

THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES BIOLOGIQUES

Étude de la relation diversité substrat - diversité faunistique dans les différents biotopes d'un bief de la Meuse (Waulsort) lors du chômage technique

Evrard, Marc

Award date:
1990

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 de la relation diversité substrat -
diversité faunistique dans les différents
biotopes d'un bief de la Meuse (Waulsort)
lors du chômage technique.

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

EVARD Marc.
1989 - 1990.

<u>Taxa.</u>	<u>Abréviations.</u>
Dugesia tigrina	Dug'
Dugesia lugubris	Dug
Polycelis sp.	Pol
Dendrocoelum lactum	Den
Nematodes	Nem
Lumbriculidae	Lum
Tubificidae	Tub
Branchiura sowerbyi	Bra
Lumbricidae	Lum'
Erpobdella octoculata	Erp
Helobdella stagnalis	Hel
Glossiphonia complanata	Glo
Piscicola geometra	Pis'
Unio pictorum	Uni
Unio crassus	Uni'
Anodonta anatina	Ano
Pisidium spp.	Pis
Sphaerium spp.	Sph
Dreissena polymorpha	Dre
Lymnaea spp.	Lym
Ancylus fluviatilis	Anc
Bithynia tentaculata	Bit
Viviparus viviparus	Viv
Theodoxus fluviatilis	The
Valvata piscinalis	Val
Asellus aquaticus	Ase
Proasellus meridianus	Pro'
Gammarus pulex	Gam
Gammarus roeselii	Gam'
Echinogammarus berilloni	Ech
Corophium curvispinum	Cor
Orconectes limosus	Orc
Ephemera danica	Eph
Ecdyonurus sp.	Ecd
Caenis spp.	Cae
Baetis spp.	Bae
Gomphus vulgatissimus	Gom
Platycnemis pennipes	Pla
Calopteryx virgo	Cal
Elmis spp.	Elm
Limnius sp.	Lim
Dystiscidae	Dys
Aphelocheirus aestivalis	Aph
Sialis nigripes	Sia
Hydropsyche contubernalis	Hyd
Hydropsyche exocellata	Hyd'
Neuriclipis bimaculata	Neu
Cynus trimaculatus	Cyr
Ecnomus tenellus	Ecn
Ceraclea spp.	Cer
Mystacides spp.	Mys
Glyptotendipes spp.	Gly
Microtendipes spp.	Mic
Dicrotendipes spp.	Dic
Pentareura spp.	Pen
Procladius spp.	Pro
Chironomus reductus	Chi
Atherix ibis	Ath

<u>Groupes fonctionnels.</u>	<u>Abréviations.</u>
Broyeur Détritivore	D
Broyeur Omnivore	O
Brouteur	B
Racleur	R
Suceur	S
Filtreur	F
Limnivore	L
Prédateur	P

Type de substrat :

- G1 : pierres, gros galets dominants avec vase.
- G2 : petits galets dominants avec vase.
- V1 : vase épaisse.
- V2 : vase peu épaisse.
- S1 : sable.
- S2 : sable avec graviers, galets, débris végétaux.
- P1 : perré non cimenté.
- P2 : perré cimenté.
- P3 : mur bétonné.
- P4 : perré non cimenté recouvert d'une coulée de béton.

Stabilité du substrat :

- 0 : pas de signe d'instabilité.
- 1 : signe d'instabilité.
- 2 : substrat nettement instable.

Type de végétation sur le substrat :

- V0 : absence de végétation.
- A1 : algues macroscopiques.
- A2 : algues et mousses mélangées.
- A3 : algues, mousses et macrophytes mélangés.
- P1 : phanérogames de bordures émergentes.
- P2 : phanérogames d'eau calme à feuilles flottantes.

Abondance de la végétation :

- 1 : recouvrement de 1 à 10 % sur l'habitat.
- 2 : recouvrement de 10 à 50 % sur l'habitat.
- 3 : recouvrement de 50 à 90 % sur l'habitat.
- 4 : recouvrement > 90 % sur l'habitat.

