiennes et par les affluents des industries de la région liégeoise.

On assiste ainsi en aval de Namur à une baisse du PH et à une augmentation de la conductivité suite à un apport en sels divers, une augmentation de la teneur en matières organiques dissoutes (TOC), en hydrocarbures aromatiques (PAK), en nitrates, en nitrites, en ammonium et en métaux lourds.

La richesse en nitrates entraîne par moments une croissance exacerbée du phytoplancton. Cette eutrophisation prononcée et l'abondance des rejets organiques y entraînent des variations extrêmes de la teneur en O₂.

tableau 3 Principaux paramètres physicochimiques de la Meuse présentant des modifications significatives en aval de Namur en 1984 (d'après RIWA, 1984)

Paramètre	Haute Meuse		Basse Meuse	
	Hastière	Tailfer	Namèche	Liège
PH	8.27	8.14	8.08	7.84
conductivité(ms/m à 20°)	39	38	52	48
Cl ⁻ (mg/l)	19	19	59	52
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	29	28	38	39
Na ⁺ (mg/l)	7	8	25	23
DOC (mgO ₂ /l)	2.2	2.2	3.7	3.5
PAK (µg/l)	0.03	0.03	0.21	0.40
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0.07	0.04	0.41	0.25
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0.03	0.03	0.10	0.13
Cu (µg/l)	3	3	6	7
Pb (µg/l)	6	5	15	18
F ⁻ (µg/l)	0.11	0.12	0.18	0.68
Valeurs extrêmes				
O ₂ (mg/l)	7.9 13.0	67 13.0	8.5 15.7	41 15.4
Saturation (mg/l)	93 115	74 114	9.2 143	43 144

tableau 4 Concentration de quelques polluants dans les eaux de la Haute Meuse

(d'après YAN CRAENENBROECK & al., 1983)

Distance de la source	Station	Turbidité FTU	3H Bq/l	TOC mg/l	extinction des UV à 254 nm 1/m	PCB ng/l	AOCL µg/l	Cl- mg/l	Na+ mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	As µg/l	Cd µg/l	Zn mg/l	No3- mg/l	Po4-3 mg/l
340	Remilly-Aillicourt	7.5	9	2	4	2.2	6.3	15	7	0.15	0.04	<1	0.2	1.01	0.07	0.01
360.6	Donchery (après la confluence avec la Chiers)	8.5	13	2.9	10	-	83.7	31	17	0.52	0.04	1	0.4	0.00	0.016	0.12
420	Laifour (après la confluence avec la Semois)	8.75	11	3.9	8	-	-	26	14	0.50	0.08	2	0.56	0.03	0.24	0.36
484	Agimont (frontière francobelge)	10.9	61	3.3	8	36.4	51.4	27	16	0.86	0.1	2	1.1	0.06	0.25	0.43
500	Anseremme	10.1	30	3.1	8	-	-	27	17	0.63	0.1	1	0.4	0.05	0.22	0.40
520	Profondeville	7.2	45	3.2	8	-	-	26	14	0.52	0.9	1	0.3	0.04	0.21	0.40

Sans être très polluées, les eaux de la Haute Meuse subissent un certain nombre d'altérations (tableau 4). La centrale nucléaire de Chooz libère des rejets thermiques pouvant augmenter de 2.4°C la température en aval (VAN CRAENENBROECK & al., 1983). La concentration en tritium s'accroît considérablement après cette centrale et ne diminue que faiblement plus en aval (VAN CRAENENBROECK & al., 1983 ; RIWA 1982,1983, 1984) (tableau 4).

La teneur en matières en suspension de la Haute Meuse est relativement élevée, surtout à Agimont.

La teneur en matières organiques dissoutes (TOC) augmente significativement à la confluence Meuse-Chiers et se maintient ensuite. Cette concentration importante est en grande partie liée aux rejets de lignines peu dégradables par la fabrique de pâte à papier d'Harnoncourt.

L'augmentation de l'absorbance aux UV à 254 nm après la confluence de la Chiers indique une augmentation de la teneur en dérivés aromatiques.

La concentration en polychlorobiphényles (PCB) est importante à Agimont.

Ces derniers proviennent des industries chimiques de Givet (VAN CRAENENBROECK & al., 1983).

Une concentration importante en dérivés chlorés (AOCL) s'observe en aval de la confluence de la Chiers. Ces dérivés sont presque exclusivement des Chlorolignines provenant d'Harnoncourt (VAN CRAENENBROECK & al., 1983).

Les eaux de la Haute Meuse contiennent une certaine concentration en NaCl et en métaux provenant essentiellement des industries qui bordent la Chiers mais les petites industries métallurgiques qui bordent le cours supérieur du fleuve contribuent également à accroître sa teneur en métaux. Par ailleurs, on notera que des concentrations élevées en métaux

lourds (Fe, Mn, Zn, Pb, Co) ont également été détectées dans les Bryophytes (EMPAIN, 1977).

La concentration assez importante en zinc des eaux de la Haute Meuse belge serait en grande partie imputable à la fabrique de vaisselle de Givet (VAN CRAENENBROECK & al., 1983).

Les concentrations en phosphates et en nitrates de la Haute Meuse sont importantes et s'accroissent d'amont en aval. Elles sont imputables aux rejets d'eaux usées et à l'utilisation d'engrais dans le bassin versant.

Bref, on retiendra que les eaux de la Meuse ont un contenu minéral dominé par le carbonate de calcium, que sa partie aval est beaucoup plus polluée que sa partie amont mais que celle-ci contient néanmoins une certaine quantité de métaux, de polluants organiques et d'agents eutrophisants.

tableau 5 Abondance des algues planctoniques de la Haute Meuse en
 septembre 1982 (m x 104 individus/litre)
 d'après VAN CRAENENBROECK & al., 1983)

	NOUZONVILLE (amont de la confluence avec la Semois)	AGIMONT (frontière francobelge)	PROFONDEVILLE (aval de Dinant)
CHLOROPHYCEAE	310	318	212
BACILLARIOPHYCEAE (Diatomés)	210	235	266
CRYPTOPHYCEAE	85	90	48
CYANOPHYCEAE	13	28	14
FLAGELES NON PHOTOSYNTHETIQUES	40	13	28
CHRYSO-,EUGLENO-,DINOPHYCEAE	23	3	6

tableau 6 Concentration en Chlorophylle a des eaux de la Haute Meuse en septembre 1982 (d'après VAN CRAENENBROECK & al., 1983)

Stations	distance de la source (en km)	teneur en Chl.a ($\mu\text{g/l}$)
Remilly	340	41
Donchery	360.6	71
Agimont	484	33
Anseremme	500	44
Profondeville	520	47

1. 2. 4. Faune et flore

1. 2. 4. 1. Flore

Suite aux travaux d'aménagement des berges, les macrophytes vasculaires de la Meuse présentent aujourd'hui un développement négligeable, aussi n'avons-nous pas jugé nécessaire de les traiter.

Il en va par contre tout autrement des algues et des Bryophytes qui sont abordés dans les paragraphes qui suivent.

1. 2. 4. 1. 1. Phytoplancton

L'abondance générale du phytoplancton en Meuse varie considérablement en fonction des saisons et de l'ensoleillement.

Ainsi, sur 34 mesures effectuées à Agimont (Haute Meuse belge) sur l'année 1982, RIWA (1982) observe des concentrations en chlorophylle a allant de 1 à 176 µg/l.

Sa composition taxonomique varie également en fonction des saisons mais d'après VAN CRAENENBROECK & al. (1983), elle est largement dominée en Haute Meuse par les Bacillariophyceæ (Diatomées) et les Chlorophyceæ (tableau 5).

La turbidité de l'eau, en partie imputable aux activités humaines et l'eutrophisation revêtent une importance notable quant au développement du phytoplancton. On observe ainsi une baisse de la concentration en chlorophylle a à la frontière francobelge (tableau 6), que VAN CRAENENBROECK & al. (1983) attribuent à l'augmentation de la teneur en matières en suspension.

tableau 7 Fréquence des principales algues filamenteuses

de la Haute Meuse en 1970 (d'après DESCY, 1973)

a = abondant, f = fréquent, r = rare, - = non observé

	Hastière (écluse)	Waulsort (écluse)	Anseremme (écluse)	Dinant (écluse)	Hun (écluse)	Rivière (écluse)
CHLOROPHYTA						
<i>Ulothrix zonata</i> KUETZ.	f	f	a	f	-	-
<i>Cladophora glomerata</i> (L.) KUETZ.	a	a	a	a	a	a
<i>Rhizoclonium hieroglyphicum</i> KUETZ.	a	a	a	a	-	a
RHODOPHYTA						
<i>Bangia atropurpurea</i> ROTH	a	a	a	a	a	a
<i>Lemanea fluviatilis</i> (DILLW.) AG.	a	-	-	-	-	-
CHLOROPHYTA						
<i>Vaucheria</i> sp.	r	a	a	a	-	f

tableau 8. Abondance relative (en %) des principales diatomées benthiques de la Haute Meuse en 1970 (d'après DESCY, 1973)

	Waulsort (écluse)	Houx (écluse)	Rivière (écluse)
<i>Navicula gracilis</i> EHRBG.	11.50	17.50	12.70
<i>Navicula viridula</i> KUETZ.	11.10	13.50	14.40
<i>Navicula mutica</i> KUETZ.	02.40	05.80	03.20
<i>Nitzschia sigmaidea</i> (EHRBG)W.SMITH	01.50	01.80	00.10
<i>Surirella ovata</i> KUETZ.	14.00	12.50	21.60
<i>Surirella biseriata</i> BREB.	08.40	02.15	03.00
<i>Amphora ovalis</i> KUETZ.	06.45	02.45	00.25
<i>Cymbella prostrata</i> (Berkeley)CLEVE	04.40	03.95	02.50
<i>Cymbella</i> sp.	01.90	00.00	01.60
<i>Gyrosigma spenceri</i> (W.SMITH)CLEVE	05.60	02.95	01.25
<i>Synedra ulna</i> (NITZSCH) EHRBG.	09.00	09.30	07.35
<i>Melosira varians</i> AG.	13.00	10.00	08.55
<i>Diatoma vulgare</i> BORY	02.90	05.90	06.65
<i>Frustulia vulgaris</i> THWAITES	02.00	00.00	00.10
<i>Caloneis alpestris</i> (GRUN.)CLEVE	00.35	01.15	02.60
<i>Caloneis silicula</i> (EHRBG.)CLEVE	01.60	01.45	02.00
<i>Diploneis ovalis</i> (HILSE)CLEVE	01.60	03.45	06.30
<i>Cymatopleura solea</i> (BREB.)W.SMITH	01.30	02.45	03.20
<i>Cymatopleura elliptica</i> (BREB.)W.SMITH	00.00	00.45	00.20
<i>Gomphonema olivaceum</i> (LYNB.)KUETZ.	00.35	03.15	02.20
<i>Gomphonema augur</i> EHRBG.	00.00	00.00	00.20

tableau 9. Répartition des espèces de Bryophytes (en % de recouvrement absolu) sur les radiers de la Haute Meuse, en 1976 (d'après EMPAIN, 1979)

		Ham-sur-Meuse	Givet	Anseremme	Hun	Rivière	Tailfer
<i>Cinclidotus nigricans</i>	(BRID.)WIJK & MARG.	0	0	10	3	2	14
<i>Cinclidotus danubicus</i>	SCHIFFN. & BAUMG.	65	0	40	45	69	47
<i>Cinclidotus aquaticus</i>	(HEDW.)B.S.G.	7	0	0	0	0	0
<i>Platyhypnidium riparioides</i>	(HEDW.)DIX.	0	0	0	0	0	5
<i>Fissidens crassipes</i>	(WILS.)B.S.G.	0	50	10	1	0	10

1. 2. 4. 1. 2. Algues macroscopiques

D'après DESCY (1973), les algues macroscopiques filamenteuses dominantes de la Meuse sont des Chlorophyta (tableau 7).

Les Cyanophyta, également fréquentes, sont généralement confinées à un niveau très élevé en zonation verticale (DESCY, 1973, 1976).

L'algue filamenteuse largement dominante dans les milieux lotiques de la Haute Meuse est *Cladophora glomerata* (L.) KUETZ.

On y rencontre aussi certaines Rhodophyta (tableau 7), notamment *Bangia atropurpurea* ROTH, *Lemanea fluviatilis* (DILLW.) AG. abondante dans les zones les plus turbulentes des radiers de barrage (EMPAIN, 1977), et *Thorea ramosissima* BORY, espèce de grande taille qui n'a été découverte que récemment en Meuse (DESCY & EMPAIN, 1974) et en Haute Meuse (EMPAIN, 1977).

1. 2. 4. 1. 3. Diatomées benthiques

Les espèces de Diatomées benthiques présentes dans la Meuse sont extrêmement nombreuses (DESCY, 1973; 1983a; 1983b). DESCY (1983b) y en signale 122 espèces et variétés. Les espèces les plus fréquentes en Haute Meuse sont reprises dans le tableau 8 avec leur abondance relative.

L'Indice Diatomique (I. D.) (DESCY, 1979; 1980) dérivé du système des Saprobies de PANTLE & BUCK (1955, in SLADECECK, 1973), met en évidence une diminution progressive de la qualité des eaux du fleuve d'amont en aval (EMPAIN, 1977) (fig. 7); il indique néanmoins des améliorations passagères, notamment à Tailfer.

1. 2. 4. 1. 4. Bryophytes

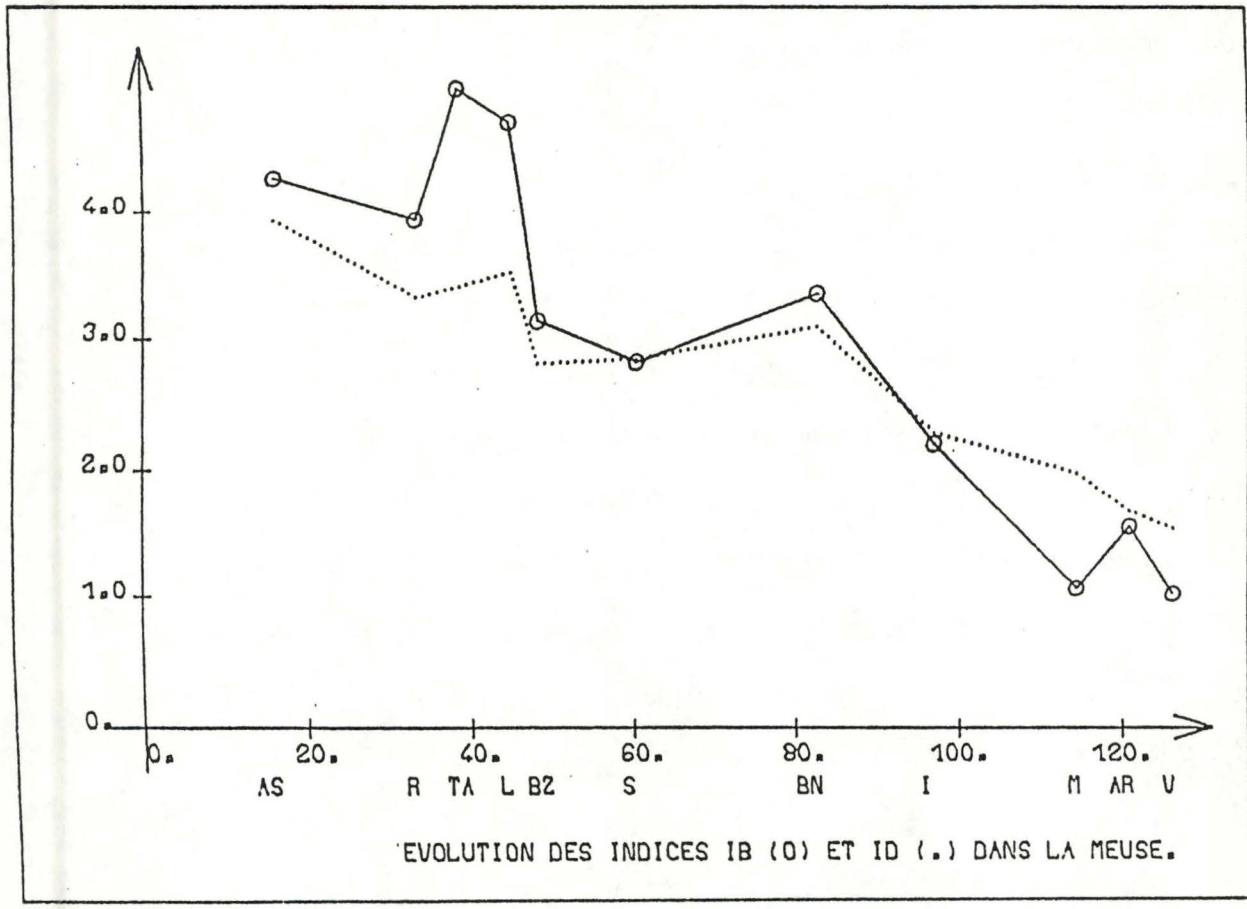
Certaines mousses recouvrent localement une surface importante des radiers de barrage de la Meuse (tableau 9). La composition de ses

FIG. 7 : EVOLUTION DES INDICES BRYOPHYTIQUES ET DIATOMIQUES DANS LA MEUSE.

(Tiré de EMPAIN, 1977).

- As : Anseremme
- R : Rivière
- Ta : Tailfer
- L : La Plante
- Bz : Beez
- S : Sclayn

- Bn : Ben Ahin
- I : Ivoz Ramet
- M : Monsin
- Ar : Argenteau
- V : Visé



peuplements bryophytiques varie surtout selon une zonation longitudinale et verticale, selon la turbulence des eaux et selon la pollution.

C'est à cette dernière qu'EMPAIN (1977) attribue la rareté de ces végétaux à Givet.

Un indice bryophytique (I.B.) similaire à l'Indice Diatomique manifeste une évolution semblable à celui-ci (EMPAIN, 1977) (fig. 7).

D'autre part, grâce à leurs extraordinaires propriétés d'accumulation des métaux lourds, les Bryophytes constituent des indicateurs précieux de la contamination par ceux-ci. EMPAIN (1977) a ainsi pu obtenir d'excellents profils longitudinaux de leur répartition dans la Meuse, moins sujet à caution que ceux basés sur la composition des eaux qui peut varier énormément d'un jour à l'autre.

tableau 10 Abondance (en individus par litre) des organismes

de la Haute Meuse en septembre 1982

(d'après VAN CRAENENBROECK & al., 1983)

	Nouzonville (amont de la confluence avec la Semois)	Agimont (frontière francobelge)	Profondeville (aval de Dinant)
ROTATORIA	2002	1914	1548
CLADOCERA	2	0	2
COPEPODA	6	2	2
RHIZOPODA	22	12	4

1. 2. 4. 2. Faune

La faune de la Meuse belge et du cours inférieur de la Meuse française est dans l'ensemble assimilable à la zone à barbeau d'HUET (1949) et au Potamal d'ILLIES & BOTOSANEANU (1963).

1. 2. 4. 2. 1. Zooplancton

D'après DE CLERCQ-VERSELE & al. (1982), la composition taxonomique du zooplancton de la Meuse varie assez fort selon les saisons et selon les années. On peut cependant dire qu'il est dans l'ensemble largement dominé par les Rotifères, comme en atteste la tableau 10 (VAN CRAENENBROECK & al., 1983).

Au vu des histogrammes donnés par DE CLERCQ-VERSELE & al. (1982), on constate que l'abondance du zooplancton de la Meuse varie assez fort d'une année à l'autre mais surtout en fonction des saisons, ces variations étant en fait étroitement corrélées à celles du phytoplancton.

1. 2. 4. 2. 2. Macroinvertébrés

Les Invertébrés de la Meuse belge et du cours inférieur de la Meuse française sont essentiellement représentés par des espèces caractéristiques du Potamal (MEURISSE - GENIN & al., 1987). Leur répartition est cependant loin d'être homogène, leur abondance globale et la représentation proportionnelle des différents taxons variant parfois considérablement d'une station à l'autre.

Ainsi, la composition des biocœnoses de la Haute Meuse et de la Basse Meuse présente de notables différences, que MEURISSE - GENIN & al. (1987) attribuent surtout à l'apport de polluants à la confluence avec la Sambre, la diversité chutant brusquement en aval suite à l'élimination ou à la

raréfaction des taxons les plus sensibles. C'est ainsi qu'entre 1980 et 1984, MEURISSE-GENIN & al. (1987) récoltent 105 taxons en amont de Namur et 67 en aval, dont seulement 4 propres à ce dernier secteur.

On notera cependant, comme le font les auteurs, que cette cassure est probablement moins prononcée que ne le laissent entrevoir ces chiffres, les procédés de récolte utilisés dans les deux secteurs étant différents.

Plus en aval, cette chute de la diversité ne fait que s'accroître, suite aux rejets émis par les nombreuses industries de la région liégeoise.

C'est ainsi qu'à Ivoz-Ramet, en Août 1984, MEURISSE-GENIN & al. (1987) ne récoltent plus que 11 taxons.

La faune de la Meuse comporte un certain nombre d'espèces particulières. On y rencontre notamment une méduse d'eau douce *Craspedacusta sowerbyi* (LANKESTER) déjà signalée par DAMAS (1939 a, b, c), une crevette d'eau douce d'origine méridionale, *Athyæphyra desmaresti* (MILLET), signalée pour la première fois dans la Meuse par PELSENEER (1896) et subséquemment étudiée par LESTAGE (1932) et MEURISSE-GENIN & al. (1985), et deux espèces d'origine pontocaspienne : la moule zébrée *Dreissena polymorpha* (PALLAS) signalée en Belgique depuis 1832 (LEGER, 1937) et l'Amphipode *Corophium curvispinum* SARS, découvert en plusieurs localités de la Haute Meuse (WOUTERS, 1985; MEURISSE - GENIN & al., 1987).

Autre imigrant, le crabe chinois, *Eriocheir sinensis* H. MILNE-EDWARDS, fut signalé autrefois dans la Meuse belge (HUET, 1941), mais semble aujourd'hui y être disparu, tandis que l'écrevisse américaine *Orconectes limosus* (RAFFINESQUE), connue en Meuse depuis 1962, est rapidement

devenue très abondante dans les zones pierreuses lenticues (GERARD, 1986).

Enfin, en plus de *Corophium curuispinum*, quelques autres espèces nouvelles pour la faune belge ont été récemment découvertes en Meuse.

Il s'agit du Mégaloptère *Sialis nigripes* ED. PICTET (STROOT, 1986), du Trichoptère *Ceraclea albimacula* (RAMBUR) (STROOT, 1985) et l'Ephéméroptère *Cænis beskidensis* SOWA (MOL, 1987).

Comme le remarquait déjà DAMAS (1939a), les radiers de barrages constituent un milieu particulièrement favorable à de nombreux Invertébrés. En effet, contrairement aux biefs plus envasés et beaucoup plus lenticues qui constituent l'essentiel du fleuve, ces zones pierreuses au courant tumultueux subissent une oxygénation constante et une siltation minimale.

DAMAS (1939a) et MEURISSE-GENIN & al. (1987) signalent respectivement 24 et 82 taxons sur les radiers de la Haute-Meuse belge. Les Coléoptères Elmidae du genre *Stenelmis*, signalés par le premier de ces auteurs, n'y sont plus répertoriés par les seconds.

D'après MEURISSE-GENIN & al. (1987), les biocénoses des radiers de barrage sont dominés par deux familles, les Chironomidae et les Hydropsychidae.

Ces Trichoptères rhéophiles, beaucoup moins communs en dehors des radiers, sont essentiellement représentés par *Hydropsyche contubernalis* Mc LACHLAN, *H. exocellata* DUFOR et plus accessoirement par *H. siltalai* DÖHLER, *H. pellucidula* (CURTIS) et *Cheumatopsyche lepida* (PICTET). Ces mêmes auteurs renseignent encore les Gastéropodes *Bithynia tentaculata* (L.) et *Ancylus fluviatilis* O. F. MÜLLER, 1774 et de l'Ephéméroptère

Heptagenia sulphurea (MÜLLER, 1776) comme abondants. D'autres taxons, comme la Planaire *Dugesia tigrina* GIRARD, 1850, les Bivales *Sphaerium* spp., les Asellidæ, les Gammares *Gammarus pulex* (L.) et *Echinogammarus berilloni* (CATTÀ), les Trichoptères *Psychomyia pusilla* (FABRICIUS), *Neureclipsis binaculata* (L.) et *Ceraclea annulicornis* (STEPHENS), et les Coléoptères du genre *Elmis*, y sont considérés comme communs. D'après DAMAS (1939a), l'Hétéroptère *Apheilocheirus æstivalis* (FABRICIUS) était autrefois très commun dans les radiers; il semble aujourd'hui plus rare (MEURISSE-GENIN & al., 1987).

Parmi les 82 taxons représentés dans les radiers, MEURISSE-GENIN et al. (1987) mentionnent 28 taxons qu'ils n'ont pas trouvés en dehors de ces milieux. Parmi ces taxons pour la plupart rhéophiles, on signalera la Planaire *Dugesia gonocephala* (DUGES), le Gasteropode *Theodoxus fluviatilis* (L.), *Apheilocheirus æstivalis*, *Cheumatopsyche lepida* et le Diptère *Atherix* sp.