Nature de la couverture biologique (périphyton et plancton) :

- 1 : couverture biologique pratiquement nulle.
- 2 : diatomées peu visibles.
- 3 : diatomés assez développés.

Mode de prélèvement sur l'habitat :

- S : filet de Surber de 30 sur 33 cm.
- Q : quadrats de 30 sur 33 cm.

Classes de hauteur d'eau :

- H1 de 0 à 15 cm.
- H2 de 15 à 75 cm.
- H3 de 75 à 200 cm.
- H4 > 200 cm.

Classes de distance au haut de berge :

- D1 de 0,5 m à 2 m.
- D2 de 2 m à 5 m.
- D3 > 5 m.

Classes de vitesse de courant :

- C1 de 0 à 10 cm/s.
- C2 de 10 à 30 cm/s.
- C3 de 30 à 80 cm/s.
- C4 > 80 cm/s.

<u>Station.</u>	<u>Substrat.</u>
Station 1	vase
Station 2	vase/galets/pierres/blocs
Station 3	vase/galets/pierres/blocs
Station 4	perré à coulée de béton
Station 5	vase/galets/pierres
Station 6	perré à sec/graviers/galets
Station 7	galets/pierres/blocs
Station 8	galets/pierres
Station 9	perré cimenté

Facultés Universitaires Notre-Dame de la paix.

FACULTE DES SCIENCES.

Rue de Bruxelles 61 - 5000 NAMUR.

Tél. 081/72.41.11. - Telex 59222 Facnam-b - Telefax 081/23.03.91

Etude de la diversité substrat-diversité faunistique dans les différents biotopes d'un bief de la Meuse (Waulsort) lors du chômage technique.

EVRARD Marc.

Résumé

Une étude quantitative des microhabitats aquatiques et des peuplements d'invertébrés benthiques a été réalisée sur certaines stations d'un bief de la Meuse moyenne supérieure (Waulsort), dans le but de mettre en évidence leurs relations avec le substrat. La mise en chômage technique de la Meuse offre des conditions exceptionnelles d'échantillonnages des berges exondées. Diverses représentations graphiques montrent la répartition des communautés d'invertébrés benthiques sur les substrats envasés et/ou caillouteux. Une analyse par traitement statistique en analyse factorielle des correspondances des microdistributions d'invertébrés benthiques sur le substrat met en évidence la succession longitudinale de ces substrats dans le bief de Waulsort. Les substrats érodés, exclusivement caillouteux, font progressivement place aux substrats envasés. La distribution des macroinvertébrés suit cette succession, les espèces rhéophiles des substrats érodés faisant place aux espèces limnophiles, caractéristiques des substrats envasés.

Mémoire de licence en Sciences Biologiques.

Juin 1990.

Promoteur : Professeur J.-C. Micha.

Je tiens à exprimer ma plus vive reconnaissance à Monsieur le Professeur J.-C. Micha pour l'étude qu'il m'a confiée et permis de mener à bien en m'assurant toutes les facilités de travail et d'utilisation du matériel indispensable à l'échantillonnage.

Que Mademoiselle G. Verniers, chargée de mission au GIREA, reçoive ici le témoignage de ma gratitude pour l'aide qu'elle m'a toujours si aimablement apportée au cours de la réalisation de ce mémoire.

Qu'il me soit permis de remercier tout spécialement Madame F. Orban-Ferauge pour son aide précieuse apportée à la mise en forme cartographique et dans le traitement statistique des données.

Merci à Monsieur P. Overlau pour ses conseils judicieux, Monsieur J.-P. Descy pour l'examen du périphyton, Monsieur Ph. Stroot pour l'identification des macroinvertébrés, plus particulièrement les Ephéméroptères et les Trichoptères, ainsi qu'à Monsieur Goddeeris de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique pour l'identification des Diptères.