Enfin MEURISSE-GENIN & al. (1987) signalent que la composition des biocœnoses varie assez fort d'un radier à l'autre, la faune du radier de Dinant étant par exemple singulièrement appauvrie, ce que les auteurs attribuent à la pollution organique, et que certaines espèces comme *Dreissena polymorpha* présentent d'importantes fluctuations de populations.

Tableau 11 : Inventaire qualitatif des poissons en Meuse d'après les résultats des deux campagnes de pêche de 1984 (Ministère de la Région Wallonne, 1985) et des pêches réalisées en 1984, 1985 et 1986 an amont de Namur.

(Tiré de CEN, 1986)

Espèces capturées Waulsort Hun Jambes Lives Ampsin I-Ramet Monsin Argenteau Lixhe

CYPRINIDAE

Gardon	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Vandoise	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Chevaîne	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hotu	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Goujon	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Ablette	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Brème bordelière	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Brème commune	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Rotengle	-	-	-	+	+	+	-	-	-
Ide mélanotte	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Tanche	+	+	-	-	-	-	+	-	-
Barbeau	+	+	+	-	+	-	-	+	+
Carpe	-	+	-	-	-	-	-	-	-

PERCIDAE

Perche	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Sandre	+	+	+	+	+	+	-	-	+
Grémille	+	-	-	+	-	+	+	+	+

ESOCIDAE

Brochet	+	-	-	+	-	+	+	-	-
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ANGUILLIDAE

Anguille	+	+	-	-	+	+	-	+	+
----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

COBITIDAE

Loche franche	-	-	-	+	-	-	-	-	-
---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

SALMONIDAE

Ombre	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Truite fario	+	-	-	+	-	-	-	-	-
Truite de mer	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Truite arc-en-ciel	-	+	-	-	-	-	-	-	-

COTTIDAE

Chabot	-	+	-	+	-	-	-	-	-
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

GASTEROSTEIDAE

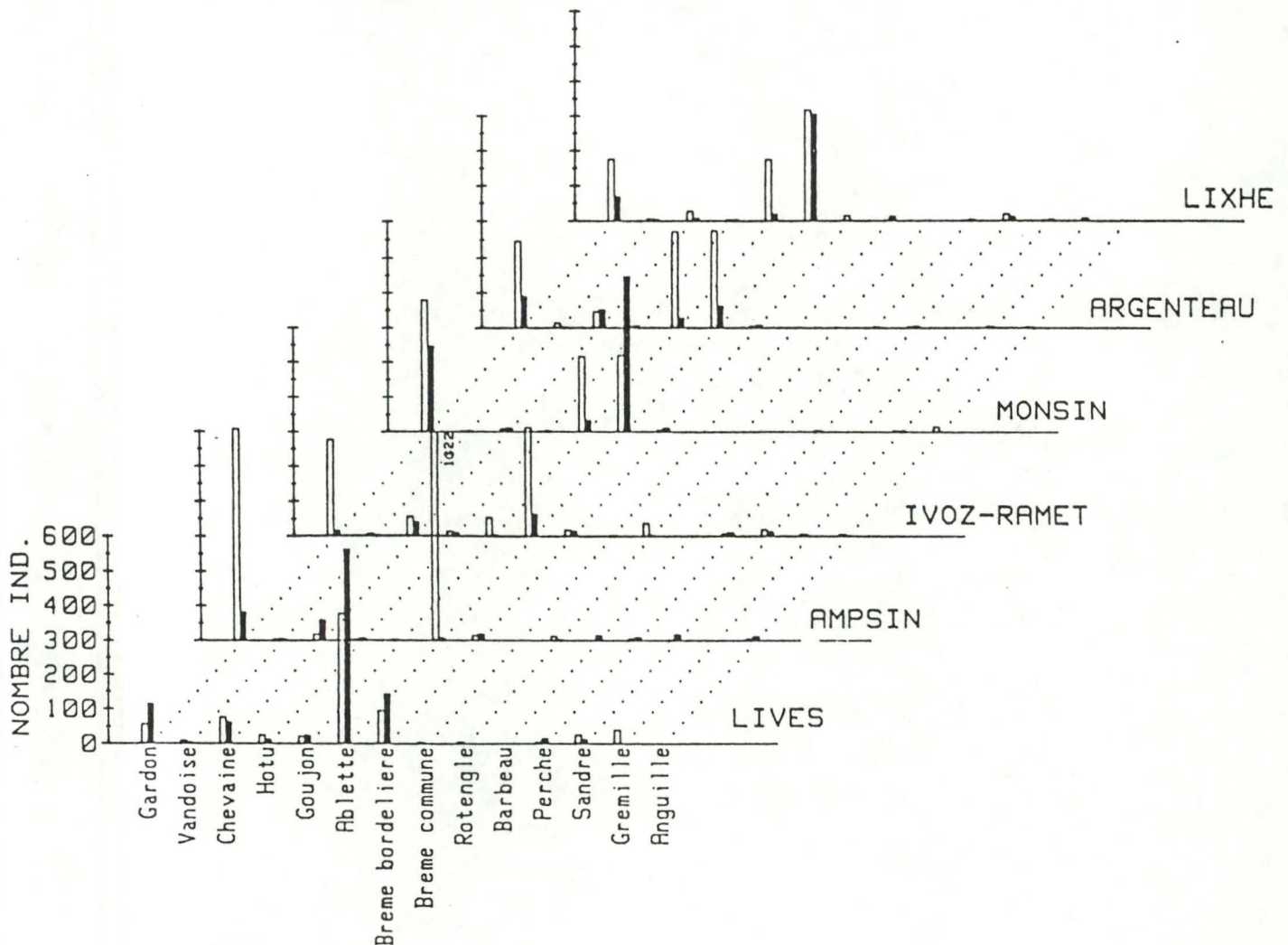
Épinoche	-	+	-	-	-	-	-	-	-
----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

FIG. 8 : ABONDANCE DES PRINCIPAUX POISSONS DANS LA BASSE MEUSE.

(Tiré du MINISTERE DE LA REGION WALLONNE, 1984).

Nombre d'individus de chaque espèce capturées au cours des deux campagnes de pêche 1984 dans la Meuse. Résultats cumulés de la pêche électrique et de la pêche au filet.

□ : 1ère campagne ■ : 2ème campagne



Importance des différentes familles dans le total des captures en 1984, ceci aux différentes stations (MINISTERE DE LA REGION WALLONNE)

	Lives	Ampsin	I-Ramet	Monsin	Argenteau	Lixhe
Cyprinidae	94,0%	97,4%	94,1%	98,6%	99,0%	96,6%
Percidae	5,5%	1,7%	5,3%	0,4%	0,7%	3,3%
Anguillidae	0,0%	0,9%	0,5%	0,9%	0,2%	0,1%

1. 2. 4. 2. 3. Ichtyofaune (d'après MINISTERE DE LA REGION WALLONNE,
1984 et C.E.N., 1986)

D'après sa pente et ses dimensions (HUET, 1949), la Haute Meuse belge devrait appartenir à la zone à barbeau. Cependant, comme souligné précédemment, les barrages construits sur cette partie du fleuve l'ont transformé en une série de biefs à caractère lentique, peu favorables aux espèces rhéophiles. Ces modifications lui ont conféré des caractéristiques externes plus typiques d'une zone à brêmes.

La faune piscicole de la Meuse belge présente une grande homogénéité longitudinale quant à sa composition spécifique (tableau 11). D'après A. GILLET (comm. pers.), la représentation proportionnelle des différentes espèces serait également fort constante.

Les deux espèces de très loin les mieux représentées sont le gardon *Rutilus rutilus* (L.) et l'ablette commune *Alburnus alburnus* (L.) (fig. 8) (MIN. REGION WALLONNE, 1984). D'autres cyprins comme le goujon *Gobio gobio* (L.), le chevaine, *Leuciscus leuciscus* (L.), le hotu *Chondrostoma nasus* (L.), le rotengle *Scardinius erythrophthalmus* (L.) et les brêmes *Abramis brama* (L.) et *Blicca bjoerkna* (L.) y sont également communs. Les voraces les plus répandus en Meuse sont la perche *Perca fluviatilis* L. et le Sandre *Stizostedion lucioperca* (L.) d'introduction récente et, la grémille, *Gymnocephalus cernua* (L.), le brochet *Esox lucius* L., et l'anguille, *Anguilla anguilla* (L.), n'y sont pas rares non plus.

Enfin, il convient de signaler que plusieurs poissons autrefois présents et même communs en Meuse, comme le Saumon, *Salmo salar* L., y ont aujourd'hui complètement disparu suite aux activités humaines (PHILLIPART & al., 1983).

1. 2. 5. CONCLUSION

Les caractéristiques hydrologiques et physico-chimiques de la Meuse ont été profondément modifiées par les activités humaines (travaux d'aménagement et pollution), surtout en aval de Namur.

Ces altérations ont entraîné des répercussions importantes sur les biocœnoses aquatiques. Ainsi, le développement du phytoplancton est tantôt freiné par les matières en suspension, tantôt accéléré par l'eutrophisation.

Les biocœnoses végétales benthiques subissent également des altérations occasionnées par la pollution et par l'abondance des matières en suspension.

La pollution et l'homogénéisation du milieu ont complètement banalisé l'ichtyofaune du fleuve et ont entraîné la disparition de certains poissons.

Enfin, les biocœnoses bien diversifiées d'invertébrés benthiques sont aujourd'hui à peu près limitées aux radiers de barrage, c'est-à-dire à des secteurs très restreints et d'une manière générale, ces communautés voient leur diversité chuter drastiquement d'amont en aval.

tableau 12 Stations, dates, types d'échantillonnage semi-quantitatif et poids
des pierres

Stations	Dates	Echantillons		Poids (kg)
		dénomination	type	
Ham (radier à Bryophytes)	23/9/1986	Hb	5 pierres	15; 17; 14; 4 ; 12
Ham (radier à Cladophora)	30/9/1986	H1 (a & b)	2 x 5 pierres	3; 5; 5.5; 5; 5 4; 5; 5.5; 5; 5
		H2 (a & b)	2 x 5 pierres	7.5; 8; 25; 9.5; 11.5 15; 8; 5; 10; 12
Hastièrè (radier)	25/9/1986	Hs1 (a & b)	2 x 5 pierres	6; 9; 11; 8; 14 5; 6; 9; 15; 25
		Hs2 (a & b)	2 x 5 pierres	8; 6; 8; 11; 3 8; 8; 17; 14; 23
Waulsort (radier)	25/9/1986	W1 (a & b)	2 x 5 pierres	4; 3; 3.5; 13; 22 6; 15; 22; 16; 17
		W2 (a & b)	2 x 5 pierres	2; 2.5; 8; 9; 11 4; 6; 9; 11; 17
Waulsort (zone pierreuse)	22/9/1986	W.r.1	10 pierres	17; 15; 15; 11; 7; 11; 5; 8; 12; 9
		W.r.2	10 pierres	18; 10; 15.5; 14.5; 26; 9; 14.5; 17; 8; 15
		W.r.3	10 pierres	11; 6.5; 35; 10; 7; 26; 10; 9; 9; 6.5
Dinant (radier)	19/9/1986	D1	10 pierres	3; 4; 8; 11; 10.5; 8; 5; 7; 8.5; 6
		D2 (a & b)	2 x 5 pierres	5; 4.5; 6.5; 10; 4.5 13.5; 11; 12.5; 10; 5
Champalle (zone pierreuse)	22/9/1986	C1	10 pierres	8; 10; 4; 2.5; 5.5; 6; 6; 3.5; 6.5; 8.5
		C2	10 pierres	13; 6.5; 6.5; 7; 13; 9.5; 23.5; 3; 7.5; 7.5
		C3	10 pierres	9; 7.5; 3; 3; 4; 6; 9; 5; 6; 5;
Hun (radier)	24 & 26/9/1986	Hu1 (a & b)	2 x 5 pierres	6.5; 8; 10.5; 13; 17 10; 7; 5; 10; 23
		Hu2 (a & b)	2 x 5 pierres	4; 7; 9; 5; 15 10.5; 5; 8.5; 15; 22
Rivière (radier)	26/9/1986	R1 (a & b)	2 x 5 pierres	6; 5.5; 9.5; 15; 23 5; 6; 7; 12.5; 19
		R2 (a & b)	2 x 5 pierres	6; 4; 11; 4; 12 4; 5; 5.5; 10; 16.5

II. Matériel et méthodes

2. 1. Echantillonnage

2. 1. 1. Méthode d'échantillonnage

La nature du substrat (amoncellement de grosses pierres) et la vitesse importante du courant rendant la plupart du temps illusoire l'utilisation des méthodes de prélèvement conventionnelles (Surber, troubleau, cylindres, bennes, shovels, dragues, substrats artificiels - cf. SOUTHWOOD, 1966 et HELLAWELL, 1978), nous avons préféré utiliser la technique de prélèvement et de lavage manuel de pierres, rendue possible par la baisse des eaux suite au chômage technique de la Meuse.

Peu utilisée, cette méthode permet cependant un inventaire semi-quantitatif de la faune pétricole, largement dominante dans les radiers et les zones lotiques pierreuses. Elle a d'ailleurs déjà été utilisée dans les radiers de la Meuse (MEURISSE - GENIN & al., 1987).

Nous avons échantillonné avec cette méthode 7 radiers de barrage et 2 zones lotiques pierreuses de la Haute Meuse (tableau 12).

Chaque unité d'échantillonnage consistait soit en 10 pierres, soit en 2 demi-échantillons de 5 pierres prélevées au hasard dans les radiers et les zones lotiques (tableau 12).

Devant le coût en temps de la prise de 3 échantillons de 10 pierres, réalisée tout d'abord avec une aide technique importante (zone lotique de Waulsort et de Champalle), nous avons par la suite préféré récolter 2 échantillons de 2 fois 5 pierres, ce qui nous permettait de réduire un échantillonnage trop considérable tout en gardant une idée de la variabilité des échantillons.

Dans un cas (radier à Bryophytes de Ham), le temps d'accessibilité du

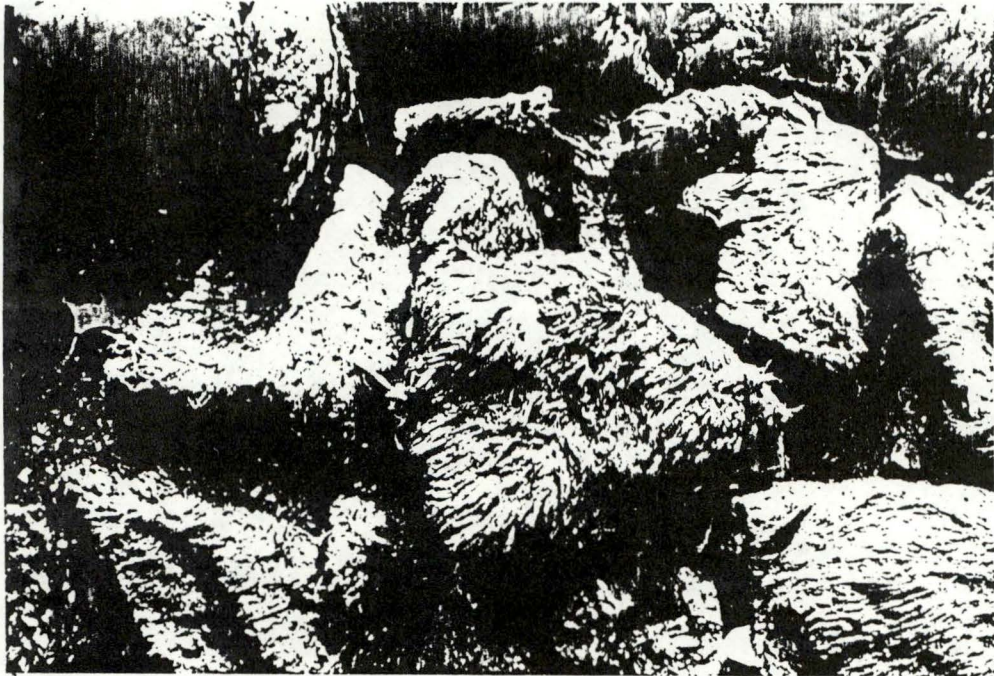


Fig.9 Pierres du radier à Cladophora de Ham montrant une importante couverture de Cladophora glomerata . Ces pierres exondées suite à l'ouverture du barrage sont très similaires à celles que nous y avons prélevé dans l'eau.

radier a été trop bref et nous n'avons pu prélever qu'1 demi-échantillon de 5 pierres. Dans un autre cas (radier de Dinant), suite à une confusion lors de l'étiquetage de certains flacons, nous avons été contraints de réunir 2 demi-échantillons (D1).

Le prélèvement de chaque échantillon se réalise de la manière suivante : chaque pierre est soulevée, un filet à mailles de 1 mm. étant placé directement en aval afin de recueillir les organismes peu solidaires du substrat qui seraient arrachés par la violence du courant.

Les pierres sont ensuite brossées, lavées, puis minutieusement examinées, les organismes incrustés étant retirés à la pince. Tout ce qui a été séparé des pierres est finalement placé dans des sacs en plastique contenant du formol à 10%, chaque échantillon ou demi-échantillon étant emballé séparément.

Lorsque les pierres présentent une importante couverture de *Cladophora* (fig. 9), le travail devient plus difficile et plus long; lorsqu'elles sont densément couvertes de Bryophytes, la procédure s'avère particulièrement fastidieuse. Dans ce cas, les pierres sont ramenées au laboratoire dans des sacs contenant du formol pour y être dépouillées dans des conditions plus favorables.

Le poids de chaque pierre a été mesuré au moyen d'un peson d'une précision de 500 grammes (tableau 12).

En plus de ces prélèvements semi-quantitatifs, une recherche active a été réalisée dans et aux abords des radiers afin de compléter l'inventaire faunistique.

2.1.2. Traitement des échantillons

2.1.2.1. Tri

Le contenu de chaque sac est passé sur deux tamis successifs de 4 et 1mm, afin de séparer grossièrement les macroinvertébrés et les éléments du substrat selon leur taille. Les fractions obtenues sont placées dans un bac de révélation photographique à fond blanc contenant un peu d'eau. A la lumière d'une lampe à halogène, les organismes sont séparés des débris et grossièrement triés selon leur appartenance taxonomique.

2.1.2.2. Identification

Les organismes sont ensuite identifiés à des degrés de précision variables, selon la difficulté et les moyens dont nous disposons, notamment au point de vue littérature. Certains Mollusques ont été envoyés à VAN GOETHEM et SABLON de l'IRSNB (Bruxelles). Certaines Planaires ont été envoyées à E. PATTEE de l'Université Claude Bernard de Lyon.

Les Trichoptères et la plupart des Epheméroptères ont été confiés à PH. STROOT (UNECED - Facultés Universitaires - Namur). Certains Epheméroptères problématiques ont été envoyés à A.W.M. MOL (Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum, Pays-Bas).

Pour chaque taxon, le nombre d'individus récoltés dans chaque échantillon ou demi-échantillon a été compté.

2. 1. 3. Estimation de la surface des unités d'échantillonnage

Afin de visualiser à quel point les résultats globaux de nos comptages étaient comparables, il nous a paru intéressant d'estimer la surface correspondant à chaque unité d'échantillonnage, le nombre d'organismes étant à priori proportionnel à la surface des pierres.

Dans les radiers de barrage, les pierres s'imbriquent les unes dans les autres au point de former souvent des amoncellements chaotiques.

Dans de telles circonstances, cela n'a guère de sens d'estimer la surface qu'elles occupent sur le fond comme l'a fait SCHRÄDER (1932, in SOUTHWOOD, 1966). Nous avons préféré estimer la surface de chaque pierre en utilisant une procédure aisée mais suffisamment rationnelle.

Après avoir établi la densité moyenne sur une série de 10 pierres en les pesant avec un peson d'une précision de l'ordre du quart de kg et en mesurant leur volume par immersion (précision de l'ordre du cm^3), nous avons calculé pour chaque pierre la surface d'une pierre sphérique de masse équivalente en utilisant la formule suivante :

$$S = \sqrt[3]{\frac{36 \pi M^2}{d}}$$

où S est la surface en cm^2 de sphère équivalente
M la masse de chaque pierre exprimée en grammes
d la densité estimée à partir de 10 pierres.

Celle-ci vaut 2.82 avec un écart-type de 0.273.

Certains auteurs comme ROSILLON (1979) ont préféré assimiler les pierres à des parallélépipèdes rectangles et ont calculé leur surface à partir de leur longueur, largeur et hauteur respectives.

Les pierres n'étant pas plus sphériques que paralléli pipédiques, les deux approches semblent au premier abord aussi valables l'une que l'autre.

Cependant, les longueurs, largeurs et hauteurs des pierres sont difficiles à mesurer d'une manière précise et standardisée.

Il est en revanche très facile de mesurer le poids des pierres avec une précision raisonnable.

D'autre part, la surface des parallélipèdes étant calculée à partir d'une somme de doubles produits, ce qui équivaut à une variable au carré, l'erreur relative sera proportionnellement beaucoup plus importante que dans le cas des sphères où la surface s'estime à partir d'une variable affectée d'un exposant $2/3$.

2. 2. Traitement des données

Un tableau de données brutes est en soi assez difficile à interpréter, aussi a-t-on souvent intérêt à le modifier ou à résumer l'information qu'il contient en calculant divers indices.

L'utilisation de plusieurs indices différents permet de compenser partiellement leurs limites propres. C'est pourquoi, pour chaque échantillon, nous avons établi des tableaux simplifiés et calculé différents indices de diversité et de pollution. Nous avons également procédé à des analyses multivariées. Les indices et les techniques d'analyses multivariées utilisés sont présentés succinctement dans les deux paragraphes suivants.

2. 2. 1. Les indices

Certains indices sont en principe désignés spécifiquement pour mesurer la pollution, comme les indices saprobiques (SLADECECK, 1973), les indices biotiques (WOODIWISS, 1964; TUFFERY & VERNEAUX, 1968) et le score system de CHANDLER (1970). D'autres (Indice de SIMPSON; Indice de SHANNON-WEAVER) mesurent uniquement la diversité et ont donc un champ d'application beaucoup plus large, la diversité d'une biocénose décroissant avec l'importance du stress environnemental, que celui-ci soit lié ou non à la pollution. La réduction à un chiffre unique de l'information contenue dans une biocénose est évidemment une démarche simplificatrice. Cependant, ces divers indices constituent la seule mesure biologique de la pollution facile à interpréter par des non-biologistes (CAIRNS & al., 1971), d'où leur utilisation généralisée.

tableau 13 Indices de diversité utilisés pour l'interprétation
des résultats (PIELOU, 1977)

INDICES	FORMULES
Indice de SIMPSON (1949)	$C = \sum_{i=1}^s \frac{ni (ni - 1)}{N (N - 1)}$
Indice de SHANNON - WEAVER (1949)	$H = -\sum_{i=1}^s \frac{ni}{N} \log_x \frac{ni}{N}$
Indice d'équitabilité (PIELOU, 1969)	$J = \frac{H}{\log_x S}$

s = le nombre d'espèces

ni = le nombre d'individus de l'espèce i

N = le nombre total d'individus

x = la base du logarithme laissée ou choix de l'expérimentateur,
e dans notre cas.

2. 2. 1. 1. Indices de diversité

La diversité d'une biocœnose se définit par sa richesse en espèces.

Il n'est toutefois guère envisageable de la mesurer sur la seule base de ce critère. Il est tout d'abord impossible en pratique de prélever toutes les espèces d'une station. Ensuite, le nombre d'espèces présentes dans un échantillon est en grande partie dû au hasard. Et enfin le nombre d'espèces présentes dans un échantillon s'accroît avec le nombre d'individus ce qui rend hasardeuse la comparaison de stations présentant des densités différentes.

Comme les communautés diversifiées comprennent un nombre d'espèces communes plus élevé que dans celles qui ne le sont pas, on a l'habitude de mesurer la diversité au moyen d'indices qui bien sûr prennent en considération le nombre d'espèces présentes mais qui surtout tiennent compte de leur représentation proportionnelle.

Nous avons calculé pour chaque échantillon et pour chaque station deux indices de diversité très similaires : l'indice de SIMPSON (1949, in PIELOU, 1977), encore appelé indice de dominance (ODUM, 1971), qui accorde beaucoup de poids aux espèces les mieux représentées (POOLE, 1974) et l'indice de SHANNON-WEAVER (1949, in PIELOU, 1977) qui, par une transformation logarithmique diminue le poids de ces espèces abondantes. Nous avons également calculé un troisième indice, l'indice d'équitabilité ou Evenness de PIELOU (1969), qui mesure la représentation proportionnelle des différentes espèces de la communauté, en rapportant l'indice de SHANNON-WEAVER à la diversité maximale qui pourrait être observée pour un même nombre d'espèces donné. Les formules permettant le calcul de ces trois indices sont reprises au tableau 13.

Les indices de SIMPSON et de SHANNON-WEAVER présentent l'avantage d'être pratiquement indépendants de la taille de l'échantillon, leur valeur tendant rapidement vers une asymptote (WIHLM, 1972).

Ce n'est pas le cas de l'indice d'équitabilité, H demeurant pratiquement invariant mais S pouvant augmenter dans les grands échantillons par adjonction d'espèces rares.

Enfin, on notera que la mesure simplifiée de la diversité par les indices de SIMPSON et de SHANNON-WEAVER présente certaines ambiguïtés, une même valeur indicielle pouvant être obtenue d'une part par une communauté comprenant peu d'espèces, chacune d'entre elles étant numériquement bien représentée, et d'autre part, par une biocénose riche en espèces mais où seules quelques-unes sont abondantes (HELLAWELL, 1978). Ce n'est évidemment pas le cas pour l'indice d'équitabilité, d'où l'intérêt de son utilisation conjointe.