Tous mes remerciements vont encore à l'équipe des techniciens, Messieurs A. Evrard et Y. Mine, pour l'aide efficace qu'ils m'ont apportée dans des conditions souvent difficiles lors du travail sur le terrain.

Enfin je remercie Patricia, mes parents et toutes les personnes qui m'ont soutenu tout au long de cette année par leurs encouragements et leur amitié.

TABLE DES MATIERES.

=====

Introduction.	6
PREMIERE PARTIE : Synthèse bibliographique.	8
1. La Meuse et son bassin versant.	8
1.1. Le bassin versant mosan.	8
1.1.1. Le contexte morphologique.	8
1.1.2. Le contexte géologique.	9
1.1.3. Le contexte humain.	12
1.2. Le milieu : la Meuse.	16
1.2.1. Aperçu des groupements végétaux.	16
1.2.1.1. Le phytoplancton et le périphyton.	17
1.2.1.2. Les algues macroscopiques.	17
1.2.1.3. Les bryophytes.	19
1.2.1.4. Les macrophytes.	19
1.2.2. Aperçu faunistique.	20
1.2.2.1. Le zooplancton.	20
1.2.2.2. Les macroinvertébrés benthiques.	20
1.2.2.3. L'ichthyofaune.	23
2. Les facteurs biotiques et abiotiques influençant la microdistribution.	24
2.1. La structure du substrat.	24
2.1.1. Les berges naturelles.	25
2.1.2. Les berges artificielles.	27
2.2. La microdistribution des macroinvertébrés benthiques.	29
2.2.1. Les principaux facteurs responsables de la microdistribution.	29
2.2.2. La biocénose des milieux lénitiques.	31
2.2.2.1. Adaptations de la faune aux substrats déposés.	32

2.2.3. La biocénose des milieux lotiques.	34
2.2.3.1. Adaptations de la faune aux substrats érodés.	35
2.2.3.2. Les adaptations morphologiques.	35
2.2.3.3. Les adaptations éthologiques.	37
2.2.4. Les sources de nourriture et les régimes alimentaires.	38
2.2.5. Les modes de respiration.	41
2.2.6. Les cycles de développement.	46
3. Le traitement des données.	48
3.1. L'indice de Shannon-Weaver.	48
3.2. Le traitement statistique en analyse factorielle des correspondances.	49
3.3. Estimation de densité-biomasse.	51
DEUXIEME PARTIE : Analyses "in situ".	53
1. Le Milieu.	53
1.1. Choix du secteur d'étude : le bief de Waulsort.	53
1.2. Choix des stations.	54
1.3. Description des stations.	54
2. Matériel et méthodes.	57
2.1. Matériel de récolte.	57
2.2. Méthode d'échantillonnage.	57
2.3. Traitement des échantillons.	59
2.3.1. Tri des échantillons.	59
2.3.1.1. Lavage sur tamis.	59
2.3.1.2. Tri à la main.	59
2.3.2. Détermination des macroinvertébrés récoltés.	59

3. Résultats et discussions.	61
3.1. Cartographie du bief.	61
3.1.1. Caractéristiques du substrat.	61
3.1.2. Estimation de la surface des différents substrats.	69
3.1.3. Caractéristiques des stations échantillonnées.	73
3.2. Inventaire faunistique.	81
3.3. Etude quantitative.	85
3.3.1. Comparaisons des différentes stations.	85
3.3.1.1. L'indice de Shannon-Weaver.	87
3.3.1.2. L'analyse factorielle des correspondances.	88
3.3.1.3. Estimation de la densité et de la biomasse.	97
3.3.2. Abondance totale et relative aux différentes stations.	104
3.3.2.1. Analyse de la structure des communautés benthiques.	104
3.3.2.2. Comparaison des stations en fonction des groupes taxonomiques	107
3.3.2.3. Comparaison des stations en fonction des groupes fonctionnels	116
3.4. Conclusions.	120
4. Discussion générale.	121
Conclusions Générales.	125
Bibliographie.	130
Liste des figures.	136
Liste des tableaux.	139
Annexes.	141

INTRODUCTION.



INTRODUCTION.

=====

Tous les trois ans, la nécessité d'entretenir les barrages et les écluses répartis le long de la Meuse, provoque la mise en chômage technique du cours d'eau. Ce chômage technique consiste à ouvrir progressivement les barrages jusqu'à leur ouverture complète, ce qui a pour conséquence une importante baisse du niveau de l'eau le long des berges de la Meuse. L'ouverture des barrages rend donc les berges du fleuve accessibles sur une bonne partie de ses flancs. Les conditions exceptionnelles offertes pendant cette période qui s'étend entre les mois de septembre et octobre permettent d'effectuer des échantillonnages tout le long du profil de la berge avec plus ou moins de facilité.

Depuis quelques temps, l'Unité d'Ecologie des Eaux Douces des Facultés Universitaires de Namur entreprend une étude globale de la Meuse en tant qu'écosystème fluvial. Décrire et préciser le référendum des espèces qui font partie intégrante de cet écosystème s'inscrit donc dans le cadre général de cette étude de la Meuse. Ce travail est essentiellement basé sur l'étude des substrats présents dans le bief de Waulsort et de la microdistribution qu'ils imposent aux macroinvertébrés benthiques.

A travers cette étude, nous poursuivons comme objectif d'établir d'une part, un relevé cartographique de tous les types de berges et de leurs prolongements sous forme de plages de divers substrats. Ceci a été réalisé en effectuant les relevés sur l'entièreté des berges droites et gauches séparant les écluses de Waulsort et d'Anseremme qui constituent le bief de Waulsort. D'autre part, nous voulons montrer qu'avec l'existence d'une mosaïque de substrats, on retrouve une certaine hétérogénéité dans la composition de la faune. Cette hétérogénéité permettra l'estimation en terme de biomasse de quelques espèces abondantes composant la biocénose benthique de l'écosystème fluvial mosan.

Certains facteurs influençant directement ou indirectement la microdistribution des macroinvertébrés ne peuvent être négligés, la vitesse du courant, le substrat, la disponibilité en oxygène, les ressources nutritives sont des éléments très importants et variables au sein d'un même biotope. Par contre, d'autres facteurs sont constants dans un tronçon comme le bief de Waulsort et mise à part l'information générale qu'ils donnent, ils ne représentent pas des facteurs influants. C'est le cas de la température et des caractéristiques physico-chimiques.

Dans la première partie de cette étude, une analyse bibliographique synthétise les informations concernant la microdistribution des macroinvertébrés benthiques tant dans des milieux lotiques que lenticues. Différents types de substrats existant en Meuse moyenne supérieure sont également évoqués. Diverses méthodes de représentations de l'abondance des taxa sont expliquées ainsi qu'un test statistique d'analyse factorielle des correspondances, qui servira à mettre en relation la microdistribution de la faune benthique et le substrat.

Nous présentons les résultats de notre étude dans la seconde partie de ce travail. Les caractéristiques générales des stations tant du point de vue faunistique que topographique sont décrites, le matériel utilisé et les méthodes choisies pour réaliser l'échantillonnage sont développées par la suite. Nous tenterons de préciser la relation faune-substrat à travers une série de graphiques et par l'intermédiaire des résultats de l'analyse factorielle des correspondances.

Pour terminer ce travail nous tirerons les conclusions générales.

PREMIERE PARTIE :

Synthèse Bibliographique.