2. 2. 1. 2. Indices de pollution

Les indices de pollution constituent généralement une mesure de la diversité tenant également compte de la polluosensibilité des différents taxons, les biocénoses aquatiques intégrant l'effet des différentes pollutions (TUFFERY & VERNEAUX, 1968; CHANDLER, 1970; SLADCECK & al., 1971; HELLAWELL, 1976; HAWKES, 1979; TITTIZER & al., 1979; MICHA, 1982).

Bien qu'ils soient conçus pour mesurer la pollution, ils peuvent néanmoins être influencés par d'autres facteurs environnementaux, comme la nature du substrat, la végétation, etc... (TUFFERY & VERNEAUX, 1968).

2. 2. 1. 2. 1. Indices biotiques

Basés sur la méthode établie par WOODIWISS (1964, in HAWKES, 1979), les différents indices biotiques prennent en considération le nombre d'unités systématiques présentes dans l'échantillon (mesure de la diversité) et la présence ou l'absence de certains Invertébrés classés par ordre de polluosensibilité décroissante.

Le niveau d'identification requis est prédéterminé : il s'agit du genre, de la famille ou même de niveaux taxonomiques supérieurs, selon les difficultés. Ces indices biotiques ne tiennent pas compte des abondances relatives ou absolues des différentes espèces.

Vu son usage généralisé en Europe occidentale, notre choix s'est porté vers l'Indice Biotique de TUFFERY & VERNEAUX (1968), bien que notre méthode de prélèvement ne soit pas celle préconisée par les auteurs. L'indice obtenu devrait en effet malgré cette différence permettre de comparer les stations entre elles.

2. 2. 1. 2. 2. Score System de CHANDLER (1970)

Le principe de cet indice est fort différent de celui des indices biotiques. Chaque taxon se voit attribuer un score qui est fonction de sa sensibilité à la pollution organique et de son abondance. Le score de l'échantillon s'obtient en sommant les scores des taxons individuels.

Pour chaque taxon, le score system prend donc également en considération l'abondance des organismes, ce qui n'est pas le cas des indices biotiques.

Sa valeur peut théoriquement varier de zéro à l'infini.

Plus encore que les indices biotiques, qui présentent une certaine inertie et dont la valeur atteint rapidement un plafond, le score de CHANDLER est

fonction de la taille des échantillons.

C'est pourquoi, dans un souci de standardisation, nous avons rapporté les nombres d'individus de chaque taxon à un échantillon de 10 pierres, soit en sommant les demi-échantillons, soit en les multipliant par 2 (radier à Bryophytes de Ham - cf. tableau 12). Nous avons également réalisé une légère modification au tableau original en attribuant à toutes les espèces d'Amphipodes le score correspondant au genre *Gammarus*.

2. 2. 2. Analyses multivariées

Contrairement aux indices, les analyses multivariées ne cherchent pas à résumer l'information contenue dans le tableau de départ par un chiffre unique, mais à traiter l'ensemble de l'information pour en restituer la partie principale, généralement exprimée sous forme de graphique.

Nous avons utilisé l'Analyse en Composantes principales (ACP) et la classification hiérarchique (Cluster Analysis) par la méthode de WARD, méthodes fondamentalement différentes, mais, selon DEPIEREUX & al. (1983), complémentaires l'une de l'autre.

Nous ne nous attarderons pas sur les principes de ces méthodes, relativement complexes et largement décrits dans la littérature (cf. par exemple HARTMAN, (1967); EVERITT, (1974); DAGNELIE (1975); WISHART (1978); LEGENDRE & LEGENDRE (1979)).

L'objectif de l'ACP est d'exprimer la plus grande partie possible de l'information associée au tableau de départ dans un nouvel espace de dimensions réduites (DEPIEREUX, 1982). Dans ce nouvel espace, l'axe dit majeur est orienté dans la direction de la plus grande variance et les axes de rang inférieur dans les directions des plus grandes variances

successives orthogonales à l'axe majeur.

D'ordinaire, l'essentiel de l'information se retrouve dans l'espace des deux premières composantes principales (axes majeur et secondaire).

Selon DEPIEREUX & al. (1983), les stations et les différents taxons devraient alors affecter une disposition curvilinéaire se traduisant par un croissant dans le plan des deux premières composantes principales, ce qui peut s'expliquer au point de vue écologique par la disposition des espèces et des stations selon un gradient écologique, ce qui est généralement le cas. On peut alors visualiser l'évolution de la structure des peuplements en réalisant une succession d'histogrammes d'abondance, les échantillons et taxons ayant au préalable été reclassés selon leur position au sein du gradient (DEPIEREUX & al. 1983; DEPIEREUX & FEYTMANS, 1985).

Les classifications hiérarchiques quant à elles génèrent des dendrogrammes qui regroupent ou divisent successivement les données selon leurs similitudes. La méthode de WARD que nous avons utilisée est une méthode par fusion utilisant comme mesure de similarité la distance euclidienne qui sépare les objets (WISHART, 1978).

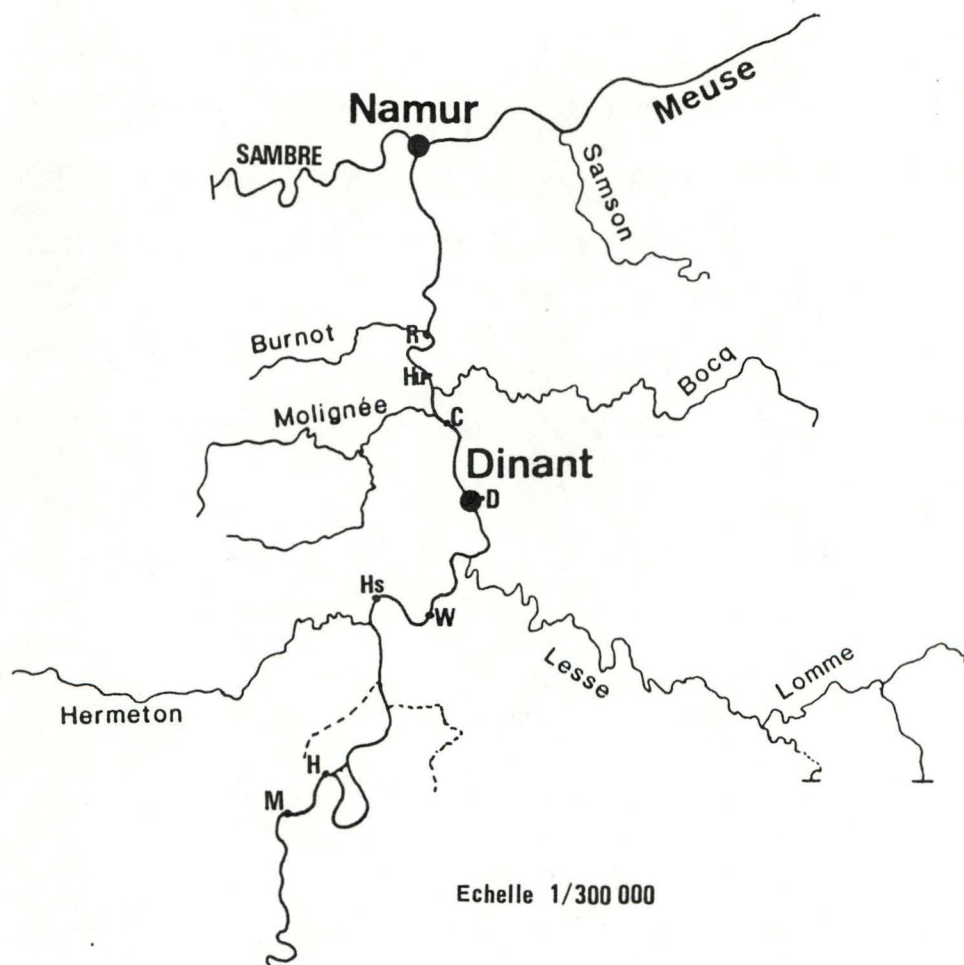
Dans le but de normaliser les données et de diminuer la variabilité aléatoire inhérente aux données écologiques, nous avons procédé comme il est d'usage à une transformation logarithmique de la matrice de départ tant pour l'ACP que pour la classification hiérarchique.

Dans le cas de l'ACP, nous avons procédé à une standardisation suivant les espèces.

Pour l'ACP, nous présentons de manière graphique la position des espèces et des échantillons dans le plan des deux premières composantes et dans le cas du classement hiérarchique nous présentons les similarités entre échantillons sous la forme d'un dendrogramme.

Tous nos calculs ont été réalisés sur un ordinateur VAX de Digital.

Pour la réalisation du classement hiérarchique, nous avons utilisé un logiciel CLUSTAN (WISHART, 1978) et pour l'ACP des routines créées en APL par E. DEPIEREUX.



M = Montigny
 H = Ham
 Hs = Hastière
 W = Waulsort

D = Dinant
 C = Champalle
 Hu = Hun
 R = Rivière

Fig.10 Sites des prélèvements réalisés en Haute Meuse en Septembre-Octobre 1986

2. 3. DESCRIPTION DES STATIONS DE PRELEVEMENT

Comme signalé plus haut, nous avons échantillonné 7 radiers de barrage de la Haute Meuse répartis entre Ham-sur-Meuse (France) et Rivière (fig. 10). Dans un but de comparaison, nous avons également échantillonné 2 zones lotiques pierreuses situées en dehors des radiers. Nous avons également effectué des prélèvements qualitatifs beaucoup plus sommaires dans d'autres stations, dont un huitième radier, celui de Montigny en France. Ces différentes stations sont brièvement décrites ci-dessous, d'amont vers l'aval.

Les dates et les caractéristiques des prélèvements semi-quantitatifs sont reprises plus haut (tableau 12).

1. MONTIGNY (France) : radier (M)

Sur le radier de barrage de Montigny (M), nous avons uniquement réalisé des prélèvements qualitatifs, au voisinage immédiat des rives gauches et droites, le 23/9/1986. La plupart des pierres, surtout celles de la rive droite, présenteraient une couverture assez importante de l'algue filamenteuse *Cladophora glomerata*.

2. HAM (France) : radier à *Bryophytes* (Hb) (fig.11)

A Ham, la Meuse se divise en deux bras de part et d'autre d'une île. Les pierres du radier du bras gauche du fleuve sont recouvertes de Bryophytes du genre *Cinclidotus*. En conséquence nous l'avons dénommé radier à Bryophytes. Comme déjà signalé plus haut, un seul

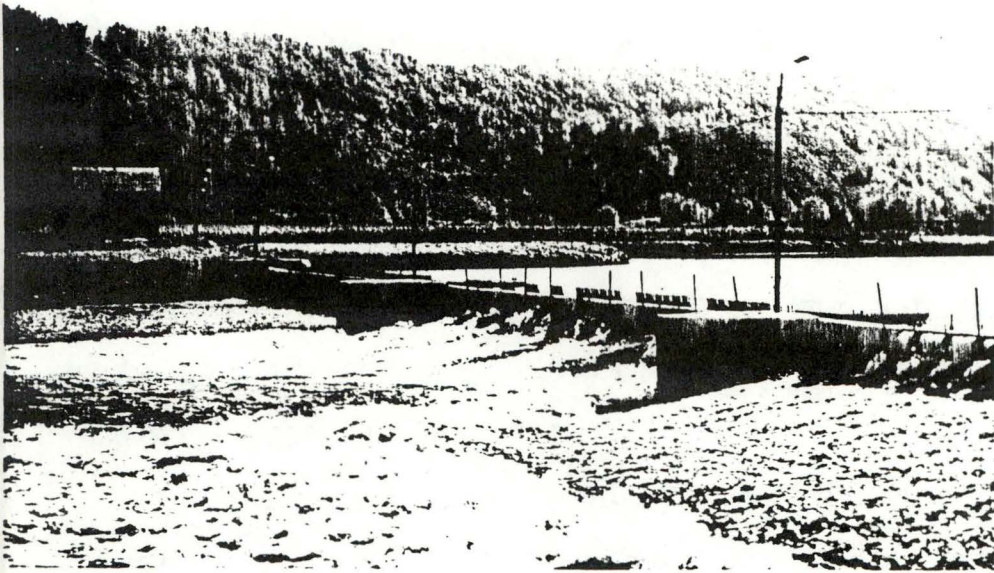


Fig.11 Vue générale du radier à Bryophytes de Ham

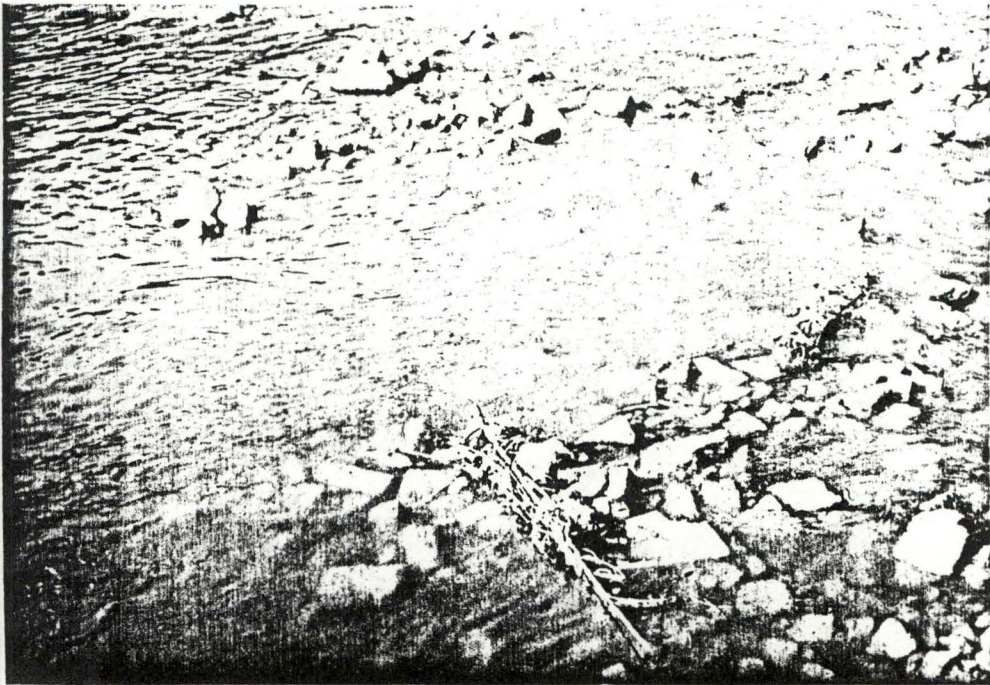


Fig.12 Vue rapprochée du radier de Dinant

demi-échantillon de 5 pierres a pu être prélevé sur ce radier, au voisinage de la rive gauche, à la faveur d'une légère baisse des eaux provoquée pour effectuer quelques travaux au barrage.

3. HAM (France) : radier à *Cladophora* (H)

Les pierres du radier de droite, plus étroit que le radier à Bryophytes sont recouvertes d'une couverture luxuriante de *Cladophora* (fig.9) et sont pratiquement dépourvues de mousses. Ils se situent dans une zone extrêmement lotique. Nous y avons échantillonné sur le côté droit comme dans les raders décrits ci-après.

4. HASTIERE : radier (Hs)

Le radier d'Hastière est partiellement bétonné et présente un relief assez irrégulier : zones planes entièrement bétonnées, trous immenses partiellement comblés par d'énormes blocs, amoncellements de pierres de taille moyenne. La végétation, essentiellement composée de *Cladophora* y était peu abondante au moment des prélèvements. Hormis nos prélèvements semi-quantitatifs, nous y avons réalisé des prélèvements à vue le long de la rive droite, de 15 à 30 m en aval du barrage.

5. HASTIERE : Haut-fond (Hs. h.f)

Un petit nombre d'invertébrés ont été recueillis par recherche active uniquement, le 15/9/1986, sur le haut-fond situé entre la rive droite de la Meuse et l'île d'Hastière. Le fond de cette zone plutôt lentique est vaseux à sablonneux avec des pierres éparses, localement plus abondantes.

6. WAULSORT : radier (W)

La partie située en aval immédiat du barrage de Waulsort a été uniformément bétonnée. Aussi nos prélèvements ont-ils été réalisés à la limite aval du radier dans des zones relativement lotiques en grande partie colonisées par *Cladophora*.

7. WAULSORT : zone lotique (W.z.p.)

Quelque 200-300 mètres en aval du barrage de Waulsort se trouve une zone lotique peu profonde accessible au moment du chômage dont le fond est couvert de grosses pierres pratiquement dépourvues de *Cladophora*. Hormis nos prélèvements semi-quantitatifs nous y avons également réalisé des récoltes à vue sur les rives jouxtant cette zone.

8. DINANT : rives (D.r.)

Un petit nombre d'organismes ont été récoltés à vue le 19/9/1986 parmi les pierres et la vase de la rive droite, à Dinant, en aval immédiat des égouts. Nous n'y avons observé ni Algues macroscopiques ni Bryophytes.

9. DINANT : radier (D) (fig.12)

Le niveau des eaux sur le radier de Dinant étant élevé au moment des prélèvements, la plupart des pierres de nos échantillons ont été prélevées assez près de la rive droite. Ce radier non bétonné présente un relief homogène. Les pierres prélevées étaient à peu près dépourvues de végétation.

10. CHAMPALLE : zone lotique (C)

A Champalle, nous avons échantillonné sur une plage pierreuse rendue accessible par le chômage technique. Les pierres de cette zone modérément lotique étaient dénuées de végétation et étaient recouvertes d'une pellicule de boue. Hormis nos prélèvements semi-quantitatifs, nous y avons également récolté à vue quelques organismes le long de la rive droite.

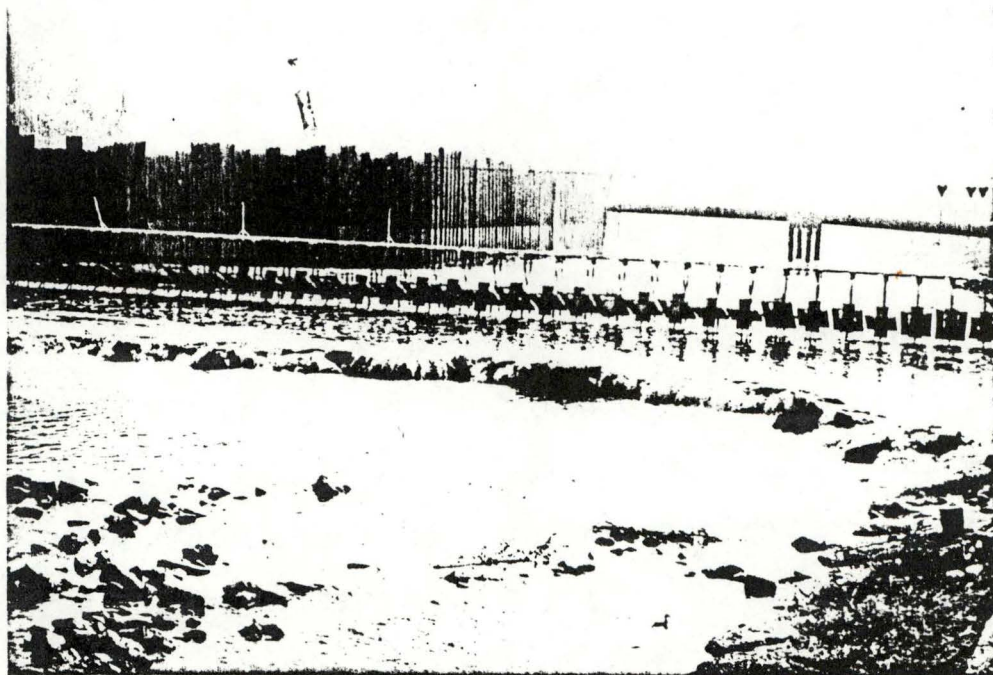


Fig.13 Vue générale du radier de Rivière (les palplanches métalliques situées en arrière-plan permettent des travaux en amont du barrage)

11. HUN : radier (Hu)

Bien que le radier de Hun fût en grande partie bétonné, nous avons pu y trouver suffisamment de pierres dans une zone non bétonnée adjacente à la rive droite, et dans des trous de la partie bétonnée. *Cladophora glomerata* y était assez abondante et nous avons également remarqué la présence de quelques Bryophytes clairsemés ainsi que la grande Rhodophycée *Thorea ramosissima*.

12. RIVIERE : radier (R) (fig. 13)

Au moment des prélèvements, le radier de Rivière présentait des zones profondes et des amoncellements de blocs complètement exondés par le chômage technique. Dans le secteur que nous avons prospecté, situé à une petite centaine de mètres en aval du barrage, certaines parties étaient très lotiques, d'autres franchement lenticues vu l'irrégularité du fond. Les pierres n'y portaient qu'une maigre couverture algale.

III RESULTATS

3. 1. Inventaire faunistique

Dans l'ensemble des stations investiguées, 86 taxons ont pu être recensés au cours de notre campagne de septembre-octobre 1986. La liste de ces taxons est reprise dans le tableau 14, accompagnés dans chaque cas des stations où ils ont été récoltés. Les ouvrages utilisés et, le cas échéant, la personne responsable de l'identification sont également mentionnés.

La nomenclature utilisée est celle des faunes les plus récentes utilisées et dans certains cas, nous avons jugé nécessaire de noter les principales synonymies.

TABLEAU 14 : Inventaire faunistique des Invertébrés récoltés dans la Haute Meuse en septembre 1986

PORIFERA

- RASMONT (19..); VAN SOEST (1976)

1. *Spongilla lacustris* (L., 1759) (*1)

Montigny (radier de barrage) : une petite colonie d'une quinzaine de millimètres.

HYDROZOA

- ENGELHARDT (1974); TACHET & al.(1980); OOSTERBAAN (1985)

2. *Cordylophora caspia* (PALLAS, 1771)

Montigny (r. b.) : une petite colonie, Waulsort (r. b.) : un fragment déterminé sans certitude.

TRICLADIDA

- T. B. REYNOLDSON (1978); PATTEE & al. (1981)

3. *Dugesia tigrina* (GIRARD, 1850)

Montigny (r. b.), Ham (r. b. à *Cladophora*), Hastière (r. b.) Waulsort (r. b. et zone lotique pierreuse), Dinant (r. b.), Champalle (z. p.), Hun (r. b.)

4. *Dugesia* cf. *polychroa* (SCHMIDT, 1861) (* 2)

Montigny (r. b.), Hastière (r. b.), Waulsort (r. b. et z. p.)
Dinant (r. b.), Champalle (z. p.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)

5. *Dugesia* cf. *lugubris* (SCHMIDT, 1861) (* 2)

Hun (r. b.), Rivière (r. b.)

6. *Polycelis* cf. *tenuis* IJIMA, 1884 (* 2)

Hastière (r. b.) Waulsort (z. p.), Hun (r. b.)

7. *Dendrocœlum lacteum* (MÜLLER, 1774)

Ham (rives empierrées 10 à 20 m en aval du radier à *Cladophora*)
Hastière (rives empierrées 15 à 30 m en aval du r. b.), Champalle (z. p.)

NEMATODA

8. sp. 1

Ham (r. b.) : parasite d'une larve de Chironominæ

9. sp. 2

Champalle (z. p.) : un exemplaire libre

BRYOZOA

- MUNDY (1980)

10. *Plumatella emarginata* ALLMAN, 1844 (* 3)

Ham (r. b. à *Cladophora*), Dinant (r. b.), Champalle (z. p.), Hun (r. b.),
Rivière (r. b.)

11. *Cristatella mucedo* CUVIER, 1798

Hastière (r. b.) : 2 colonies

OLYGOCHÆTA

LAFONT (1983)

12. Lumbricidæ n. dét.

Ham (rives empierrées 10 à 20 m en aval du r. b. à *Cladophora*), Hun (r.b.)

13. Lumbriculidæ n. dét.

Ham (r. b. à Bryophytes et r. b. à *Cladophora*), Waulsort (r. b. et z. p.), Champalle (z. p.), Rivière (r. b.)

14. Tubificidæ n. dét.

Ham (r. b. à *Cladophora*), Hastière (r. b.), Waulsort (r. b. et z. p.), Dinant (r. b.), Champalle (z. p.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)

15. Naididæ n.dét.

Champalle (z. p.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)

HIRUDINEA

- MANN (1964), DRESSCHER & HIGLER (1982)

16. *Glossiphonia complanata* (L., 1758)

Ham (r. b. à *Cladophora*), Hastière (r. b. et rives empierrées 15-30 m en aval du barrage), Dinant (r. b. et rives en aval des égouts, Hun (r. b.), Rivière (r. b.).

17. *Glossiphonia* cf. *heteroclita* (L., 1758)

Waulsort (r. b.)

18. *Erpobdella* cf. *octoculata* (L., 1758)

Ham (r. b. à *Cladophora*), Hastière (r. b.), Waulsort (r. b. et z. p.), Champalle (z. p.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)

MOLLUSCA

- CHEMIN (1926), GERMAIN (1930), ADAM (1960), Mc MILLAN (1968),
MACAN 1969, GRAHAM (1971), ELLIS (1978), PIECHOCKI (1979),
DEVRIES & WARMOES (1985)

19. *Unio pictorum* (L., 1758)

Hastière (bras de l'île)

20. *Unio crassus* PHILIPSON, 1788

syn. : *Unio batavus* (LAMARCK, 1819)

Hastière (bras de l'île)

21. *Anodonta anatina* (L., 1758)

Hastière (rives empierrées 15-30 m en aval du r. b.; bras de l'île)

Waulsort (rives empierrées), Dinant (rives empierrées en aval des
égouts)

22. *Pseudoanodonta complanata* (ROSSMASSLER, 1835)

syn. : *Pseudoanodonta elongata* (HOLANDRE, 1836)

Hastière (bras de l'île)

23. *Pisidium supinum* SCHMIDT, 1851

VAN GOETHEM et SABLON vérif.

Ham (r. b.), Hastière (bras de l'île d'), Waulsort (r. b. et z. p.)

24. *Pisidium henslowanum* (SHEPPARD, 1823)

VAN GOETHEM et SABLON vérif.

Ham (r. b.), Waulsort (z. p.)

25. *Pisidium subtruncatum* MALN, 1855

VAN GOETHEM et SABLON dét.

Waulsort (z. p.)

26. *Sphaerium* spp. (* 4)
 Montigny (r. b.), Ham (r. b. à Bryophytes et r. b. à *Cladophora*)
 Waulsort (r. b. et z. p.), Dinant (r. b.), Champalle (z. p.), Rivière (r. b.)
27. *Dreissena polymorpha* (PALLAS, 1771)
 Montigny (r. b.), Hastière (r. b. et bras de l'île), Dinant (r. b.), Champalle
 (z. p.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)
28. *Theodoxus fluviatilis* (L., 1758)
 syn. : *Neritina fluviatilis* (L., 1758)
 Ham (r. b.), Waulsort (r. b. et z. p.)
29. *Viviparus* cf. *viviparus* (L., 1758)
 VAN GOETHEM et SABLON vérif.
 Ham (r. b. à *Cladophora*) : exemplaires juvéniles d'environ 5 mm
30. *Lithoglyphus naticoides* (C. PFEIFFER, 1828)
 Hastière (bras de l'île), Waulsort (r. b.)
31. *Bithynia tentaculata* (L., 1758)
 Montigny (r. b.), Ham (r. b. à *Cladophora* et r. b. à Bryophytes)
 Hastière (r. b.), Waulsort (r. b. et z. p.), Dinant (r. b. et aval des égouts),
 Champalle (z. p.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)
32. *Bithynia leachi* (SHEPPARD, 1823)
 Waulsort (r. b.)
33. *Ancylus fluviatilis* MÜLLER, 1774)
 syn. : *Ancylastrum fluviatile* (MÜLLER, 1774)
 Ham (r. b. à *Cladophora*), Hastière (r. b.), Waulsort (r. b. et z. p.), Dinant
 (r. b.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)
34. *Acroloxus lacustris* (L., 1758)
 Dinant (r. b.), Hun (r. b.)

35. *Physa acuta* DRAPARNAUD, 1805

Waulsort (r. b.)

36. *Lymnæa peregra*(MÜLLER, 1774) forma *ovata*(DRAPARNAUD, 1805)

VAN GOETHEM et SABLON dét.

Hun (r. b.)

CRUSTACEA

- BOUVIER (1940), LAURENT (1960), GLEDHILL & al. (1976), LINCOLN(1979),
HUWAE (1977), PETRE-STROOBANTS (1981, 1982), WOUTERS (1985),
GERARD (1986), HOLTHUIS & al. (1986), PINKSTER &
PLATVOET (1986)

37. *Echinogammarus berilloni* (CATTÀ, 1878)

Montigny (r. b.), Ham (r. b. à Bryophytes et r. b. à *Cladophora*), Hastière
(r. b. et bras de l'île), Waulsort (r. b. et z. p.), Dinant (r. b. et rives
empierrées en aval des égouts), Champalle (z. p.), Hun (r. b.), Rivière (r.
b.)

38. *Gammarus pulex pulex* (L., 1758) (* 5)

Montigny (r. b.), Ham (r. b. à Bryophytes et r. b. à *Cladophora*), Waulsort
(r. b. et z. p.), Dinant (r. b. et rives empierrées à la sortie des égouts),
Champalle (z. p.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)

39. *Orchestia cavimana* HELLER, 1865

syn. : *Orchestia bottæ* STEBBING, 1906

Ham (rives empierrées 10 à 20 m en aval du r. b. à *Cladophora*),
Hastière (rives empierrées 15 à 30 m en aval du barrage, Waulsort
(rives empierrées 15 à 30 m en aval du barrage), Dinant (r. b. et rives
empierrées en aval des égouts), Champalle (z. p.), Hun (r. b.)

40. *Corophium curvispinum* SARS, 1895
 syn. : *Corophium devium* WUNDSCH, 1912
 Montigny (r. b.), Ham (r. b. à Bryophytes et r. b. à *Cladophora*), Hastière (r. b.), Waulsort (r. b. et z. p.), Dinant (r. b.), Champalle (z. p.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)
41. *Asellus aquaticus* (L., 1758) (* 6)
 Montigny (r. b.), Ham (10 m en aval de r.b. à *Cladophora*), Hastière (r. b.), Waulsort (r. b. et z. p.), Dinant (r. B.), Champalle (z. p.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)
42. *Proasellus meridianus* (RACOVITZA, 1919) (* 6)
 syn. : *Asellus meridianus* RACOVITZA, 1919
 Montigny (r. b.), Ham (r. b. à *Cladophora*), Hastière (r. b.) Waulsort (r. b. et z. p.), Dinant (r. b.), Champalle (z. p.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)
43. *Orconectes limosus* (RAFINESQUE, 1817)
 syn. : *Cambarus affinis* (SAY, 1817)
 Hastière (rives empierrées 15 à 30 m en aval du barrage, bras de l'île), Waulsort (z. p. et rives empierrées 10 à 20 m en aval de r.b.), Dinant (rives empierrées en aval des égouts), Champalle (z. p.)

ARACHNIDA

44. Hydracarina n. dét.
 Hastière (r. b.), Waulsort (z. p.)

INSECTA EPHEMEROPTERA

- PH. STROOT et A.W. MOL dét.

45. *Heptagenia sulphurea* (MÜLLER, 1776)
 Montigny (r. b. rive droite), Ham (r. b. à Bryophytes et r. b. à *Cladophora*)
 Hastière (r. b.), Waulsort (r. b. et z. p.), Dinant (r. b.), Hun (r. b.),
 Rivière (r. b.)
46. *Epeorus sylvicola* (PICTET, 1884)
 Ham (r. b. à *Cladophora*)
47. *Ephemera danica* MÜLLER, 1764
 Hastière (rives empierrées 15 à 30 m en aval du r. b.), Waulsort (rives
 empierrées 15 à 30 m en aval de r. b.), Dinant (rives empierrées en aval
 des égouts)
48. *Cænis macrura* (STEPHENS, 1834)
 Hastière (r. b. à *Cladophora*), Champalle (z. p.), Hun (r. b.)
49. *Bætis vardarensis* IKONOMOV, 1962
 HAM (r. b. *Cladophora*), Hastière (r. b.), Waulsort (r. b.)
50. *Bætis fuscatus* (L., 1761)
 Ham (r. b. à *Cladophora*), Hastière (r. b.)
51. *Bætis vernus* CURTIS, 1834
 HAM (R. B. à *Cladophora*)
52. *Bætis rhodani* (PICTET, 1884)
 Ham (r. b. à *Cladophora*), Waulsort (r. b.), Hun (r. b.)

PLECOPTERA

- HYNES (1967), ILLIES (1955)

53. *Leuctra* cf. *fusca* L. (* 7)
 Waulsort (r. b.), Hun, Rivière (r. b.)

54. *Perla marginata*, PANZER, 1799

Ham (r. b. à *Cladophora*)

ODONATA

- AGUESSE (1968), MARLIER (1978)

55. *Platycnemis* sp. (* 8)

Waulsort (rives empierrées 10 à 20 m en aval du r. b.)

HETEROPTERA

- POISSON (1957), T. T. MACAN (1965), DETHIER (1985)

56. *Apheilocheirus aestivalis* (FABRICIUS, 1794)

Montigny (r. b. rive droite), Ham (r. b. à *Cladophora*), Champalle (r.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)

MEGALOPTERA

- PH. STROOT dét.; ELLIOT (1977), ELLIOT & al. (1979),
DETHIER & HAENNI (1986);

57. *Sialis nigripes* Ed. PICTET, 1865

Hastière (bras de l'île et rives empierrées 15 à 30 m en aval du barrage), Dinant (rives empierrées en aval des égouts).

58. *Sialis* cf. *fuliginosa* F. PICTET, 1836

Waulsort (rives empierrées, 10 à 20 m en aval du barrage)

59. *Sialis lutaria* (L., 1758)

Hastière (bras de l'île)

TRICOPTERA

- PH. STROOT dét.

60. *Rhyacophila* cf. *dorsalis* (CURTIS, 1834)

Montigny (r. b.), Ham (r. b. à Bryophytes et r. b. à *Cladophora*), Hastière (r. b.), Hun (r. b.)

61. *Hydropsyche contubernalis* Mc LACHLAN, 1865
 Montigny (r. b. rive gauche et droite), Ham (r. b. à Bryophytes et r. b. à *Cladophora*), Hastière (r. b.), Waulsort, (r. b. et r.), Dinant (r. b.), Champalle (z. p.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)
62. *Hydropsyche exocellata* DUFOUR, 1841
 Montigny (r. b. rive gauche et droite), Ham (r. b. à Bryophytes et r. b. à *Cladophora*), Waulsort (r. b. et r.), Dinant (r. b.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)
63. *Hydropsyche pellucidula* (CURTIS, 1834)
 Montigny (r. b. rive droite), Ham (r. b. à Bryophytes et r. b. à *Cladophora*), Waulsort (r. b. et r.), Dinant (r. b.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)
64. *Hydropsyche siltalai* DÖHLER, 1963
 Montigny (r. b. rive droite), Ham (r. b. à Bryophytes et r. b. à *Cladophora*), Waulsort (r. b. et r.), Dinant (r. b.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)
65. *Cheumatopsyche lepida* (PICTET, 1834)
 Montigny (r. b. rive droite), Ham (r. b. à Bryophytes et r. b. à *Cladophora*), Waulsort (r. b.), Dinant (r. b.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)
66. *Neureclipsis bimaculata* (L. 1758)
 Ham (r. b. à *Cladophora*), Waulsort (r. b. et r.), Dinant (r. b.), Champalle (r.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)
67. *Polycentropus flavomaculatus* (PICTET, 1834)
 Montigny (r. b. rive gauche et droite), Ham (r. b. à *Cladophora*), Waulsort (r. b.), Dinant (r. b.)
68. *Cyrnus trimaculatus* (CURTIS, 1834)
 Montigny (r. b. rive gauche), Waulsort (r.)

69. *Psychomyia pusilla* (FABRICIUS, 1781)

Montigny (r. b. rive droite), Ham (r. b. à Bryophytes et r. b. à *Cladophora*), Hastière (r. b.), Waulsort (r. b. et z. p.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)

70. *Ecnomus tenellus* (RAMBUR, 1842)

Montigny (r. b. rive gauche), Waulsort (z. p.), Champalle (z. p.)

71. *Lepidostoma hirtum* (FABRICIUS, 1775)

Dinant (r. b.)

72. *Athripsodes* sp.

Waulsort (z. p.), Champalle (z. p.), Hun (r. b.)

73. *Ceraclea annulicornis* (STEPHENS, 1836)

Montigny (r. b. rive droite), Ham (r. b. à *Cladophora*), Hastière (r. b.), Waulsort (r. b. et r.), Dinant (r. b.), Champalle (z. p.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)

74. *Æcetis notata* (RAMBUR, 1842)

Waulsort (r. b. et z. p.), Dinant (r. b.), Champalle (z. n.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)

COLEOPTERA

HOLLAND (1972); RICHOUX (1982)

75. *Limnius* sp.

Ham (r. b.), Hun (r. b.) : larves et imagos

76. *Oulimnius* sp.

Champalle (z. p.) : 1 larve

77. *Elmis* spp.

Ham (r. b. à *Cladophora* et r. b. à Bryophytes), Hastière (r. b.), Waulsort (r. b. et z. p.) Dinant (r. b.), Champalle (r. b.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.) : larves et imagos

78. *Macronychus quadrituberculatus* P. W. J. MÜLLER, 1806

Hastière (r. b.) : 1 imago

79. *Gyrinidæ* n. dét.

Hastière (r. b.) : 1 larve

DIPTERA

BRYCE & HOBART (197.), THOMAS (1974), TACHET & al. (1980)

80. *Atherix ibis* (FABRICIUS, 1798)

Ham (r. b. à Bryophytes et r. b. à *Cladophora*), Hastière (r. b.), Waulsort (r. b.), Dinant (r. b. et rives empierrées en aval des égouts), Champalle (z. p.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)

81. *Hemerodromiinae* n. dét.

Ham (r. b. à Bryophytes et r. b. à *Cladophora*), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)

82. *Limoniidæ* n. dét.

Ham (r. b. à Bryophytes et r. b. à *Cladophora*), Hastière (r. b.), Waulsort (r. b. et z. p.), Dinant (r. b.), Champalle (z. p.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)

83. *Orthoclaadiinae* n. dét.

Ham (r. b. à Bryophytes et r. b. à *Cladophora*), Hastière (r. b.), Waulsort (r. b. et z. p.), Dinant (r. b.), Champalle (r.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)

84. *Chironominae* n. dét.

Ham (r. b. à Bryophytes et r. b. à *Cladophora*), Hastière (r. b.), Waulsort (r. b. et r.), Champalle (z. p.), Hun (z. p.), Rivière (r. b.)

85. *Tanypodinæ* n. dét.

Waulsort (z. p.), Champalle (z. p.), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)

86. *Simuliidæ* n. dét.

Ham (r. b. à Bryophytes et r. b. à *Cladophora*), Hun (r. b.), Rivière (r. b.)

(*1) Identification sur base de ses spicules montées dans du Naphrax après dissolution des parties molles à l' H_2O_2 .

(*2) Identification restée incertaine (espèces difficiles à identifier, matériel abîmé), malgré la compétence du Dr. PATTEE (Université CLAUDE BERNARD, Lyon).

(*3) Identification sur base des stacocystes.

(*4) Specimens pour la plupart juvéniles. Quelques exemplaires ont été identifiés au niveau spécifique par VAN GOETHEM & SABLON (IRSNB, Bruxelles); Ham (radier à Bryophytes) : *Sphærium corneum*, Dinant (radier) : *Sphærium corneum* et *Sphærium rivicola*.

(*5) Identification basée sur les individus de taille moyenne et grande.

(*6) Identification basée uniquement sur la pigmentation céphalique.

(*7) Identifications incertaines (ouvrages incomplets pour la faune belge).

Nombreuses espèces dans le bassin mosan (AUBERT, 1956).

(*8) Seule espèce du genre signalé de Belgique (CAMMAERTS, 1979) : *Platycnemis pennipes* (PALLAS, 1771).

Notre inventaire faunistique révèle la présence d'espèces qui n'avaient pas été signalées auparavant dans la Meuse ou qui du moins ne sont pas reprises dans les listes faunistiques que nous avons encore examinées (DAMAS, 1939a; WOUTERS, 1985; STROOT, 1985; MEURISSE-GENIN & al., 1987; MOL, 1987).

C'est ainsi qu'on signalera comme apparemment nouvelles pour la Haute Meuse *Cristatella mucedo*, *Lithoglyphus naticoïdes*, *Bithynia leachi*, *Baetis vardarensis* (connu en Belgique seulement de la Lhomme, de l'Ourthe et de l'Amblève (MÜLLER-LIEBENAU, 1980)), *Perla marginata* et *Macronychus quadrituberculatus*.

La rareté apparente d'espèces comme *Bithynia leachi* (2 exemplaires seulement ont été récoltés) ou *Macronychus quadrituberculatus* (1 seul exemplaire) peut expliquer leur absence de la liste faunistique de MEURISSE-GENIN & al. (1987).

L'extrême rareté dans la Meuse de *M. quadrituberculatus* s'explique peut-être par l'habitat particulier de sa larve qui est spécifiquement inféodée au bois submergé (YOUNG, 1954, in HYNES, 1970).

La larve d'*Æcetis notata* n'était pas encore signalée en Meuse mais l'adulte avait déjà été mentionné au bord de celle-ci à Champalle (STROOT, 1985) où nous avons trouvé sa larve en abondance. Les larves que nous avons récoltées étaient de très jeunes larves (2e stade) (STROOT, comm. pers.), ce qui explique qu'elles puissent avoir échappé à l'investigation réalisée les autres années à la même époque (MEURISSE-GENIN & al., 1987) : l'espèce pouvait alors être présente au stade œuf ou au stade larvaire 1, indécélable.

Deux espèces signalées autrefois en Meuse (DAMAS, 1939a) n'y ont plus été récoltées ultérieurement et sont également absentes de nos

prélèvements. Il s'agit du Bivalve *Anodonta cygnea* (L, 1758) et de Coléoptères du genre *Stenelmis*.

Il est en fait plus que probable que DAMAS ait confondu *A. cygnea* avec *A. anatina*, qu'il ne signale pas. Cette espèce est en effet très proche d'*A. cygnea* et est aujourd'hui très abondante dans le fleuve (PETIT, 1978).

MEURISSE-GENIN & al. (1987) et MOL (1987) signalent également dans les radiers de la Haute Meuse une série d'espèces que nous n'avons pas récoltées nous-même. MOL (1987) renseigne ainsi la présence des Epheméroptères *Ephemerella ignita* (PODA), *Ephemerella major* (KLAPALEK), *Ecdyonurus venosus* (FABRICIUS), *Cænis luctuosa* (BURMEISTER), *Cænis beskidensis* SOWA, *Clæon dipterum* (L.) et *Raptobætopus tenellus* (ALBARDA); MEURISSE-GENIN & al. (1987) signalent la Triclade *Dugesia gonocephala* (DUGES), les Hirudinées *Helobdella stagnalis* (L.) et *Piscicola geometra* (L.) du Bivalve *Unio tumidus* PHILIPPSON, du Gastéropode Prosobranchie *Potamopyrgus jenkinsi* SMITH, des Amphipodes *Gammarus fossarum* KOCH et *G. ræselii* (GERVAIS) des Plécoptères du genre *Nemoura*, des Odonates *Gomphus vulgatissimus* (L.), *Somatochlora metallica* VANDERLINDEN, *Calopteryx* spp. et *Cænagrion* spp., du Planipenne *Sisyra* sp., des Coléoptères *Riolus* spp., *Esolus* spp., *Normandia* spp., *Laccophilus* sp., *Platambus maculatus* L., Hydrophilidæ, Helodidæ, des Trichoptères Glossosomatidæ, *Hydroptila* spp., *Agraylea* sp., *Tinodes wæneri* (L.), *Oligoplectrum maculatum* (FOURCROY), *Micrasema setiferum* (PICTET), *Brachycentrus subnubilus* (CURTIS), *Halesus* spp. et *Ceraclea albimacula* (RAMBUR). Aucune de ces espèces

n'est renseignée comme commune par MEURISSE-GENIN & al., (1987) et PETIT (1978) précise que *Unio tumidus* est franchement rare.

Il est probable que le nombre de taxons plus important que le nôtre récolté par ces auteurs soit en grande partie attribuable à leurs prélèvements plus importants, plus diversifiés et plus espacés dans le temps. Ces auteurs ont en effet utilisé, outre le lavage de pierres, des substrats artificiels et ont réalisé des recherches actives plus importantes que les nôtres, ces prélèvements s'échelonnant entre 1980 et 1984 et se répartissant sur plusieurs périodes de l'année (en rapport avec le cycle de vie de certaines espèces, tous les organismes n'étant pas décelables toute l'année dans le milieu aquatique).

D'autres facteurs peuvent également expliquer cette baisse apparente de la diversité. Des prélèvements quantitatifs d'Unionidæ réalisés en dehors du cadre de ce travail ont montré que les Unionidæ du bras de l'île d'Hastière étaient nettement moins nombreux qu'en 1977 (données de PETIT, 1978).

Cette chute de l'abondance serait due au chômage technique hivernal de janvier 1986 qui aurait entraîné une mortalité importante de ces organismes ^(STROOT, comm. pers.). Ce chômage technique a peut-être également eu des répercussions sur la faune des radiers. Le bétonnage récent de la partie amont des radiers y est peut-être aussi pour quelque chose. Enfin la baisse des eaux occasionnée par le chômage technique fut plus faible qu'à l'ordinaire suite à une crue de la Meuse; c'est pourquoi certains secteurs des radiers supposés favorables demeurèrent inaccessibles.

On notera aussi qu'une série d'espèces absentes de nos prélèvements ont été signalées en Meuse en dehors des radiers (DE CLERCQ-VERSELE & al., 1982; KIRCHMANN & al., 1985; MEURISSE-GENIN & al, 1987).

Il n'est pas du tout exclu que certaines d'entre elles, comme *Heptagenia fuscogrisea*(RETZIUS), mentionnée par Mol (1987), soient un jour récoltées sur les radiers de barrage. Enfin, on signalera qu'une espèce connue en Belgique et en Meuse seulement depuis 1983, *Corophium curvispinum*, signalée pour la première fois par WOUTERS (1985) a été trouvé à presque toutes les stations. Nous verrons également plus loin que cette espèce est devenue localement extrêmement abondante.

	H.b.	H1a	H1b	H2a	H2b	Hs1a	Hs1b	Hs2a	Hs2b	W.r.1a	W.r.1b	W.r.2a	W.r.2b	W.z.p.1	W.z.p.2	W.z.p.3	D1	D2a	C1	C2	C3	Hu1a	Hu1b	Hu2a	Hu2b	R1a	R1b	R2a	R2b	
<i>D. tigrina</i>	0	1	3	2	3	18	3	5	3	13	99	34	67	20	33	37	14	3	1	122	161	254	7	25	27	4	7	2	7	24
<i>D. cf. polychroa</i>	0	0	0	0	0	1	6	1	0	36	9	7	13	0	5	1	8	2	2	0	0	3	1	1	5	3	13	0	8	4
<i>D. cf. lugubris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	6	0	0	3	2
<i>P. cf. tenuis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0
<i>D. lacteum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lumbricidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae	1	0	0	0	0	1	3	0	0	1	0	0	1	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Tubificidae	0	0	0	3	1	0	2	0	0	1	0	0	21	0	2	3	6	0	4	0	3	0	0	0	2	0	0	0	1	6
Naicidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>E. cf. 8-oculata</i>	0	2	0	0	1	0	1	0	0	4	3	3	0	1	0	1	4	3	0	0	5	1	0	0	0	1	2	1	0	1
<i>G. complanata</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	2	0	1	1	0	0	8	1	1	5
<i>G. cf. heteroclitia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. supinum</i>	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. henslowianum</i>	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. subtruncatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sphaerium</i> spp.	9	0	5	10	7	10	10	5	12	10	17	125	32	18	23	13	19	10	12	0	2	18	30	19	21	1	31	4	5	33
<i>D. polymorpha</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	3	2	3	13	13	24	11	9	12	2	3	5	3	37	57	61	55
<i>V. viviparus</i>	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>B. tentaculata</i>	1	1	1	3	6	3	4	2	4	37	67	36	58	64	62	84	10	5	17	2	0	0	16	7	18	2	84	25	18	46
<i>B. leachi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>L. naticoides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>T. fluviatilis</i>	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	6	9	7	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>A. fluviatilis</i>	0	13	9	49	8	0	0	2	1	7	4	2	3	1	2	0	4	1	10	0	0	6	13	21	10	8	17	7	13	
<i>Acr. lacustris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. acuta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>L. peregra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. berilloni</i>	8	32	66	128	89	2	8	4	9	3	15	30	2	2	0	1	12	2	2	4	4	9	10	5	4	22	20	33	5	67
<i>G. pulex</i>	0	0	0	6	1	5	6	1	2	1	3	7	3	1	0	0	6	2	4	9	19	44	14	40	3	12	4	3	0	14
<i>O. cavimana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	1	9	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>C. curvispinum</i>	4	1	2	9	10	2	8	3	2	171	68	84	155	13	44	80	25	4	21	1537	448	739	46	60	44	100	63	81	83	131
<i>A. aquaticus</i>	0	0	0	0	0	1	5	0	0	15	6	12	6	2	0	0	4	0	0	3	1	6	5	2	0	0	0	0	0	2
<i>P. meridianus</i>	0	3	0	0	0	0	3	0	1	1	7	5	2	0	2	1	1	1	5	0	3	0	1	1	1	0	2	1	0	5
<i>O. limosus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>A. aestivalis</i>	0	1	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
<i>H. sulphurea</i>	6	49	47	53	47	4	2	6	2	2	1	9	2	1	0	3	7	2	5	0	0	0	2	2	2	4	3	3	19	0
<i>E. sylvicola</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. macrura</i>	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>B. vardarensis</i>	0	1	2	1	0	3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>B. fuscatus</i>	0	6	18	23	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>B. vernus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>B. rhodani</i>	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0
<i>L. cf. fusca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>R. cf. dorsalis</i>	1	0	2	4	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>H. contubernalis</i>	744	370	602	1070	1060	308	164	193	337	174	136	456	262	72	102	55	81	55	59	13	14	13	229	88	135	198	34	55	49	73
<i>H. exocellata</i>	458	213	383	835	525	208	115	100	187	105	135	146	150	3	6	1	28	12	11	0	0	0	152	110	215	130	2	10	10	13
<i>H. pellucidula</i>	52	9	16	43	18	0	2	1	2	0	0	0	1	0	0	0	1	2	2	0	0	0	1	1	1	2	0	0	0	0
<i>H. siltalai</i>	507	91	150	385	186	10	12	8	12	7	2	8	16	0	2	0	2	0	2	0	0	0	49	19	21	25	0	1	0	1
<i>C. lepida</i>	18	11	25	31	10	0	0	1	1	0	3	3	4	0	0	0	30	11	10	0	0	0	8	0	4	8	1	5	3	4
<i>N. bimaculata</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	2	4	4	3	0	0	4	4	2	0	0	1	0	0	0	1	1
<i>P. flavomaculatus</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. trimaculatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. pusilla</i>	1	7	6	5	5	3	2	2	0	1	3	1	4	2	3	1	0	0	0	0	0	2	1	2	0	0	0	0	1	0
<i>E. tenellus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	10	1	14	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>L. hirtum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Athripsodes</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>C. annulicornis</i>	0	1	1	0	3	2	7	2	1	7	6	6	7	8	10	11	74	27	80	183	124	205	8	15	26	12	47	47	69	67
<i>O. notata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	12	18	14	0	0	1	68	19	61	1	0	0	4	0	1	0	1	
<i>Limnius</i> sp.	0	0	3	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Oulimnius</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Elmis</i> sp.	8	16	17	30	13	1	0	0	0	1	2	0	1	2	1	2														

TABLEAU 16 : ESTIMATION DES SURFACES ECHANTILLONNEES ET CARACTERISTIQUES BIOCOENOTIQUES DES STATIONS ET DES ECHANTILLONS.

(Demi-) Echantillons et stations	Surface échantillonnée (cm ² de sphères équivalentes)		Nombre d'espèces	Nombre d'individus	Densité (individus par 10 pierres)	Indice de Simpson	Indice de Shannon - Weaver	Equita- bilité	Indice biotique de Tuffery & Verneaux	Score system de Chandler
	$\frac{1}{2}$ échant.	Echant.								
HAM (radier à bryophytes)	6 360									
Station (*)	$\Sigma = 6\ 360$	$\bar{x} = 12\ 720$	20	2 140	4 280	0.765	1.68	0.552	7	623
HAM (radier à Cladophora)										
1a	2 101	) 5 590	27	988	) 2 496	0.769	1.91	0.552	9	1 229
1b	3 489	)	27	1 508)					
2a	6 286	) 11 829	33	2 974	) 5 227	0.746	1.82	0.497	10	1 499
2b	5 543	)	33	2 253)					
Station	$\Sigma = 17\ 419$	$\bar{x} = 8\ 750$	41	7 723	3 862	0.758	1.87	0.525	9.5	1 364
HASTIERE										
1a	5 421	) 11 519	21	694	) 1 130	0.730	1.78	0.533	8	976
1b	6 098	)	24	436)					
2a	4 439	) 11 342	20	374	) 1 025	0.647	1.47	0.467	8	913
2b	6 903	)	19	651)					
Station	$\Sigma = 22\ 861$	$\bar{x} = 11\ 431$	33	2 155	1 078	0.689	1.63	0.500	8	945
WAULSORT (radier)										
1a	4 912	) 12 225	26	691	) 1 345	0.862	2.31	0.673	9	1 095
1b	7 313	)	27	654)					
2a	4 045	) 9 302	26	1 041	) 1 954	0.812	2.16	0.624	9	1 112
2b	5 257	)	27	913)					
Station	$\Sigma = 21\ 527$	$\bar{x} = 10\ 764$	39	3 299	1 650	0.837	2.24	0.649	9	1 104
WAULSORT (zone pierreuse)										
1	-	11 823	22	283	283	0.848	2.23	0.720	7	831
2	-	9 344	24	385	385	0.863	2.27	0.706	7	902
3	-	12 829	27	461	461	0.849	2.21	0.669	8	959
Station	$\Sigma = 33\ 996$	$\bar{x} = 11\ 332$	35	1 129	376	0.854	2.24	0.698	7.3	897

DINANT (radier)										
1	-	8 813	29	425	425	0.906	2.72	0.809	8	1 048
2a	3 996	) 9 703	22	181	) 477	0.870	2.55	0.772	9	1 028
2b	5 707	)	25	296)					
Station	$\Sigma = 18 516$	$\bar{x} = 9 258$	32	902	451	0.888	2.64	0.791	8.5	1 038
CHAMPALLE (zone pierreuse)										
1	-	7 912	22	2 182	2 182	0.485	1.16	0.374	7	857
2	-	10 683	23	918	918	0.702	1.63	0.519	7	817
3	-	7 219	20	1 500	1 500	0.702	1.64	0.549	7	760
Station	$\Sigma = 25 814$	$\bar{x} = 8 605$	31	4 600	1 533	0.630	1.48	0.481	7	811
HAN (radier)										
1a	5 913	) 11 713	32	827	) 1 309	0.861	2.36	0.658	9	1 373
1b	5 800	)	27	482)					
2a	4 725	) 10 977	30	664	) 1 349	0.845	2.32	0.643	9	1 477
2b	6 252	)	29	685)					
Station	$\Sigma = 22 690$	$\bar{x} = 11 345$	46	2 658	1 329	0.853	2.34	0.651	9	1 425
RIVIERE (radier)										
1a	6 071	) 11 493	21	394	) 797	0.896	2.51	0.771	8	949
1b	5 422	)	24	403)					
2a	4 487	) 9 253	25	392	) 995	0.891	2.54	0.741	8	1 126
2b	4 766	)	23	603)					
Station	$\Sigma = 20 746$	$\bar{x} = 10 373$	35	1 792	896	0.894	2.53	0.756	8	1 036

(*) Les indices globaux des stations sont calculés à partir de la moyenne des indices de leurs échantillons.

3. 2. Etude semi-quantitative

Les nombres d'individus de chaque taxon sont repris pour chaque échantillon ou demi-échantillon dans le tableau 15.
















Les principales caractéristiques de ces derniers (surface échantillonnée, abondance des organismes, nombre d'espèces, indices) sont reprises au tableau 16. L'abondance globale des organismes et celle des taxons les plus communs sont traitées en premier lieu. L'évolution des indices de diversité et de pollution sont ensuite pris en considération et finalement les stations sont comparées d'une manière globale, notamment sur base d'analyses multivariées.

3. 2. 1. Abondance des organismes aux différentes stations

(fig. 14)

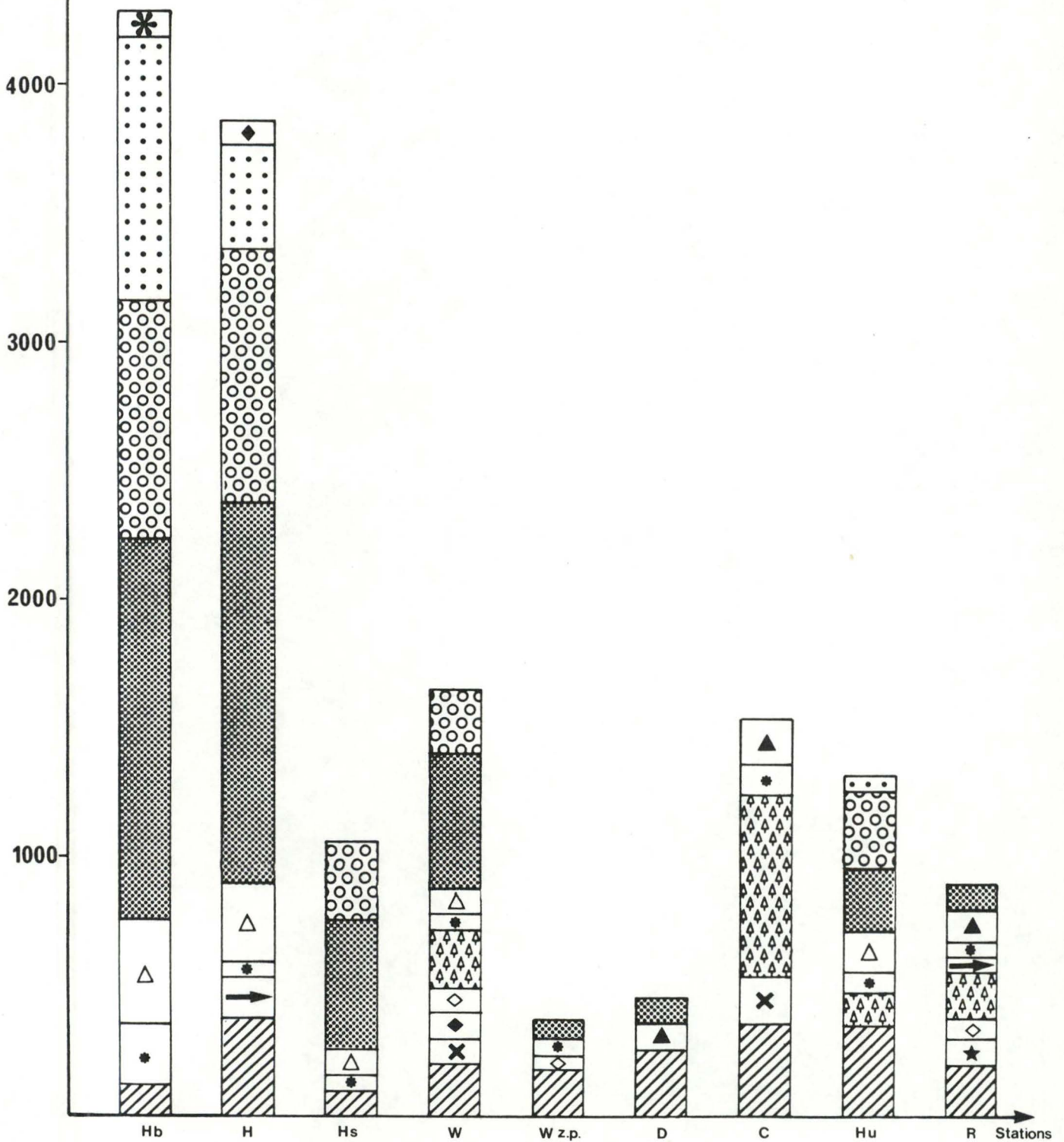
Les radiers de Ham sont de très loin les plus peuplés, comportant environ 4000 organismes/10 pierres. La plus grande densité du radier à Bryophytes n'est probablement qu'apparante, cette différence étant attribuable à la taille des pierres prélevées (1250 cm² de sphères équivalentes/échantillon), plus importante qu'au radier à *Cladophora* (875 cm² sph. éq/éch.).

Cette abondance globale chute drastiquement à Hastière où l'on ne rencontre plus qu'environ 1100 individus/10 pierres et s'accroît au radier de Waulsort où l'on trouve un peu plus de 1600 individus/10 pierres).

-  Heptagenia sulphurea
-  Hydropsyche pellucidula
-  Hydropsyche siltalaï
-  Hydropsyche exocellata
-  Hydropsyche contubernalis
-  Ceraclea annulicornis
-  Orthoclaadiinae
-  Chironominae
-  Echinogammarus berilloni
-  Corophium curvispinum
-  Bithynia tentaculata
-  Dreissena polymorpha
-  Sphaerium spp.
-  Dugesia tigrina
-  Autres

Abundance (individus / 10 pierres)

Fig.14 Histogramme de fréquence des Macroinvertébrés Benthiques récoltés dans différentes stations de la Haute Meuse en Septembre- Octobre 1986



Elle est par contre très faible (moins de 400 individus/10 pierres) à la zone pierreuse de Waulsort située à quelques centaines de mètres en aval du radier. Elle est également très faible à Dinant (environ 450 individus/10 pierres) et s'accroît à nouveau à Champalle (plus de 1500 individus/10 pierres) pour diminuer lentement ensuite : un peu plus de 1300 individus/10 pierres à Hun et environ 900 individus/10 pierres à Rivière.

Les radiers de Ham sont largement dominés par les Hydropsychidæ qui y représentent 80% des organismes et qui y comptent plus de 3000 individus/10 pierres, les trois espèces dominantes y étant *Hydropsyche siltalai*, *H. exocellata* et *H. contubernalis*; *H. pellucidula* est également commun sur le radier à Bryophytes. Les Chironomidæ, surtout les Orthocladiinæ y sont également bien représentées et *Heptagenia sulphurea* et *Echinogammarus berillonis* sont fréquents sur le radier à *Cladophora*.

A Hastière, les Hydropsychidæ représentent toujours près de 80% des organismes mais sont nettement moins nombreux (un peu plus de 800 individus/10 pierres) et *H. siltalai* y est peu fréquent. Les Orthocladiinæ et les Chironominæ y sont communs.

Au radier de Waulsort, les Hydropsychidæ représentent moins de 50% des organismes mais environ 800 individus/10 pierres. Les Orthocladiinæ et les Chironominæ y sont communs. D'autres taxons peu fréquents dans les stations amont y sont également communs : *Dugesia tigrina*, *Bithynia tentaculata*, *Sphærium* spp. et surtout *Corophium curvispinum* (240

individus/10 pierres et 15% des organismes).

A la zone pierreuse de Waulsort, les Hydropsychidæ surtout représentés par *H. contubernalis* ne représentent plus que 22% des organismes (80 individus/10 pierres).

Les Chironominæ et *Bithynia tentaculata* y sont assez communs.

A Dinant, les Hydropsychidæ, représentés essentiellement par *H. contubernalis* sont également peu abondants comparativement aux stations amont (34% des organismes et 150 individus/10 pierres). Par contre *Ceraclea annulicornis* peu fréquente plus en amont y est commune.

A Champalle, les Hydropsychidæ sont pratiquement absents (moins de 15 individus/10 pierres, tous des *H. contubernalis*).

Les Chironominæ, *Dugesia tigrina* et *Ceraclea annulicornis* y sont par contre communs.

Mais ce qui frappe surtout, c'est l'abondance de *C. curvispinum* (900 individus/10 pierres et près de 60% des organismes).

A Hun, les Hydropsychidæ, notamment *H. siltalai*, redeviennent communs (700 individus/10 pierres et 50% des organismes). Les Orthocladiinæ, les Chironominæ et *Corophium curvispinum* y sont également communs.

Enfin, à Rivière, les Hydropsychidæ représentés surtout par *H. contubernalis* sont peu nombreux (environ 130 individus/10 pierres) tandis que *Corophium curvispinum*, *Ceraclea annulicornis*, les Chironominæ, *Echinogammarus berilloni*, *Bithynia tentaculata* et *Dreissena polymorpha* y sont communs.

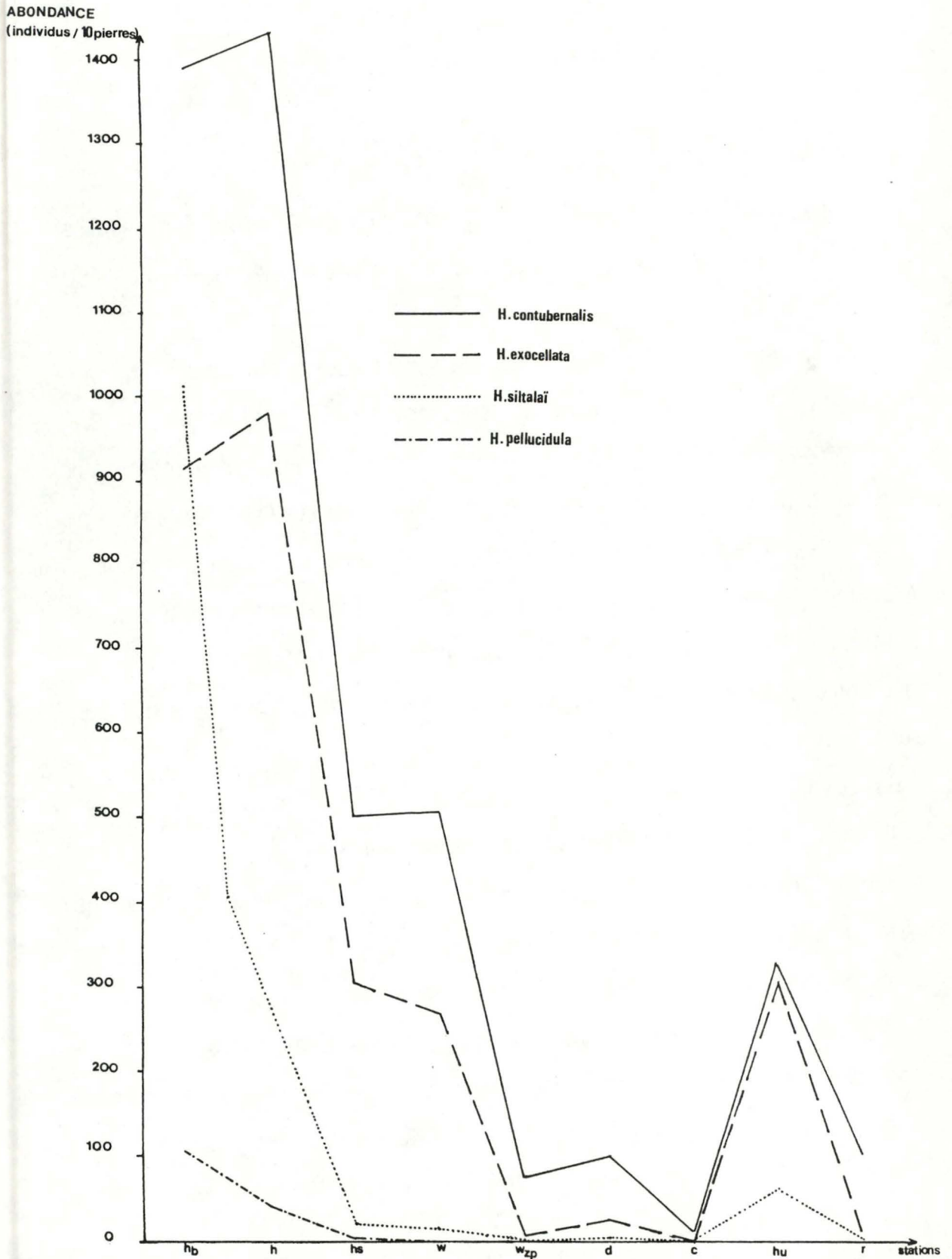


Fig.15 Evolution longitudinale de la fréquence des différentes espèces d'Hydropsyche dans la Haute Meuse en Septembre-Octobre 1986

En fait, on constate qu'on a deux stations "riches" (les radiers de Ham) où les Hydropsychidæ sont extrêmement abondants et des stations plus pauvres en aval. Les différentes espèces d'*Hydropsyche* (fig.15) voient leurs effectifs diminuer d'amont en aval avec une chute particulièrement nette à Champalle et une remontée passagère à Hun.

D'autres taxons, comme les Orthoclaadiinæ, suivent une évolution assez similaire à celle des Hydropsychidæ.

D'autres taxons comme *Corophium curvispinum*, *Ceraclea annulicornis*, *Bithynia tentaculata*, *Sphærium* spp., *Dreissena polymorpha* et *Dugesia tigrina* prennent en partie le relais de ces espèces sensibles dans les stations qui leur sont défavorables, ceux-ci, hormis *C. curvispinum*, ne devenant toutefois jamais très abondants.

L'abondance particulière des organismes à Ham est vraisemblablement liée à l'abondance de la végétation, les milieux riches en végétaux étant généralement plus peuplés que les substrats nus (PERCIVAL & WHITEHEAD, 1929, in HYNES, 1970).

Ces mêmes auteurs signalent que ces milieux sont particulièrement favorables aux Hydropsychidæ et aux Chironomidæ.

Le caractère très lotique du milieu favoriserait également les Hydropsychidæ et en particulier *H. siltalai*, très rhéophile selon HIGLER & TOLKAMP (1982), *Heptagenia sulphurea* considérée comme rhéophile par MACAN (1970) et les Orthoclaadiinæ considérés comme rhéophiles par MARECHAL (1979).

La diminution des organismes à Hastière pourrait être directement due à la pollution occasionnée par les industries de la région de Givet et par les rejets thermiques de la centrale de Chooz. Elle est probablement également liée à la relative rareté de la végétation, cette rareté étant probablement elle-même liée à la pollution (EMPAIN, 1977).

Le développement plus important de la végétation au radier de Waulsort expliquerait également la plus grande abondance des organismes à cette station.

La proportion importante de taxons modérément rhéophiles comme *Corophium curvispinum*, *Sphaerium* spp., *Bithynia tentaculata* et *Dugesia tigrina* est peut être en partie liée au fait que seule la partie en aval du radier a été prospectée. La rareté des organismes dans la zone pierreuse lotique de Waulsort s'expliquerait surtout par la quasi absence d'algues filamenteuses. Le caractère moins lotique du milieu défavoriserait également les Hydropsychidæ, Trichoptères rhéophiles (HICKIN, 1967), dominants dans les stations précédentes.

La rareté des organismes à Dinant serait également due à l'absence de végétation mais surtout à la pollution organique occasionnée par les eaux usées de la ville. En particulier, la rareté des Hydropsychidæ serait liée à l'abondance des particules en suspension susceptibles de colmater leurs filets (HIGLER & TOLKAMP, 1982). On remarquera que *H. contubernalis* semble mieux s'en accommoder que les autres espèces. Cette espèce est d'ailleurs la dernière à se maintenir dans des zones nettement plus polluées comme le Rhin inférieur (HIGLER & TOLKAMP, 1982; FRIEDRICH &

MÜller, 1984); elle est également la seule récoltée en Meuse en aval de Namur par MEURISSE-GENIN & al. (1987).

La fréquence de *Ceraclea annulicornis* à Dinant et à Champalle est peut être liée à l'envasement des pierres, l'espèce étant surtout fréquente dans les milieux lentiques (HICKIN, 1967), où les dépôts de vase sont souvent importants. L'extrême abondance de *Corophium curvispinum* à Champalle a sans doute la même origine (voir plus loin).

La fréquence de *Dugesia tigrina* à Champalle s'explique peut être par une prédation sur *Corophium curvispinum*. *D. tigrina* est en effet carnivore comme toutes les planaires et pourrait trouver en *C. curvispinum* une proie plus appréciée que les Gastéropodes pour lesquels elle aurait habituellement une préférence (VAN DER VELDE, 1975). La quasi absence des Hydropsychidæ à Champalle est plus que vraisemblablement attribuable au caractère lentique du milieu.

Leur plus grande abondance au radier de Hun et celle des Orthocladiinæ serait liée à l'abondance des *Cladophora*, au caractère assez lotique du milieu et à une qualité des eaux relativement bonne, ou du moins meilleure qu'à Dinant.

Le caractère plus lentique du secteur prospecté du radier de Rivière au contraire, limiterait leur importance au détriment d'espèces plus limnophiles comme *Ceraclea annulicornis*, *Corophium curvispinum*, *Bithynia tentaculata* et *Dreissena polymorpha*.

En conclusion, il semble donc y avoir une diminution de l'abondance des organismes d'amont en aval, les espèces rhéophiles se raréfiant progressivement, cette raréfaction n'étant que partiellement compensée par un accroissement des effectifs des espèces les plus limnophiles. Les radiers de Ham seraient donc les biotopes prospectés les plus favorables vu l'abondance des organismes en général et en particulier des taxons rhéophiles. Les biocœnoses de Dinant souffriraient plus que toutes autres de la pollution. La nature des peuplements des zones pierreuses de Waulsort et de Champalle, et le radier de Rivière serait au moins en partie imputable au caractère assez lentique du milieu.

3. 2. 2. Note sur l'expansion de *Corophium curvispinum*

Vu l'extraordinaire et récent succès de *Corophium curvispinum* dans la Meuse, il nous semble opportun de préciser l'historique de son expansion en Europe, ainsi que son écologie.

Originnaire des bords de la Mer Noire, cette espèce a considérablement étendu son aire de répartition au cours de ce siècle. En 1912, elle est signalée à Berlin par WUNDSCH qui la décrit comme un espèce nouvelle, *Corophium devium*, (JAZDZEWSKI, 1980). Au cours des années 20 et du début des années 30, l'espèce a colonisé un grand nombre de cours d'eau d'Europe de l'Est comme l'Oder, la Vistule, l'Elbe et le Neman, ainsi que les parties oligohalines de la Baltique (JAZDZEWSKI, 1980). L'espèce a alors étendu son aire de répartition à la Grande-Bretagne au cours des années 30

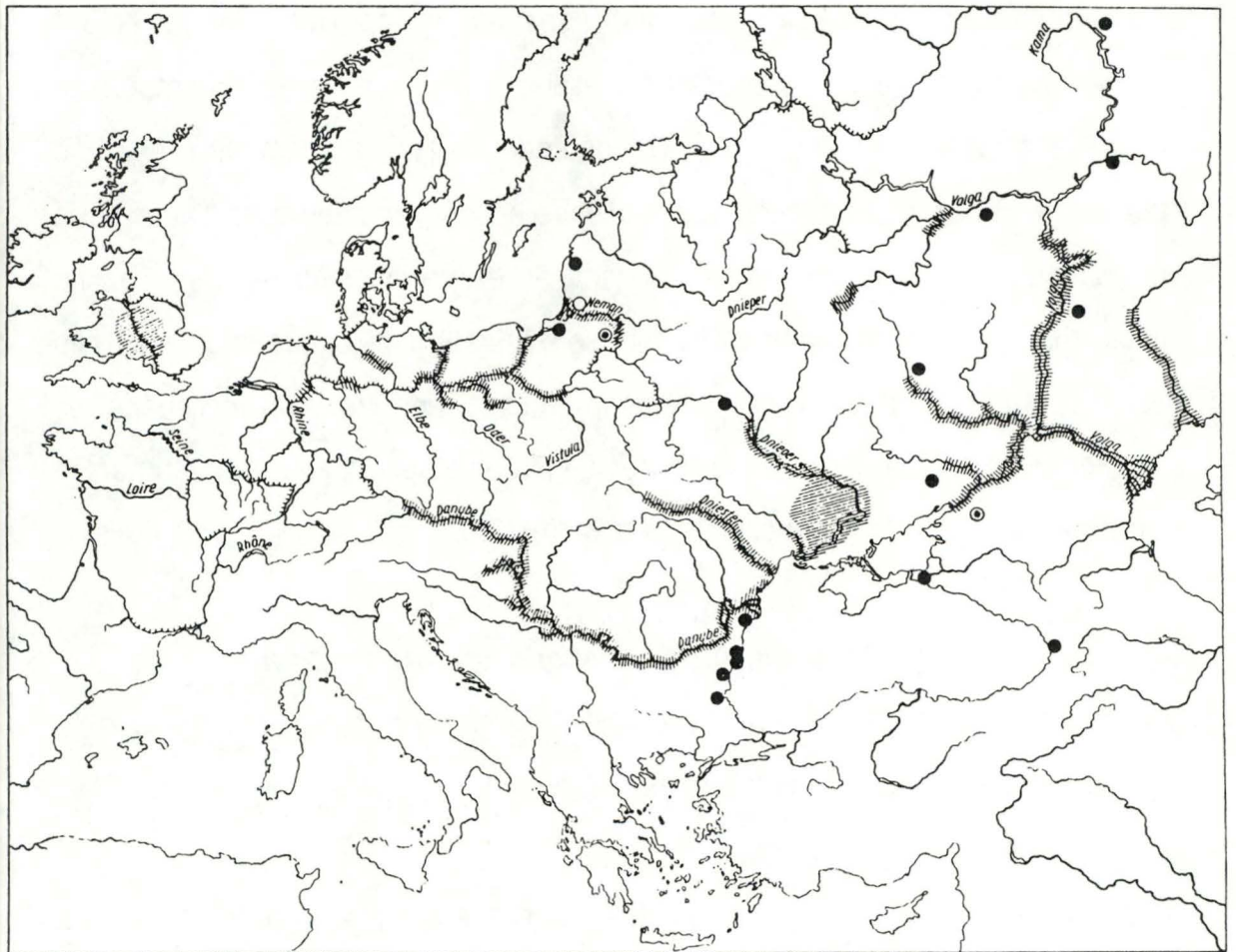


Fig.16 Distribution de Corophium curvispinum en Europe
 (tiré de JAZDZEWSKI,1980)

où elle est maintenant assez répandue (GLEDHILL & al., 1976; LINCOLN, 1979). Plus récemment, l'espèce s'est répandue en Allemagne de l'Ouest dans le canal Mittelland entre Peine et Hanovre (GENNERICH & KNÖPP, 1956, in WOUTERS, 1985) et dans le canal Dortmund-Ems entre Münster et Datteln (HERHAUS, 1978, in WOUTERS, 1985). Sa répartition selon JAZDZEWSKI (1980) est reprise à la figure 16.

Ce n'est donc que tout récemment que l'espèce a été récoltée en Meuse. WOUTERS (1985) signale 9 spécimens récoltés à Jambes (Haute Meuse) le 13/9/1983. Comme WOUTERS, MEURISSE-GENIN et al. (1987) la récoltent pendant le chômage technique de septembre 1983, sur le radier de Lustin et sur les rives empierrées de Bas-Oha et d'Amay. KIRCHMANN & al. (1985) la signalent, sous le nom de *Corophium* sp., à Tihange (Basse Meuse), sur des substrats artificiels employés entre 1981 et 1983 (le moment exact de leur utilisation n'est pas précisé).

Enfin, nos prélèvements indiquent que l'espèce s'est largement répandue dans toute la Haute Meuse, remontant au moins jusqu'à Montigny (France).

C. curvispinum semble d'ailleurs n'avoir jamais été récolté en France, car BERNER (1976) n'en fait aucune mention dans son inventaire des Amphipodes français dulçaquicoles et d'eau saumâtre; l'espèce n'est pas signalée non plus dans ce pays par JAZDZEWSKI (1980).

Cette formidable expansion semble essentiellement s'être faite via les canaux mettant en communication les différents bassins fluviaux. L'abondance des particules organiques dans les grands fleuves et leur

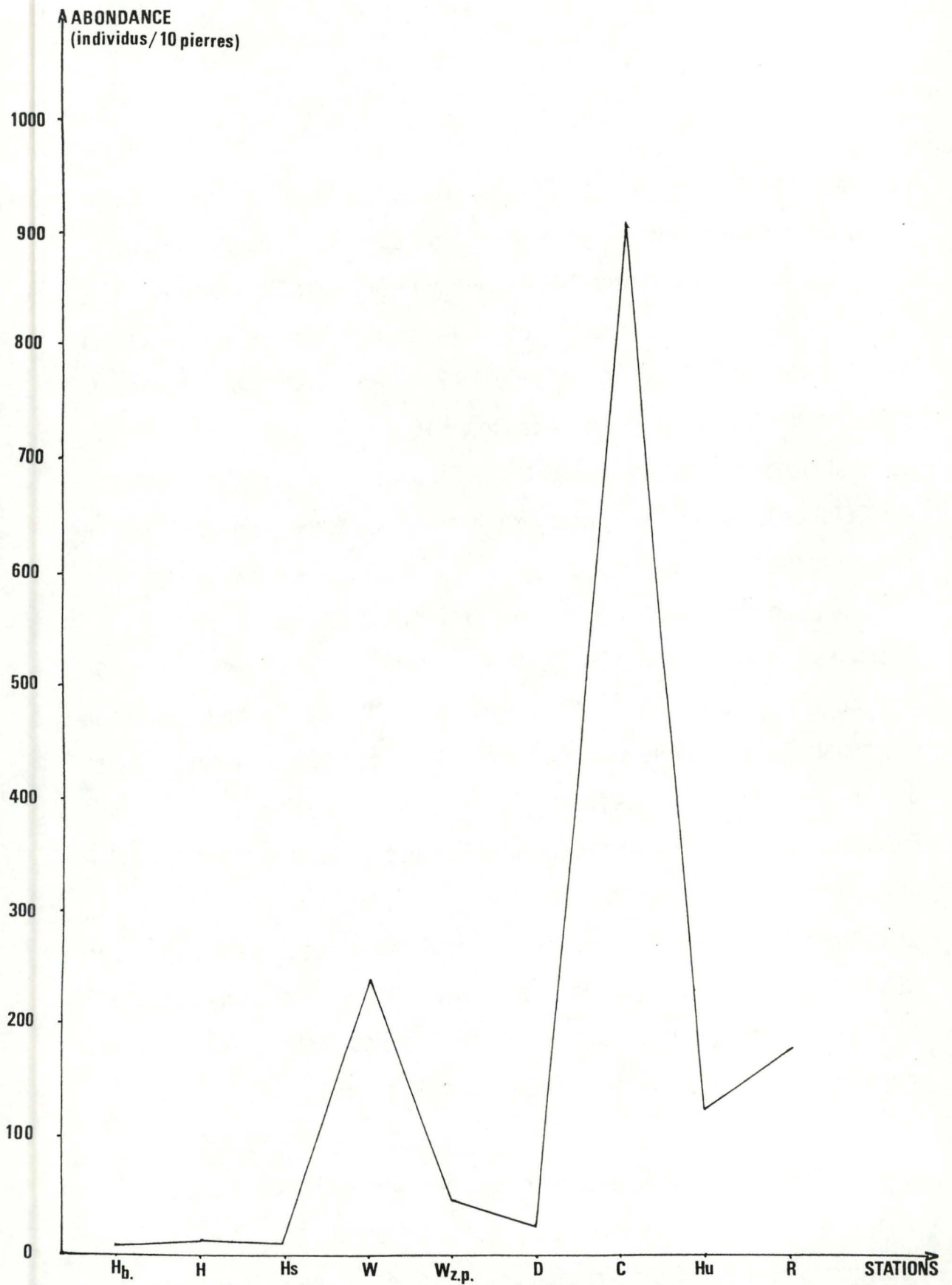


Fig.17 Evolution longitudinale de l'abondance de *Corophium curvispinum* dans la Haute Meuse en Septembre—Octobre 1986

augmentation au cours de ces dernières années, notamment dans la Meuse, ont peut être contribué à son extension et à sa prolifération, l'espèce se nourrissant par filtration de celles-ci (HYNES, 1970). De plus, les fréquents rejets de sels par les industries dans les canaux et les grands cours d'eau ont peut-être également favorisé son extension. En effet, le genre *Corophium* étant essentiellement marin, on peut supposer que les quelques espèces dulçaquicoles aient une préférence pour les eaux à salinité élevée. On rappellera d'ailleurs que les eaux de la Meuse, naturellement dures, ont une teneur en sel quelque peu plus élevée que la normale suite aux activités humaines dans le bassin versant.

Si *C. curvispinum* est assez peu fréquent en amont de Waulsort comparativement aux stations aval (fig.17), c'est peut-être parce que ces stations n'ont été colonisées que plus récemment. Son extrême abondance à Champalle (environ 900 individus/10 pierres) (fig. 17) s'explique très vraisemblablement par l'envasement des pierres, les *Corophium* en général (LINCOLN, 1979) et notamment *C. curvispinum* (HYNES, 1970) se construisant des tubes de vase englués de mucus. Si l'espèce est peu abondante à Dinant, où les pierres sont également envasées, c'est peut-être lié au caractère plus lotique du milieu, qui lui serait moins favorable, ou surtout à sa sensibilité à la pollution. JAZDZEWSKI (1980) rapporte en effet qu'elle a aujourd'hui disparu de certains fleuves d'Europe de l'Est suite à la pollution de ceux-ci. La pollution de Dinant tendrait vers une valeur critique pour cette espèce.

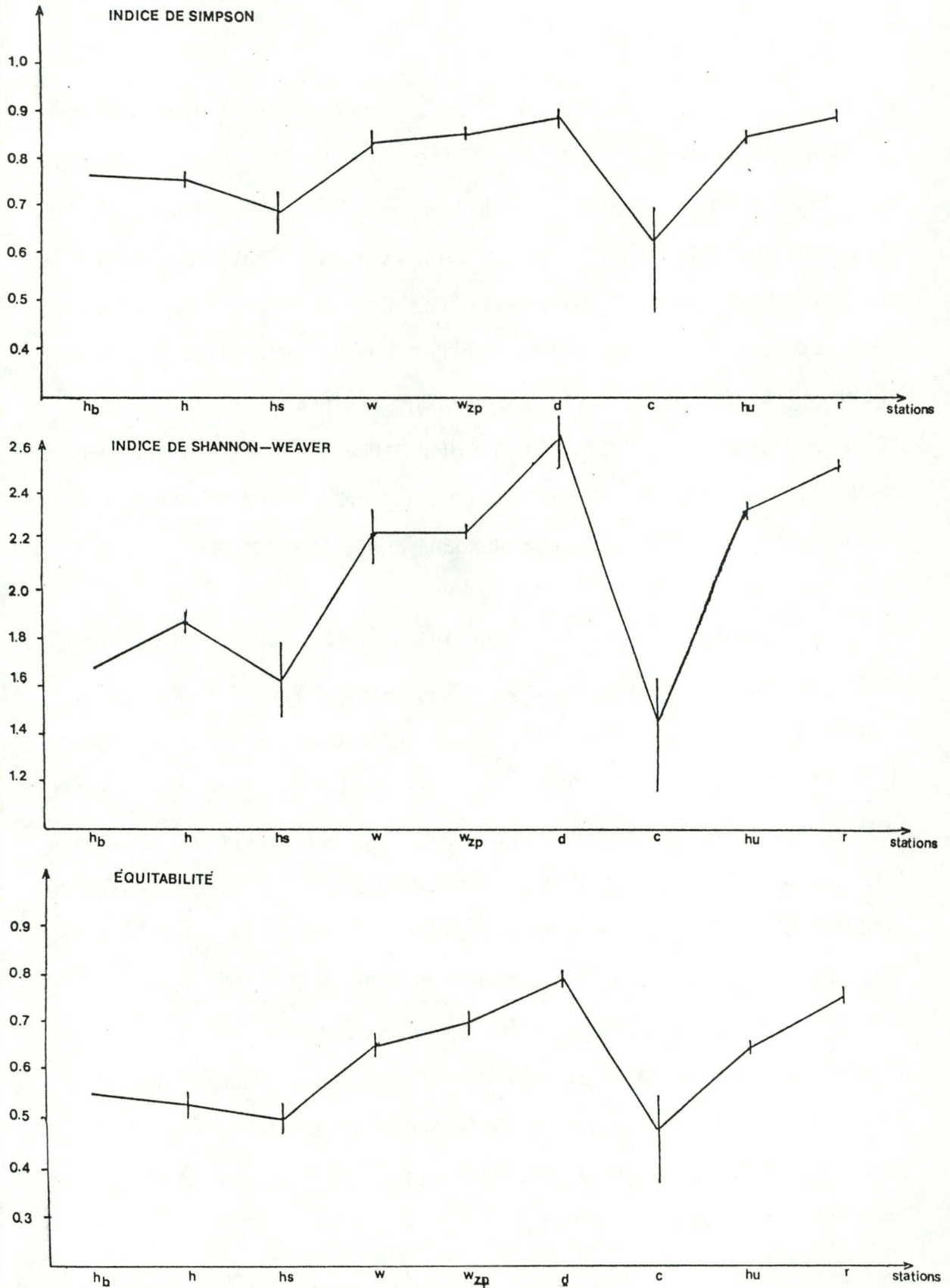


Fig.18 Evolution longitudinale des indices de diversité dans la Haute meuse en Septembre-October 1986

Bref, suite à la mise en communication par des canaux des différents bassins fluviaux européens, *C. curvispinum* a étendu et continue à étendre considérablement son aire de répartition en Europe.

Dans la Haute Meuse, relativement peu polluée et riche en matières organiques en suspension, l'espèce semble avoir trouvé un milieu particulièrement favorable, utilisant apparemment une niche écologique vacante, peu d'espèces filtreuses de particules organiques ayant simultanément un préférence marqué pour les pierres envasées.

3. 2. 3. Diversité et qualité des Biocœnoses

3. 2. 3. 1. Indices de diversité (fig.18)

Les trois indices de diversité utilisés présentent une évolution très similaire. Leur valeur est assez faible aux radiers de Ham et diminue encore à Hastière pour remonter ensuite jusqu'à Dinant. Ils chutent drastiquement à la zone pierreuse de Champalle et remontent ensuite pour atteindre à Rivière une valeur comparable à celle de Dinant. Leur faible valeur à Ham et à Hastière traduit le fait qu'un petit nombre de taxons, surtout les *Hydropsyche*, y sont largement dominants (fig. 14). L'abondance et la représentation proportionnelle des *Hydropsyche* diminuent ensuite alors que d'autres organismes voient leurs effectifs se maintenir ou s'accroître; il en résulte qu'un nombre assez important d'organismes ont des proportions similaires et assez élevées, ce qui augmente la valeur des indices aux deux stations de Waulsort et au radier de Dinant.

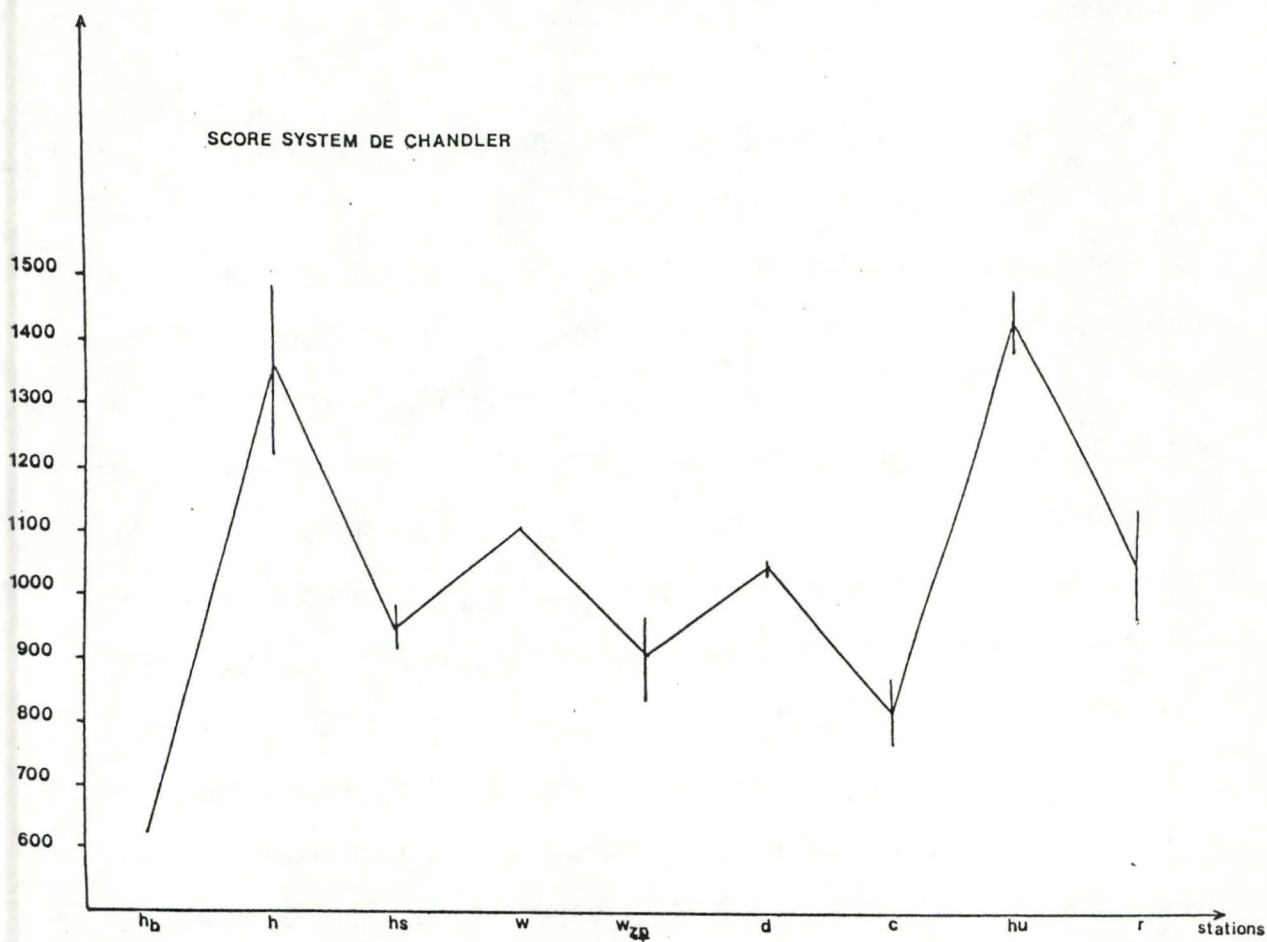
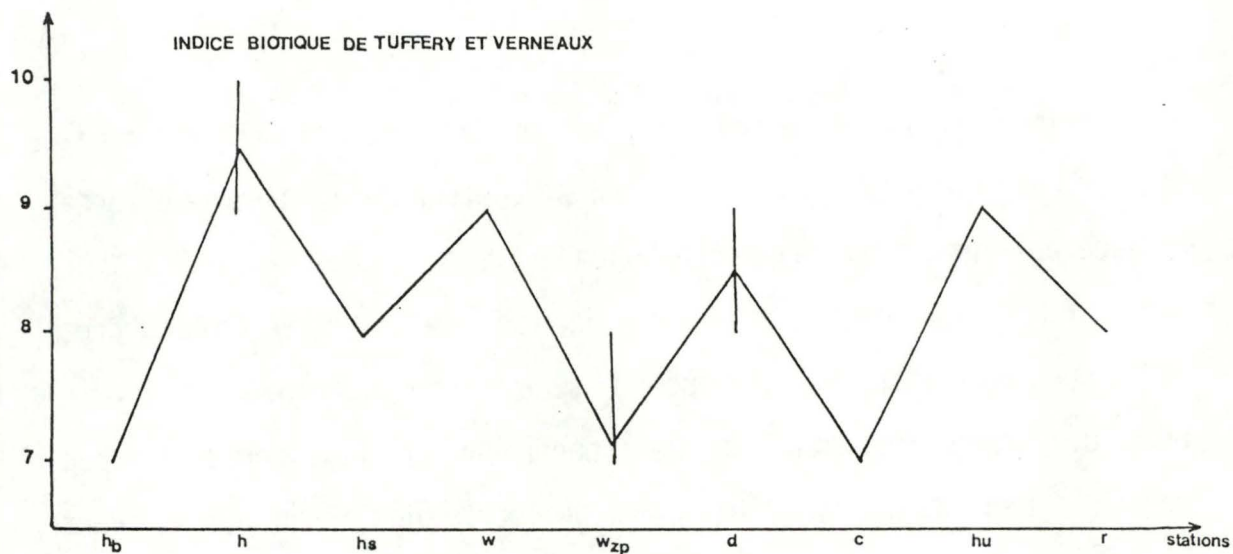


Fig.19 Evolution longitudinale des indices de pollution dans la Haute meuse en Septembre-Octobre 1985

A Champalle par contre, c'est la dominance d'une seule espèce, *Corophium curvispinum*, représentant près de 60% des organismes (fig.14), qui explique la chute brutale des indices. Cette espèce étant moins abondante plus en aval, on assiste à une remontée des indices à Hun et à Rivière.

Bref, ces indices traduisent presque uniquement la représentation proportionnelle des organismes, prenant des valeurs élevées où beaucoup de taxons sont bien représentés proportionnellement, et des valeurs faibles là où quelques espèces dominent. Dans le cas présent, ils ne montrent pratiquement rien d'autre.

3. 2. 3. 2. Indices de pollution (fig. 19)

L'Indice Biotique de TUFFERY & VERNEAUX et le Score System de CHANDLER présentent une évolution en dents de scie très similaire. Ils ont une valeur très faible au radier à Bryophytes de Ham, très élevée au radier à *Cladophora* de Ham, prennent une valeur assez basse au radier d'Hastière, remontant au radier de Waulsort. Les indices atteignent ensuite un niveau plus bas à la zone pierreuse de cette même localité, remontent quelque peu au radier de Dinant, sont très faibles à la zone pierreuse de Champalle (surtout l'indice biotique), puis remontent très sérieusement à Hun, où l'indice de CHANDLER marque son score le plus élevé et diminuent enfin au radier de Rivière, où ils atteignent un niveau plutôt faible.

Cette évolution ne reflète pas uniquement la pollution, le caractère plus ou moins lotique des stations revêtant une importance marquée. En effet, les stations les plus lenticques, comme la zone pierreuse de Waulsort, voisine

du radier, marquent en effet de faibles indices et scores, ce qui ne peut évidemment être expliqué par la pollution uniquement.

En somme, dans le cas présent, les indices de pollution semblent refléter la "qualité des biocœnoses" en terme de richesse en taxons, en taxons rhéophiles et sensibles et, pour le Score System en taxons numériquement bien représentés plutôt que la qualité de l'eau elle-même.

De plus, les indices de pollution sont dans un cas franchement pris en défaut. En effet le radier à Bryophytes de Ham, manifestement sain, est affublé d'une valeur très faible pour les deux indices de pollution, alors que le radier à *Cladophora*, situé à côté, et qui a donc certainement des eaux d'une qualité identique et qui n'est pas beaucoup plus lotique, a au contraire une valeur extrêmement élevée pour les deux indices. Ce niveau très bas des indices est lié au petit nombre de taxons présents.

Le Score System, hormis le fait qu'il tient compte du nombre d'individus par taxon, en variant théoriquement de zéro à l'infini, s'avère beaucoup plus nuancé que l'Indice Biotique qui varie de 0 à 10. La présence ou l'absence de l'une ou l'autre espèce, quelle qu'elle soit, n'est pas de nature à faire varier le Score System, ce qui n'est pas le cas de l'Indice Biotique. Ainsi, la valeur particulièrement élevée de ce dernier au radier à **CLADOPHORA** de Ham s'explique par la présence de deux individus d'*Epeorus sylvicola* dans un échantillon. Ces Heptageniidæ (= Ecdyonuridæ), qui font partie des taxons les plus sensibles du tableau de TUFFERY & VERNEAUX, auraient facilement pu être absents de notre échantillonnage, en termes de probabilité.

On conçoit donc aisément au vu de tout ceci que le Score System donne des résultats plus fiables que l'Indice Biotique, plus facile à calculer.

Il n'est pas inintéressant de noter qu'il existe une certaine similitude entre l'évolution de l'abondance des *Hydropsyche* spp. (fig.15) et celle des indices de pollution (fig.19). Cela semble confirmer les affirmations de HIGLER & TOLKAMP (1982) qui les considèrent comme de bons indicateurs de la qualité des eaux.

L'évolution des indices de pollution dans la Meuse pourrait finalement s'expliquer de la façon suivante. Au radier à Bryophytes de Ham, comme signalé plus haut, la valeur très basse des indices est liée au petit nombre de taxons présents et ne traduit pas une mauvaise qualité des eaux ou de la biocœnose mais une faible diversité. La valeur très élevée des indices au radier de Ham s'expliquerait par une bonne qualité des eaux et par le caractère très lotique du milieu. Leur valeur assez basse au radier d'Hastière serait imputable aux pollutions chimiques par les industries de la région de Givet et thermique par les centrales nucléaires de Chooz. Leur niveau plus élevé au radier de Waulsort indiquerait une certaine amélioration de la qualité des eaux et leur faible valeur à la zone pierreuse de Waulsort serait imputable au caractère lentique de cette station. Leur score assez faible au radier de Dinant est très vraisemblablement attribuable aux rejets de polluants organiques de la ville. Leur niveau très faible à la zone pierreuse de Champalle serait

imputable à son caractère particulièrement lentique. Leur valeur élevée au radier de Hun indiquerait une assez bonne qualité des eaux. Le niveau plutôt bas des indices au radier de Rivière ne peut pas s'expliquer avec certitude mais est probablement lié au caractère assez peu lotique du secteur de radier prospecté.

Bref, sur base des indices de pollution, il semble que l'on puisse dire que la qualité des eaux est bonne à Ham et à Hun, assez bonne au radier de Waulsort et que Hastière et surtout Dinant sont plus altérés.

3. 3. Comparaison générale des stations.

Le classement hiérarchique par la méthode de WARD (fig. 20) montre un regroupement prioritaire des échantillons ou demi-échantillons de chaque station ce qui indique que chacune d'elle est bien caractérisée par sa biocœnose benthique.

Le classement hiérarchique montre aussi l'existence de deux groupes de stations très distincts. Le premier comprend les radiers de Ham (à Bryophytes et à *Cladophora*), d'Hastière, de Waulsort et de Hun, le second les radiers de Dinant et de Rivière et les zones pierreuses lotiques de Waulsort et de Champalle. Dans le premier groupe, les deux radiers de Ham semblent très voisins l'un de l'autre et au contraire assez distants des radiers d'Hastière, Waulsort et Hun qui semblent également assez proches les uns des autres. Dans le deuxième groupe, les radiers sont nettement séparés des zones pierreuses hors radiers, les deux radiers (de Dinant et de Rivière) étant très proches l'un de l'autre et les zones pierreuses (de Waulsort et Champalle) plus distants.

Ce classement concorde très bien avec nos observations antérieures et présente notamment des similitudes manifestes avec les résultats obtenus par les indices de pollution, le premier groupe correspondant en gros aux stations présentant un score élevé et le second un score faible. Il est cependant à noter que les deux radiers de Ham sont ici très logiquement associés, alors que les indices les séparaient !

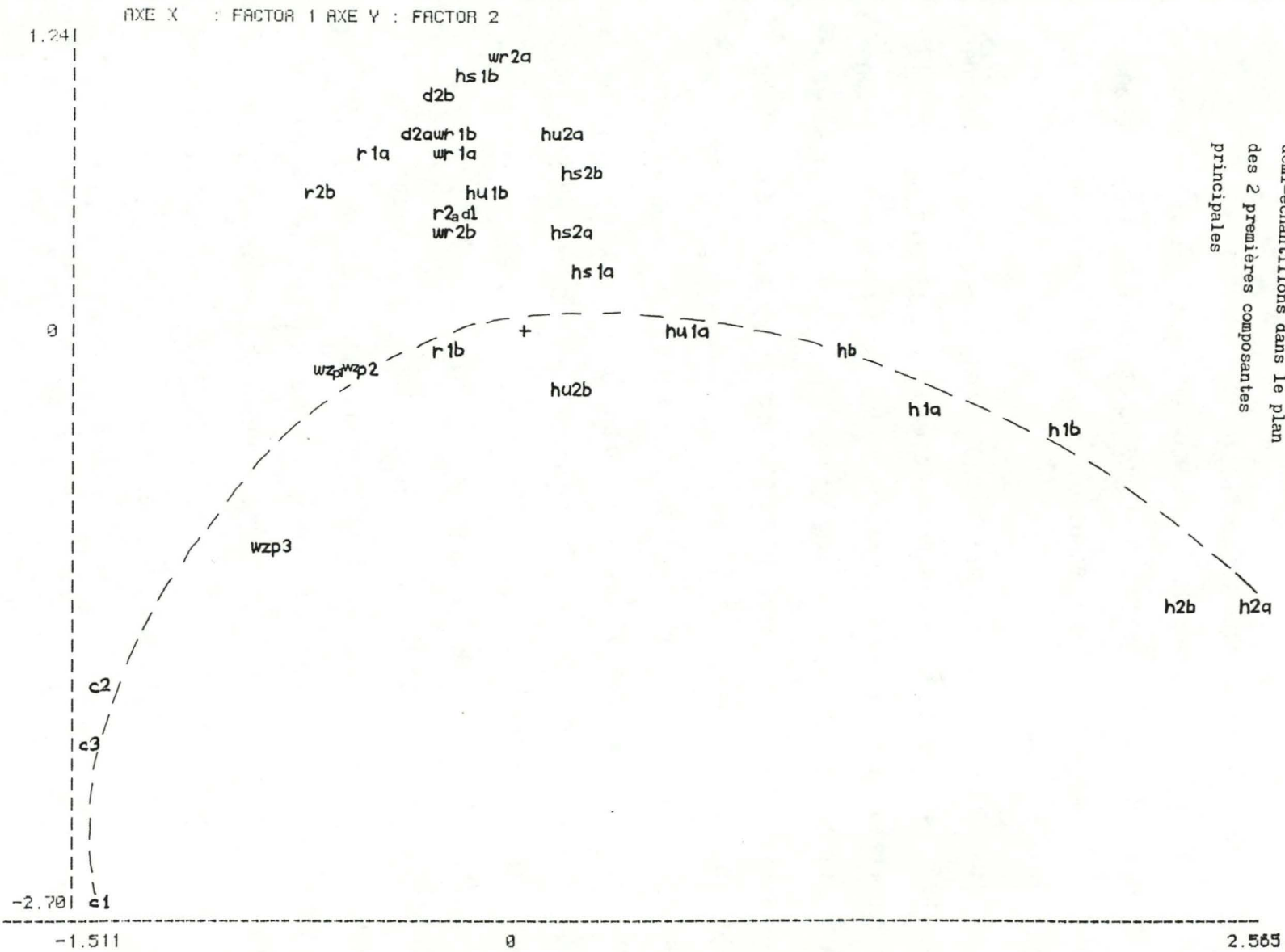
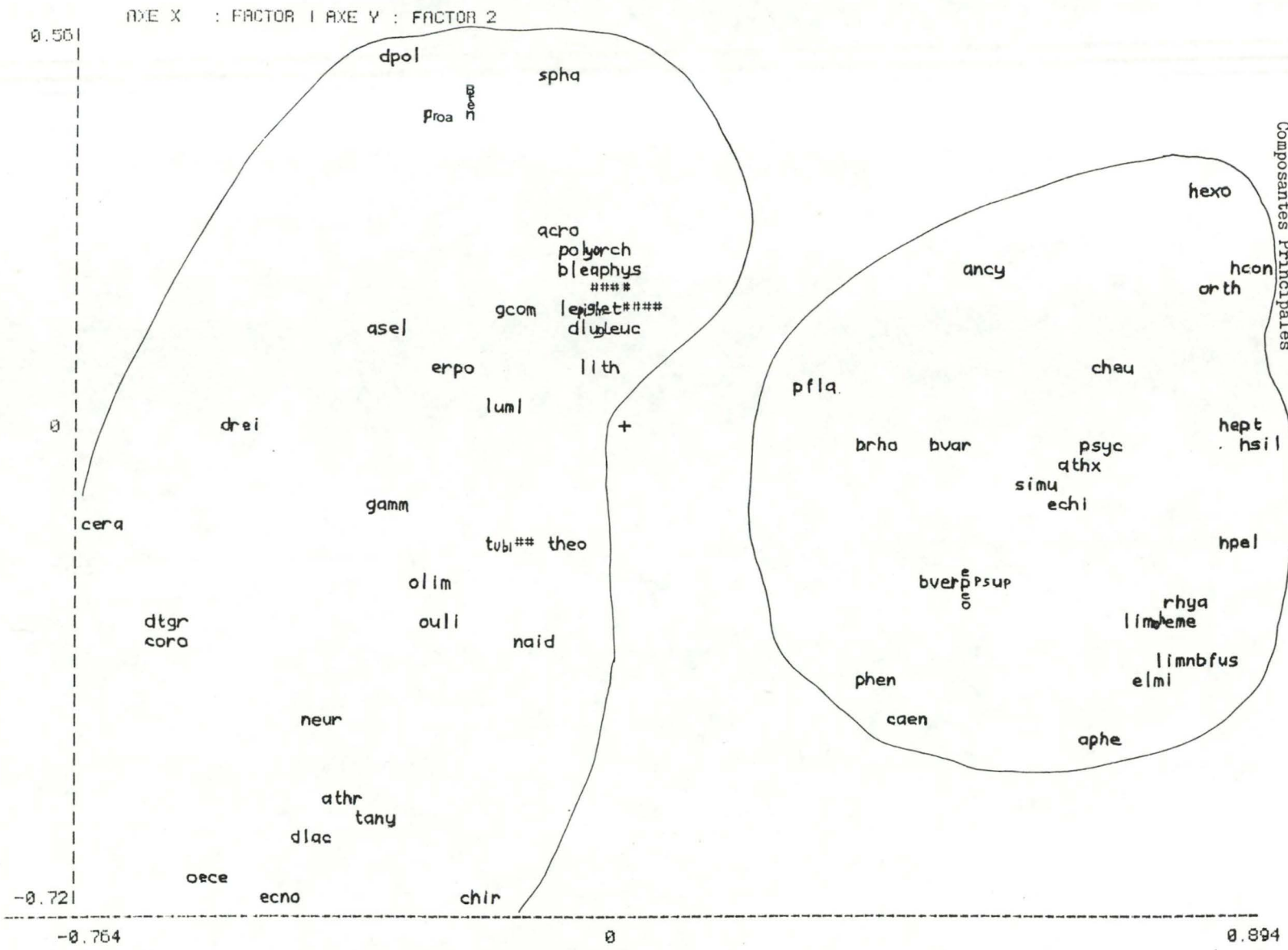


Fig. 21 Projection des échantillons et
demi-échantillons dans le plan
des 2 premières composantes
principales

L'A.C.P. montre que dans le plan des deux premières composantes, les stations se disposent selon un arc dont la partie convexe est orientée vers le haut (fig. 21). Cet arc comprend à sa droite les radiers de Ham et à sa gauche les zones pierreuses lotiques, toutes ces stations étant bien individualisées. Les radiers de la Haute Meuse sont agglomérés au centre, leurs échantillons et demi-échantillons s'interpénétrant. Malgré la mauvaise séparation de ces stations centrales dans le plan des 2 premières C.P., on peut établir leur succession au sein du gradient. De droite à gauche (fig. 21), on voit ainsi se succéder le radier à *Cladophora* de Ham, le radier à Bryophytes de Ham, le radier de Hun, le radier d'Hastière, le radier de Waulsort, le radier de Dinant, le radier de Rivière, la zone pierreuse de Waulsort et la zone pierreuse de Champalle. On remarquera que les stations à droite de l'arc (fig. 21) sont dans l'ensemble celles qui marquent des scores élevés sur les indices de pollution et qui appartiennent au premier groupe du classement hiérarchique et celles situées à gauche de l'arc celles qui marquent un score faible et qui appartiennent au second groupe. En ce qui concerne les radiers de Ham, les résultats de l'A.C.P. rejoignent ceux de la classification hiérarchique.

Les variables se disposent dans le plan des deux premières composantes principales (fig. 22) selon un arc montrant une succession de la droite vers la gauche des taxons de moins en moins rhéophiles et polluosensibles. A cet échelonnement graduel se surimpose une scission assez nette en deux groupes (fig. 22). Le premier, situé à droite semble presque

ACRO = Acroloxus lacustris
 ANCY = Ancylus fluviatilis
 APHE = Aphelocheirus aestivalis
 ASEL = Asellus aquaticus
 ATHR = Athripsodes sp.
 ATHX = Atherix ibis
 BFUS = Baetis fuscatus
 BLEA = Bithynia leachi
 BTEN = Bithynia tentaculata
 BRHO = Baetis rhodani
 BVAR = Baetis vardarensis
 BVER = Baetis vernus
 CAEN = Caenis macrura
 CERA = Ceraclea annulicornis
 CHEU = Cheumatopsyche lepida
 CHIR = Chironominae
 CORO = Corophium curvispinum
 CYRN = Cyrrhus trimaculatus
 DLAC = Dendrocoelum lacteum
 DLUG = Dugesia cf. lugubris
 DPOL = Dugesia cf. polychroa
 DREI = Dreissena polymorpha
 DTGR = Dugesia tigrina
 ECHI = Echinogammarus berilloni
 ECNO = Ecnomus tenellus
 ELMI = Elmis spp.
 EPEO = Epeorus sylvicola
 ERPO = Erpobdella cf. octoculata
 GAMM = Gammarus pulex pulex
 GCOM = Glossiphonia complanata
 GHET = Glossiphonia cf. heteroclita
 GYRI = Gyrinidae
 HCON = Hydropsyche contubernalis
 HEME = Hemerodromiinae
 HEPT = Heptagenia sulphurea
 HEXO = Hydropsyche exocellata
 HPEL = Hydropsyche pellucidula
 LEPI = Lepidostoma hirtum
 LEUC = Leuctra cf. fusca
 LIMN = Limnius sp.
 LIMO = Limoniidae
 LITH = Lithoglyphus naticoides
 LUML = Lumbriculidae
 NAID = Naididae
 OECE = Oecetis notata
 OLIM = Orconectes limosus
 ORCH = Orchestia cavimana
 ORTH = Ortnoclaadiinae
 OULI = Oulimnius sp.
 PFLA = Polycentropus flavomaculatus
 PHEN = Pisidium nenslowanum
 PHYS = Physa acuta
 PROA = Proasellus meridianus
 PSUP = Pisidium supinum
 RHYA = Rhyacophila cf. dorsalis
 SIMU = Simuliidae
 SPHA = Spnaerium spp.
 THEO = Theodoxus fluviatilis
 TANY = Tanypodinae
 TUBI = Tubificidae



uniquement composé de taxons assez rhéophiles et polluosensibles comme les *Hydropsyche* spp. et surtout *Cheumatopsyche lepida* (cf. HIGLER & TOLKAMP, 1982), *Rhyacophila* (cf. HICKIN, 1967), les *Bætis* spp. (cf. MACAN, 1970), *Heptagenia* et *Epeorus* (cf. HYNES, 1970), les *Elmis* spp. (cf. INGERLEST, 1983), *Atherix ibis* (cf. THOMAS, 1974) et *Ancylus fluviatilis* (cf. ADAM, 1960; HYNES, 1970). Le second semble essentiellement composé de taxons plus limnophiles et relativement polluo-résistants comme *Æceta notata* et *Ceraclea annulicornis* (cf. HICKIN, 1967), *Corophium curvispinum* (voir paragraphe 3.2.2.), *Asellus aquaticus* (cf. HENRY & MAGNIEZ, 1983), *Acroloxus lacustris* (cf. HYNES, 1970) et *Dugesia tigrina* (cf. VAN DER VELDE, 1975).

On remarquera que curieusement *Theodoxus fluviatilis*, considéré comme très rhéophile par la plupart des auteurs (CHEMIN 1926; ADAM, 1960; GRAHAM, 1971, etc...), se trouve dans le second groupe, ce qui est conforme au tableau de données (tabl.15). Cela résulte de son abondance assez inattendue à la zone pierreuse de Waulsort, peut être liée à l'abondance probable des Diatomées périphtiques (la rareté des algues macroscopiques et l'envasement réduit des pierres favorisant celles-ci), dont il fait son alimentation exclusive (NEUMANN, 1961, in SKOOG, 1971).

L'organisation des stations selon le dendrogramme et dans le plan des deux premières composantes principales est concordante et s'expliquerait de la façon suivante. Les deux entités majeures séparées par le classement hiérarchique (fig.20) correspondant respectivement aux stations riches et

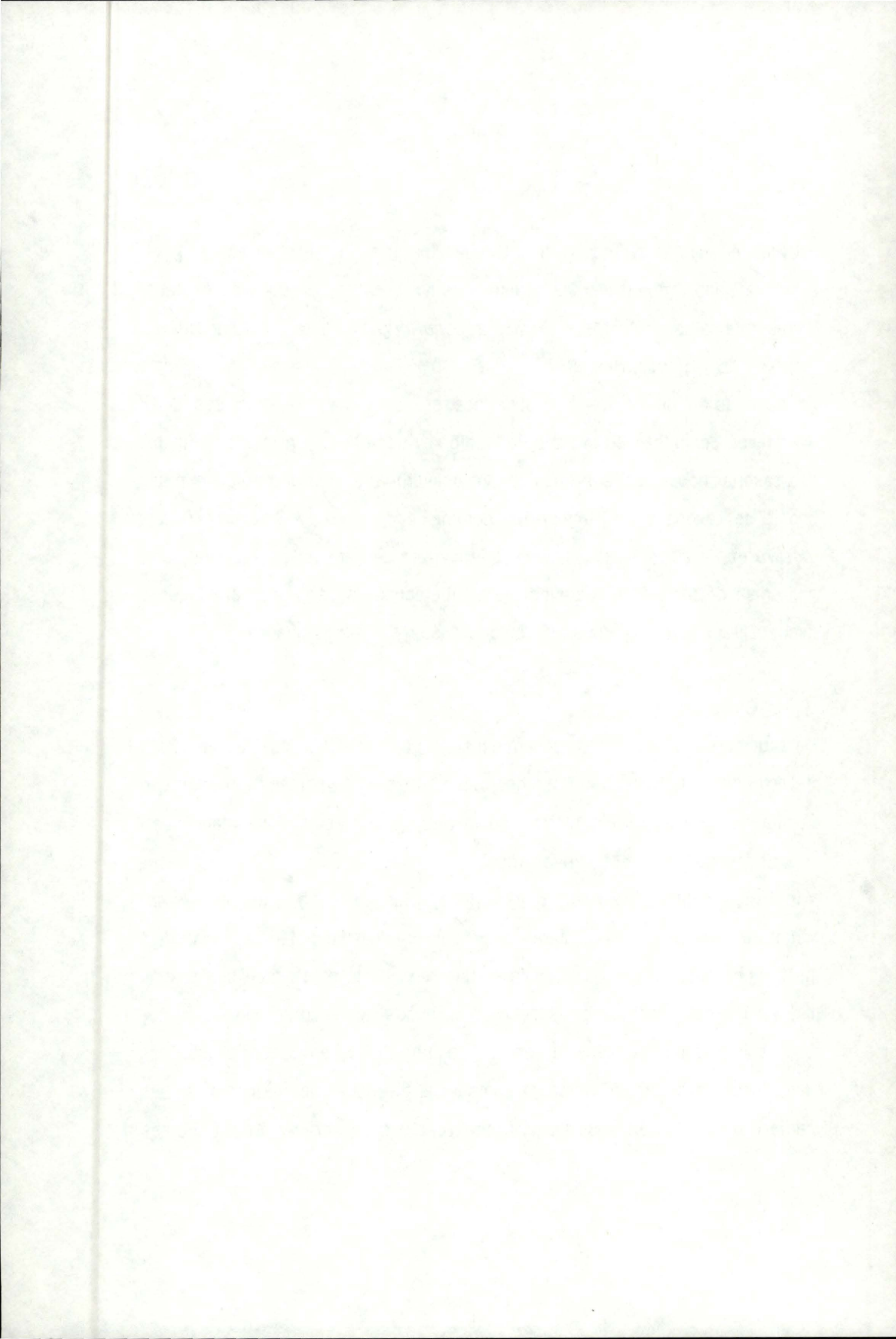
pauvres en Hydropsychidæ, en Orthoclaadiinæ (fig.14 et tableau 15), et autres taxons rhéophiles, les stations pauvres en ces groupes étant dans l'ensemble plus riches en *Ceraclea annulicornis* et en *Æcetis notata* (tableau 15), limnophiles.

La succession de droite à gauche des stations dans le plan des deux premières composantes principales (fig.21) semble liée à une diminution des taxons rhéophiles, surtout des Hydropsychidæ et des Orthoclaadiinæ, au profit de taxons plus limnophiles comme *Ceraclea annulicornis*, *Æcetis notata* et *Corophium curvispinum*. Les radiers de Ham et les stations hors radier se détachent du lot avec leurs biocœnoses assez caractéristiques, respectivement très riches et très pauvres en taxons exigeants.

3. 4. Conclusion

De tout ce qui a été dit précédemment, on peut conclure que les facteurs déterminants de la composition des biocœnoses sont vraisemblablement le caractère plus ou moins lotique du milieu, la pollution, l'abondance des algues filamenteuses et l'envasement.

Ainsi, les radiers de Ham, peu pollués, plus lotiques, plus riches en végétaux que les autres radiers présentent une densité d'organismes nettement plus élevée qu'ailleurs et une très large dominance des taxons rhéophiles et sensibles. Les zones pierreuses hors radier, peu lotiques, pauvres en algues et, dans le cas de Champalle, très envasées, présentent des biocœnoses majoritairement composées d'espèces peu exigeantes. Les radiers de la Haute Meuse belge présentent des caractères intermédiaires



entre ces deux extrêmes comportent un certain nombre d'organismes exigeants et un certain nombre d'organismes tolérants.

Leurs proportions varient toutefois d'une station à l'autre. Ainsi le radier d'Hastière, assez pauvre en algues, probablement assez pollué, présente quand même une large dominance des taxons exigeants. Les radiers de Waulsort et surtout de Hun, assez riches en algues, peu envasés, probablement pas trop pollués, sont assez riches en taxons exigeants, les organismes tolérants étant toutefois bien représentés. Le radier de Dinant, assez lotique, mais probablement plus altéré, envasé et pauvre en algues, présente une faible densité d'organismes, les espèces tolérantes étant les mieux représentées. Le radier de Rivière, pauvre en végétaux et plus lentique que les autres radiers abrite quant à lui une biocénose se rapprochant quelque peu de celles de zones pierreuses lotiques, avec une dominance marquée des espèces limnophiles.

Bref, on peut diviser les stations prospectées en trois groupes : les radiers de Ham, offrant des conditions très favorables aux organismes, les radiers de la Haute Meuse belge, relativement favorables et les zones pierreuses lotiques moins propices.

IV. Conclusions générales

Les activités humaines ont profondément altéré le caractère naturel, de la Haute Meuse, en la polluant notablement, mais surtout en remplaçant la succession naturelle et harmonieuse des zones lotiques et lentiques par des biefs lentiques et banalisés, peu favorables à la vie, entrecoupés par les radiers de barrages, secteurs très étroits mais favorables aux invertébrés.

Il devenait urgent d'étudier la faune de la Haute Meuse et en particulier des radiers de ses anciens barrages avant leur destruction imminente. Ceux-ci seront en effet prochainement remplacés par un nombre restreint de barrages géants qui porteront la Meuse de 1350 à 2000 tonnes. Ces modifications entraîneront une réduction du nombre de radiers et les travaux d'aménagement qui les accompagnent (suppression d'îles, dragages, rectifications et enrochement de berges) risquent d'entraîner une altération encore plus poussée de la faune des biefs.

L'examen de la faune des invertébrés benthiques des différentes stations montre que les radiers de Ham, situés en amont de la centrale nucléaire de Chooz, ainsi que des agglomérations et des petites industries de la région de Givet, se distinguent très nettement des autres. Les radiers de Ham, présentent en effet une densité globale d'organismes beaucoup plus importante qu'ailleurs. Le nombre de taxons rhéophiles et sensibles,

numériquement bien ou mal représentés est en effet nettement plus important que dans les stations de la Haute Meuse belge. De plus, la grande densité globale est uniquement attribuable à des taxons rhéophiles et sensibles, surtout les Hydropsychidæ et les Orthocladiinæ.

Les radiers de la Haute Meuse belge forment par contre un groupe de stations relativement homogène, où les espèces exigeantes sont moins représentées numériquement et proportionnellement. Aucune évolution longitudinale vraiment significative n'y a été décelée. Tout au plus, les Hydropsychidae semblent voir leurs effectifs globaux décroître d'amont en aval et les Trichoptères Leptoceridæ *Ceraclea annulicornis* et *Æcetis notata* prendre une importance plus marquée en aval.

Les modifications irrégulières de la composition des biocœnoses sont vraisemblablement liées à des pollutions locales affectant plus particulièrement certains radiers (Hastière et surtout Dinant), au caractère plus ou moins lotique des secteurs de radiers prospectés et aux modifications de substrat qui en résultent.

Comme l'avaient déjà mis en évidence les études antérieures (DAMAS, 1939a; MEURISSE-GENIN & al., 1987), nos résultats montrent que les radiers de barrage sont occupés par des biocœnoses plus diversifiées et plus riches en espèces exigeantes que celles des autres secteurs du fleuve. Les zones pierreuses lotiques examinées hors radier, sans doute déjà plus favorables que le cours moyen de la Meuse, se sont pourtant révélées assez pauvres en espèces et largement dominées par des taxons

limnophiles et peu exigeants, au contraire des radeaux où les espèces rhéophiles et exigeantes sont bien représentées.

Nos prospections ont également permis de constater qu'une espèce d'implantation récente en Meuse, *Corophium curvispinum*, a vu ses effectifs s'accroître d'une manière vertigineuse depuis son premier signalement en 1983 (WOUTERS, 1985), représentant en une station près de 60% des organismes avec environ 900 individus par 10 pierres. Cette espèce constitue donc pour la faune de la Haute Meuse une acquisition majeure et sans doute durable si toutefois la pollution n'y augmente pas, tout comme l'écrevisse américaine *Orconectes limosus*, acclimatée depuis quelques décennies déjà.

Ce remarquable succès rendrait par ailleurs intéressante une étude détaillée de la biologie de l'espèce dans la Meuse.

Nous pensons que les résultats de ce travail pourront servir de témoins de ce qu'étaient les biocénoses des anciens barrages de la Haute Meuse et nous espérons qu'ils seront d'une certaine utilité pour d'ultérieures recherches sur la faune de la Meuse.

Cédric d'UDEKEM d'ACQZ, 15 juin 1987.

Bibliographie

- ADAM, W., 1960. - Mollusques terrestres et Dulcicoles. Faune de Belgique.
I.R.S.N.B. . Bruxelles, 402 pp., 4 pl.
- AGUESSE, A., 1968. - Les Odonates de l'Europe occidentale, du Nord de
l'Afrique et des Iles Britanniques. MASSON & Cie Editeurs.
Paris, 258 pp.
- ATLAS DE BELGIQUE, 1950-1972. - Comité National de Géographie, Comité
de l'Atlas, Cartes 1-52
- AUBERT, J., 1956. - Contribution à l'étude des Plécoptères de Belgique.
Bull. Inst. Roy. Sci. Nat. Belg., 22 (15): 1-12
- BERNER, L., 1976. - Les Gammariens de la France continentale. - Bull. Mus.
Hist. Nat. Marseille, tome 36 : 29-36
- BORLÉE, M.-C., 1987.- Evolution historique du bassin de la Meuse. FNDP
Namur. Mémoire pour l'obtention du grade de licencié en
Sciences Zoologiques. (inédit)
- BOUVIER, E.-L., 1940. - Décapodes marcheurs. PAUL LECHEVALIER. Paris,
Faune de France 37 : 404 pp., 14 pl.
- BRYER, D & HOBART, A., 197.. - The biology and identification of the Larvae of
the Chironomidæ. Introduction and key to subfamilies
Entomologist's Gazette, Vol 23 : 175-217

- CAIRNS, J. & DICKSON, K.L., 1971. - A simple method for the biological assessment of the effect of water discharges on aquatic bottomdwelling organisms. *Journ. Wat. Poll. Control.* : 755-772
- CAMMAERTS, R., 1979. - Les Odonates de Belgique et des régions limitrophes. Atlas provisoire des Insectes de Belgique. J. LECLERCQ & CH. VERSTRAETEN. I.R.S.N.B. Bruxelles, 6 pp., cartes 1333-1400
- C. E. N., 1986. - Etude comparée de la Radioécologie de eaux continentales des Bassins Mosan et Rhodanien, 144 pp.
- CHANDLER, J.R., 1970. - A biological approach to Water Quality Management. *Wat. Poll. Control* : 415-422
- CHEMIN, E., 1926. - Les Mollusques d'eau douce. PAUL LECHEVALIER. Paris *Encycl. prat. Naturaliste*, 24 : 186 pp., 15 pl.
- DAGNELIE, P., 1975. - L'Analyse statistique à plusieurs variables. DUCULOT. Gembloux
- DAMAS, H., 1939a. - La Faune de la Meuse Belge. Association française pour l'avancement des Sciences. LXIII Congrès. Liège : 150-159
- 1939b. - Présentation de "*Branchiura sowerbyi*", "*Craspecacusta sowerbyi*" et "*Urnatella gracilis*".
Association française pour l'avancement des Sciences : 706

- _____ 1939c. - Sur la présence dans la Meuse belge de *Branchiura sowerbyi* (BEDDART), *Craspedacusta sowerbyi* (LANKESTER) et *Urnatella gracilis* (LEIDY).
Annls Soc. Roy. Zool. Belgique, tome LXIX : 294-310
- DE CLERCQ-VERSELE, H., KIRCHMANN, R., CANTILLON, G.-E., LAMBINON, J., MAISIN, J., MICHA, J.-C., MYTTENAERE, SIRONVAL, C., 1982.
- L'impact de la centrale nucléaire de Tihange (Belgique) sur l'écosystème Meuse : cinq années d'étude in situ et d'approche expérimentale. BLG 555 : 1-54
- DEPIEREUX, E., 1982. - Utilisation critique de l'analyse en composantes principales et du Cluster Analysis pour la description d'échantillons d'invertébrés benthiques en eau douce. - Etude de la répartition des invertébrés benthiques sur l'Ourthe et la Lesse moyenne et leurs affluents en relation avec la qualité de l'eau. Dissertation présentée pour l'obtention du grade de Docteur en Sciences. FNDP. (inédit), 218 pp.
- DEPIEREUX, E., FEYTMANS, E., & MICHA, J.-C., 1983. - Utilisation critique de l'Analyse en Composantes Principales et du Cluster Analysis pour la description d'échantillons d'invertébrés benthiques en eau douce. Oikos 40 : 81-94
- DEPIEREUX, E. & FEYTMANS, E., 1985. - Modification progressive de la structure des peuplements d'invertébrés benthiques en fonction de la qualité de l'eau de l'Ourthe et de la Lesse (Meuse belge). Acta oecologia/Œcologia Applicata 16(2) : 81-98

- DESCY, J.-P., 1973. - La végétation algale benthique de la Haute Meuse belge en relation avec la pollution des eaux. *Lejeunia* n. sér. 66 : 1-62.
- _____ 1976. - Etude quantitative du peuplement algal benthique en vue de l'établissement d'une méthodologie d'estimation biologique de la qualité des eaux courantes. Application au cours belge de la Meuse et de la Sambre.
Recherche et Technique au service de l'Environnement. éd.
CEBEDOC : 159-206
- _____ 1979. - A new approach to water quality using diatoms.
Beih. Nova Hedw. 64 : 305-323
- _____ 1980. - Utilisation des algues benthiques comme indicateur biologique de la qualité des eaux courantes. in PESSON, P. (éd.), *La pollution des eaux continentales. Incidence sur les biocœnoses aquatiques*, éd. 2, GAUTHIER-VILLARS. Paris : 169-194
- _____ 1983 a. - Les communautés algales de la Haute Meuse belge et la qualité de ses eaux : un bilan à l'automne 1981.
Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 116(1) : 31-50
- _____ 1983 b. - Contribution à l'étude des diatomées du bassin de la Meuse (période 1975-1980) : liste floristique et commentaires sur divers taxons rares ou nouveaux pour la Belgique. *Lejeunia* n. sér. : 11-33

DESCY, J.-P. & EMPAIN, A., 1974. - *Thorea ramosissima* Bory (Rhodophyceæ, Nematinales) dans le bassin mosan belge.

Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 107 : 23-26

_____ 1976. - Analyse physicochimique de la Meuse et de la Sambre belges en 1973 et 1974, recherche et technique au service de l'Environnement. éd. CEBEDOC. Liège : 139-157

_____ 1984. - Meuse in WHITTON, B.A., Ecology of European Waters. Blackwell Scientific Publication : 1-24

DE THIER, M., 1985. - Hétéroptères aquatiques et ripicoles.

Introduction à la systématique des organismes des eaux continentales françaises 6. Bull. Soc. Lin. Lyon 54^e année n°10: 250-261, 55^e année n°1 : 11-40

DE THIER, M. & J.P. HAENNI, 1986. - Planipennes, Mégaloptères et Lépidoptères à larves aquatiques. Introduction à la systématique des organismes des eaux continentales françaises 7.

Bull. Soc. Lin. Lyon, 55^e année n°6 : 201-224

DEVRIESE, R. & WARMOES, T., 1985. - Land- en Zoetwater-mollusken van de Benelux. Jeugdbond voor Natuurstudie en Milieubescherming Gent, 134 pp.

DRESSCHER, T.H.G.N. & HIGLER, L.W.G., 1982. - De Nederlandse Bloedzuigers Hirudinea. Wet. Med. K.N.N.V. 154 : 64 pp.

- ELLIOTT, J.M., 1977. - A key to British freshwater Megaloptera and Neuroptera. Freshwat. Bio. Assn. Sci. publ. 35 : 52 pp.
- ELLIS, A.E., 1978. - British Freshwater Bivalve Mollusca. Syn. Brit. Fauna (N.S.) 11 : 109 pp.
- EMPAIN, A., 1977. - Ecologie des populations bryophytiques aquatiques de la Meuse, de la Sambre et de la Somme. Relations avec la qualité des eaux, écophysologie comparée et étude de la contamination par métaux lourds. Mémoire présenté pour l'obtention du grade de Docteur en Sciences Botaniques. Liège (inédit), 179 pp.
- ENGELHARDT, W., 1974. - Was Lebt in Tümpel Bach und Weiher ? Kosmos Natur Führer. Stuttgart, 257 pp.
- EVERITT, B., 1974. - Cluster Analysis. H-E-B. London
- FOURMARIER, P., 1939. - La géologie du bassin de la Meuse. Assn. française pour l'avancement des Sciences LXIII^e congrès Liège : 37-57
- FRIEDRICH, G. & MÜLLER, D., 1984. - Rhine. in WHITTON, B.A., Ecology of European Rivers : 265-315
- GERARD, P., 1986. - Les différentes espèces d'écrevisses en Belgique et leur répartition géographique. Ministère de l'Agriculture. Administration de la recherche agronomique Station de Recherche Forestière et Hydrobiologique. Groenendael Hoeilaart. Travaux série D. 54, 25 pp.

- GERMAIN, L., 1930. - Mollusques terrestres et fluviatiles (deuxième partie)
PAUL LECHEVALIER. Paris. Faune de France 22 : 479-897,
IX-XIV, pl. XIV-XXVI.
- GLEDHILL, T. & WILLIAMS, W. D., 1976. - A revised key to the British Species
of Crustacea Malacostraca occurring in freshwater with notes
on their ecology and distribution. Freshwat. Biol. Assn. Sci.
publ. 32 : 35 pp.
- GRAHAM, A., 1971. - British Prosobranchs. Syn. Brit. Fauna (N.S.) 2 : 112 pp.
- GRAND ATLAS DE FRANCE, 1969. - Sélection du Reader's Digest, 224 pp.
- HARMAN, H.H., 1967. - Modern Factor Analysis. Chicago Press
- HAWKES, H.A., 1979. - Invertebrates as Indicators of River Water Quality in
JAMES & EVISON (Ed.), Biological Indicators of Water quality :
2.1-2.45
- HELLAWELL, J.M., 1976. - Surveillance Biologique et contrôle de la qualité
des eaux. F.A.O., Eifac/76/SM-20 : 15 pp.
- _____ 1978. - Biological Surveillance of Rivers. Water Research
Centre. STEVENAGE, 232 pp.
- HENRY, J.P. & MAGNIEZ, G., 1983. - Crustacés Isopodes (principalement
Asellotes). Introduction à la systématique des organismes des
eaux continentales françaises. Bul. Soc. Lin. Lyon. 52^e année 10:
319-357

- HICKIN, N.E., 1967. - Caddis Larvae of the British Trichoptera. HUTCHINSON & Co LTD. London, 476 pp.
- HIGLER, L.W.G. & TOLKAMP, H.H., 1983. - Hydropsychidæ as Bio-indicators. *Environnemental Monitoring and Assessment* 3 : 331-341
- HOLLAND, D.G., 1972. - A Key to the Larvæ, pupæ and Adults of the British Species of Elminthidæ. *Freshwat. Biol. Assn. Sci. publ.* 26 : 58 pp.
- HOLTHUIS, L.B. & HEEREBOUT, G.R., herzien door ADEMA, J.P.H.M., 1986. - De Nederlandse Decapoda. *Wet. Med. K.N.N.V.* 179 : 66 pp.
- HUET, M., 1941. - L'extension du crabe chinois (*Eriocheir Sinensis* M.-Edw.) en Belgique. Administration des eaux et forêts. Station de recherche de Groenendael. *Communications série D-2*, 5 pp., carte
- 1949. - Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. *Schweiz. Z. Hydr.* 11 (3-4) : 332-351
- HUWAE, P.H.M., 1977. - De Isopoden van de Nederlandse kust. *Wet. Med. K.N.N.V.* 118 : 44 pp.
- HYNES, H.B.N., 1967. - A Key to the adults and Nymphs of British Stoneflies (Plecoptera). *Freshwat. Biol. Assn. Sci. publ.* 17 : 91 pp.

- _____ 1970. - The Ecology of Running Waters. Liverpool University Press, 555 pp.
- ILLIES, J., 1955. - Steinfliegen oder Plecoptera. Die Tierwelt Deutschlands und der Angrenzenden Meeresteile. TEIL 43
- 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. int. Ver. Limnol. 12 : 1-57
- INGELGREST, M., 1983. - Microdistribution des Macroinvertébrés benthiques d'une station du Samson. Mémoire présenté pour l'obtention du grade de Licencié en Sciences Zoologiques. FNDP. (inédit), 109 pp.
- JAZDZEWSKI, K., 1980. - Range extension of some Gammaridean Species in European Inland Waters Caused by Human Activity. Crustaceana. suppl. 6 : 84-107
- KIRCHMANN, R., LAMBINON, J., MAISIN, J., MICHA, J.-C., MYTTENAERE, C., SIRONVAL, C., 1985. - L'impact des rejets de la centrale nucléaire de Tihange (Belgique) sur l'écosystème Meuse : Etudes in situ et recherches expérimentales durant la période 1981-1984. Contrat Bio - B-330-81-B avec la Commission des Communautés Européennes. BLG 573 : 48 pp.

- LAFONT, M., 1983, - Annélides oligochètes. Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises 3. Bull. Soc. Lin. Lyon 52^e année 4 : 107-135
- LAURENT, P.J., 1960. - Systématique des Astacidæ de France. Ann. stat. cent. Hydrbiol. appl. 911 960 : 265-280
- LEGENDRE, L. & LEGENDRE, P., 1979. - Ecologie numérique. Vol. 2. La structure des données écologiques. MASSON. Paris.
- LEGER, L., 1937. - Les moules d'eau douce. Procès-verbaux de la Société Dauphinoise d'études biologiques, 298 : 125-127
- LESTAGE, J.A., 1932a. - Notes de limnologie I - L'habitat en Belgique de *Athyæphyra desmaresti* MILL. (Decapoda, Natantia, Caridea, Atyidæ). Annls. Soc. Roy. Zool. Belg. tome LXII : 53-58
- _____ 1932b. - Notes de limnologie II. - L'habitat en Belgique de l'*Aphelochirus æstivalis* HARV. (Hémiptère-Hétéroptère). Annls. Soc. Roy. Zool. Belg. tome LXIII : 16-20
- LINCOLN, R.J., 1979. - British Marine Amphipoda : Gammaridea. Brit. Mus. (Nat. Hist.). London, 658 pp.
- MACAN, T.T., 1965. - A revised Key to the British Water Bugs (Hemiptera - Heteroptera). Freshwat. Biol. Assn. Sci. publ. 16 : 78 pp.

- _____ 1969. - A Key to the British Fresh - and Brackish-Water
Gastropods. Freshwat. Biol. Assn. Sci. publ. 13 : 46 pp.
- _____ 1970. - A Key to the Nymphs of British Species of
Ephemeroptera with notes on their Ecology. Freshwat. Biol.
Assn. Sci. publ. 20 : 48 pp.
- MANN, K.H., 1964. - A Key to the British Freshwater Leeches with notes on
their Ecology. Freshwat. Biol. Assn. Sci. publ. 14 : 50 pp.
- MARECHAL, C., 1979. - Contribution à l'étude du peuplement en
Macroinvertébrés benthiques du Viroin et de ses affluents : les
Diptères. U.L.B. Fac. des Sciences. Mémoire de licence en
Sciences Zoologiques (inédit), 76 pp.
- MARLIER., G., 1978. - Les insectes aquatiques. Les Naturalistes belges .
Bruxelles, 98 pp.
- MAROTTE, M.E., 1897. - Les travaux d'amélioration de la Meuse. Annls Trav.
Publ. Belg. . Fasc. 4 : 1-35
- MEURISSE-GENIN, M., REYDAMS-DETOLLENAERE, A., DONATTI, O., MICHA, J.-C.,
1985. - Caractéristiques biologiques de la crevette d'eau douce
Athyæphyra desmaresti MILLET dans la Meuse.
Annls Limnol. 21 (2) : 127-140

- MEURISSE-GENIN, M., REYDAMS-DETOLLENAERE, A., STROOT, PH., MICHA J.-C.
1987. - Les Macroinvertébrés Benthiques de la Meuse belge :
bilan de cinq années de recherches (1980 à 1984).
Arch. Hydrobiol. 109(1) : 67-88
- MICHA, J.-C., 1982. -Les bases scientifiques de contrôle de la pollution des
eaux de surface. Trib. CEBEDEAU 465-466 (35) : 341-356
- Mc MILLAN, N. F., 1968. - British Shells. FREDERICK WARNE & Co LTD London,
196 pp., 80 pl.
- MILLER, N.C.E., 1971 : The Biology of the Heteroptera E.W. CLASSY LTD.
Hampton Middlesex, 206 pp.
- MINISTERE DE LA REGION WALLONNE, 1984. - Surveillance de la Meuse en aval
du site de Tihange. Rapport de synthèse. vol. 2, 68 pp.
- MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, 1880. - Voies navigables de la Belgique.
Recueil de renseignements. Bruxelles. tome premier : 221-248
- MOL, A.W.M., 1987. - *Cænis beskidensis* SOWA new to Belgium with remarks
on the Ephemeroptera of the River Meuse. Ent. Ber., Amst. 47 :
60-64

- MÜLLER-LIEBENAU, I., 1980. - Die Arten der Gattung *Bætis* LEACH der Belgischen Fauna aus der Sammlung in Museum des Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique in Brüssel (Insecta, Ephemeroptera). Bull. Inst. Roy. Sci. Nat. Belg. 52(3) : 1-31
- MUNDY, S.P., 1980. - A Key to the British and European Freshwater Bryozoans. Freshwater Bid. Assn. Sci. publ. 41 : 32 pp.
- ODUM, E.P., 1971. - Fundamentals of Ecology 3rd Ed. SAUNDERS. Philadelphia Toronto, 574 pp.
- OOSTERBAAN, A., 1985. - Hydropoliepen (Hydroida). S.W.G. Tabel 27 : 22 pp.
- PATTEE, E. & GOURBAULT, N., 1981. - Turbellariés Triclades Paludicoles (planaires d'eau douce). Introd. prat. syst. organismes eaux cont. françaises. Bull. Soc. Lin. Lyon, 50^e année 9 : 279-304
- PELSENEER, P., 1886. - Notes sur la présence de *Caridina Desmaresti* dans les eaux de la Meuse. Bull. Mus. Roy. Hist. Nat. Belg. 4
- PETIT, M., 1978. - Ecologie et répartition spatiale des Macroinvertébrés Benthiques de la Haute Meuse belge. Mémoire pour l'obtention du grade de licencié en Sciences Zoologiques. FNDP. (inédit) : 1-79, A1-12, B1-10

- PETRE-STROOBANTS, G., 1981. - Une nouvelle espèce de *Gammarus* en Belgique : *Gammarus caparti* n. sp. (Crustacea Amphipoda) Bull. Inst. Roy. Sci. Nat. Belg. 53(6) : 1-8
- _____ 1982. - Analyse comparative de la variabilité de certains caractères taxonomiques de *Gammarus pulex* (LINNE, 1758), *Gammarus fossarum* KOCH, 1835 et *Gammarus caparti* PETRE-STROOBANTS, 1980 (Crustacea Amphipoda). Pol. Arch. Hydrobiol. 29(2). 205-219
- PHILIPPART, J.C., 1983. - Protégeons nos poissons. DUCULOT. Paris Gembloux, 206 pp.
- PIECHOCKI, A., 1979. - Mieczaki Mollusca. Panstwowe wydawnictwo naukowe. Fauna słonowodna polski. Zeszyt 7, 186 pp.
- PIELOU, E.C., 1969. - An Introduction to Mathematical Ecology. JOHN WILEY & Sons. New York, 286 pp.
- _____ 1977. - Mathematical Ecology. JOHN WILEY & Sons. New York, 385 pp.
- PINKSTER, S. & PLATVOET, D., 1986. - De Vlokkreeften van het Nederlandse Oppervlakterwater. Wet. Med. K.N.N.V. 172 : 44 pp.
- POISSON, R., 1957. - Hétéroptères aquatiques. PAUL LECHEVALIER. Paris. Faune de France 61 : 263 pp.

POOLE, R.W., 1974. - An Introduction to Quantitative Ecology Mc GRAW-HILL,
New York, 532 pp.

RASMONT, R., ... - Les éponges d'eau douce, leur structure : 169-176

REYNOLDS, T.B., 1978. - A Key to the species of Freshwater Triclad.
Fresh. Wat. Biol. Assn. Sci. 23 : 33 pp.

RICHOUX, P., 1982. - Coléoptères aquatiques (Genres adultes et larves) Intr.
prat. syst. organismes eaux cont. française 2 Bull. Soc. Lin.
Lyon 51^e année 4, 8 et 9 : 105-304

RIWA, 1982. - Jaarverslag 82 Deel B De Maas : 80 pp.

_____ 1983. - Jaarverslag 83 Deel B De Maas : 80 pp.

_____ 1984. - Jaarverslag 84 Deel B De Maas : 76 pp.

ROSILLON, D., 1979. - Microdistribution des Macroinvertebrés Benthiques dans
une station du Samson. Mém. Lic. Sci. Zool. F.N.D.P. Namur
(inédit), 109 p.

SKOOG, G., 1971. - Variations in the distribution of *Theodoxus fluviatilis* on
stony localities in the northern Baltic proper. Thalassia
Jugoslavica 7(1) : 363-372

- SLADECEK, V., 1973. - System of Water Quality from Biological Point of View. *Ergebn. Limnol.* 7 : 1-28
- SLADECEK, V., FJERDINGSTAD, E., & HAWKES, H., 1971. - Long-term program in environmental pollution control in Europe. Manual on analysis for water pollution control. O.M.S. Bureau régional de l'Europe, 7 : 38-89
- SOUTHWOOD, T.R., 1966. - **ECOLOGICAL METHODS.**
CHAPMAN and HALL . London . 391pp.
- STROOT, PH., 1984. - Les Trichoptères de Belgique et des régions limitrophes (225 cartes) . in LECLERCQ, J., GASPARD, CH. & VERSTRAETEN, CH., eds, Atlas provisoire des insectes de Belgique. IRSNB. Bruxelles, 75 pp.
- _____ 1985. - Actualisation du catalogue des Trichoptères de Belgique. *Soc. Roy. Belg. Ent.* . Bruxelles, 61 pp.
- _____ 1986. - Révision des Mégaloptères de la collection belge de l'IRSNB. - *Sialis nigripes* ED. PICTET, 1865, Belg. n. sp. (Megaloptera, Sialidæ). *Bull. Anns. Soc. Roy. Belg. Ent.* 122 : 195-201

- SYMOENS, J.-J., 1957. - Les eaux douces de l'Ardenne et des régions voisines: les milieux et leur végétation algale. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 89: 111-314
- TACHET, H., BOURNAUD, M., RICHOUX, PH., 1980. - Introduction à l'étude des Macroinvertébrés des eaux douces. Université CLAUDE BERNARD Lyon I, Assn française de Limnologie. Min. Environ., 155 pp.
- THOMAS, A.G.B., 1974. - Diptères torrenticoles peu connus : I - les Athericidæ (larves et imagos) du Sud de la France Annls. Limnol. 10(1): 55-84
- TITTIZER, T. & KOTHE, P., 1979. - Possibilities and limitations of Biological Methods of Water Analysis. in JAMES, A. & EVINSON, L., Biological Indicators of Water Quality. JOHN WILEY & SONS; Chichester-New York. 4.1-4.21
- TUFFERY, G. & VERNEAUX, J., 1968. - Méthode de détermination de la qualité des eaux courantes. Ministère de l'Agriculture. C.E.R.A.F.E.R. Section pêche et pisciculture, VII pp., 21 pp.
- VAN CRAENENBROECK, W. & VAN DEN BOS, M., 1983. - Profil de qualité de la Meuse. 19-30 septembre 1982. RIWA, 146 pp.

- VAN DER VELDE, G., 1975. - The immigrant Triclad Flatworm *Dugesia tigrina* (GIRARD) (Plathelminthes, Turbellaria). Range-extension and Ecological position in the Netherlands. Hydrobiological Bulletin (Amsterdam) 9(3) : 123-130
- VEREERSTRAETEN, J., 1972. - Le bassin de la Meuse. Etude de géographie hydrologique. Revue belge de Géographie 94 (1-2-3) : 1-339
- VAN SOEST, R.W.M., 1976. - Mariene en Zoetwatersponzen—Porifera
Wet. Med. K. N. N. V. 115
- WILHM, J., 1972. - Graphic and Mathematical Analyses of Biotic Communities in Polluted Streams. Ann. Rev. Ent. 17 : 223-252
- WISHART, D., 1978. - Cluster Analysis Package. Edinburg University
- WOUTERS, K., 1985. - *Corophium curvispinum* SARS, 1895 (Amphipoda) in the River Meuse, Belgium. Crustaceana 48 (2) : 218-220