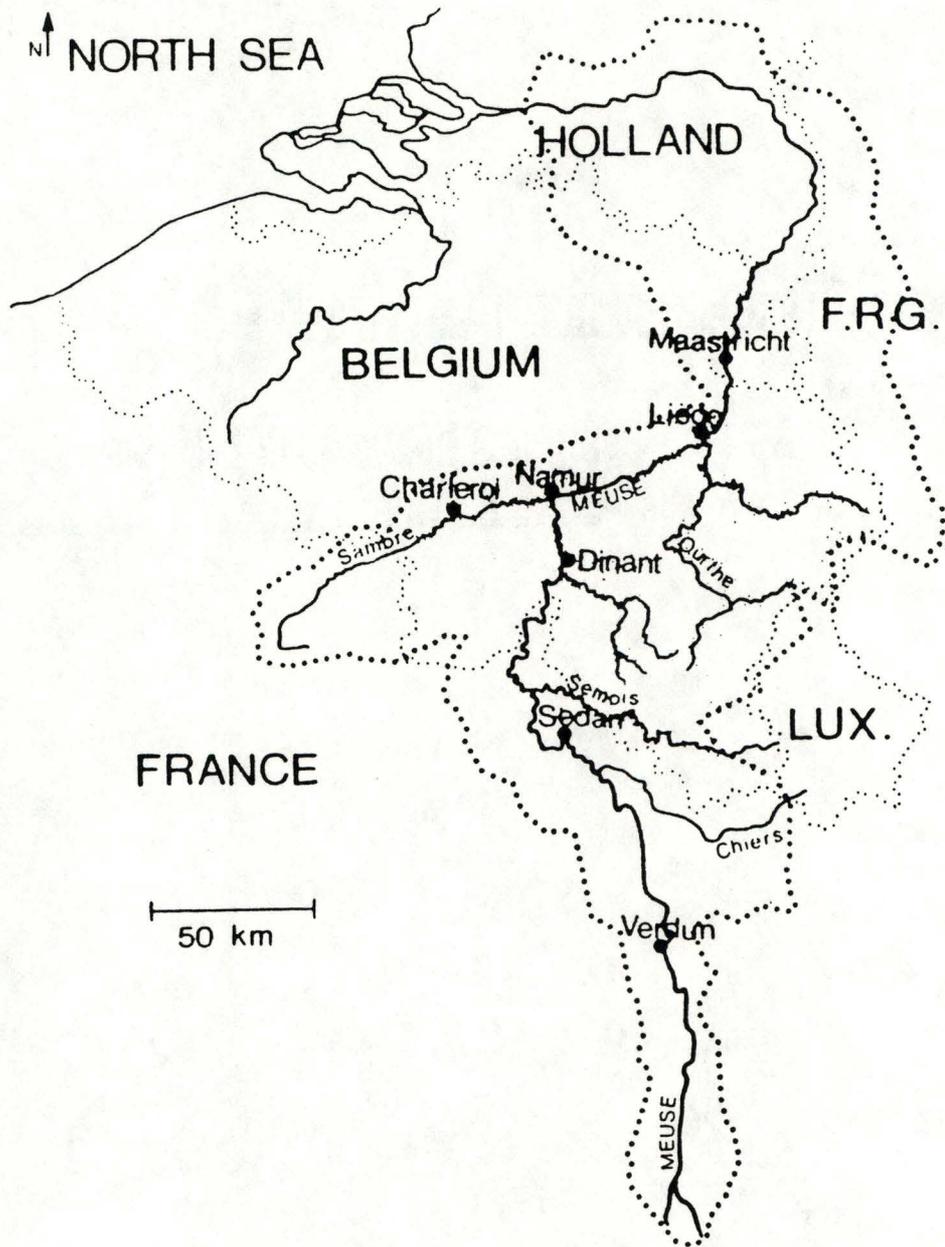
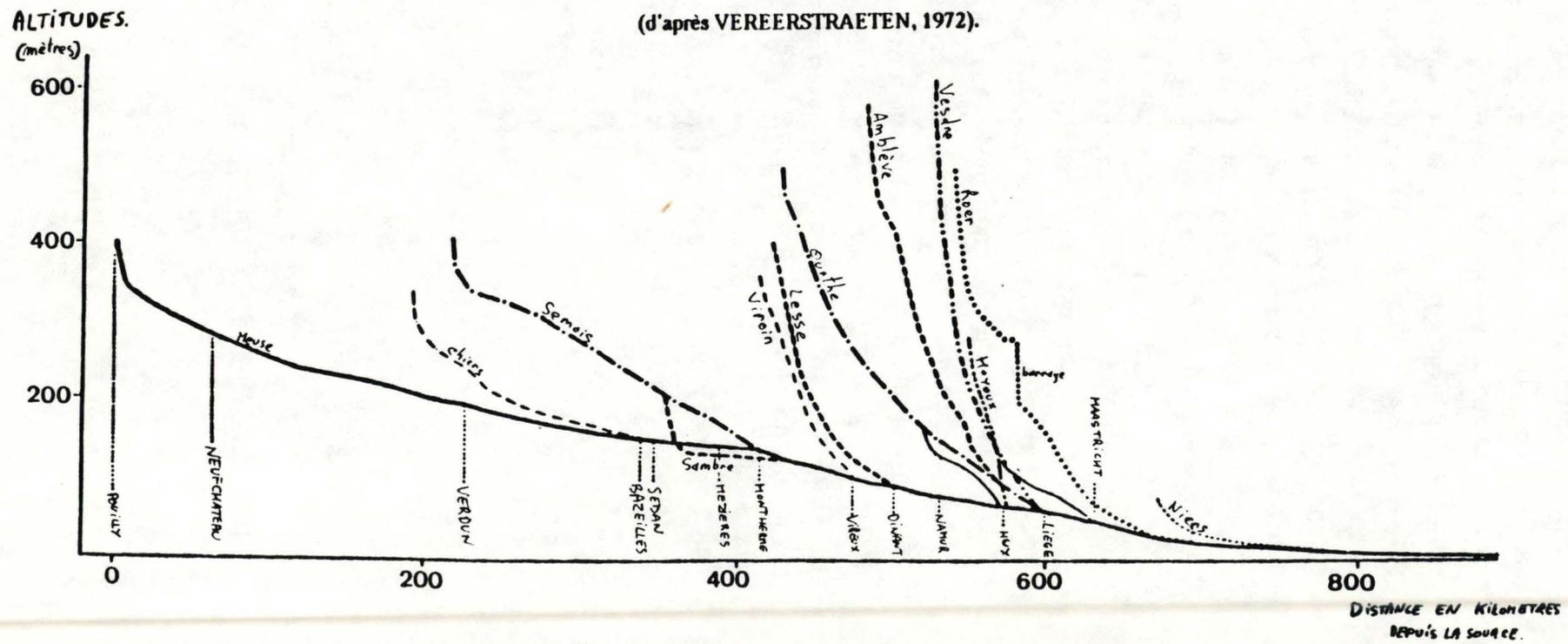


Figure 1 : La vallée de la Meuse : ses principaux affluents et son bassin versant. (....)
 (d'après MICHA et BORLEE, 1989).

1. La Meuse et son bassin versant.
-----**1.1. Le bassin versant mosan.****1.1.1. Le contexte morphologique.**

La Meuse, le plus important de nos cours d'eau avec ses 925 kilomètres, dont 124 en Belgique, prend sa source en France au pied du plateau de Langres à 410 mètres d'altitude (Figure 1). Son paysage est celui d'un longue vallée s'orientant du Sud au Nord. Avant d'entrer en Belgique, elle reçoit déjà plusieurs affluents dont la Chiers à Bazeilles. A ce moment, son cours est orienté d'Est en Ouest et coule à travers une large dépression en bordure du massif ardennais. La Meuse reprend son orientation primaire Sud-Nord et reçoit d'autres affluents sur le territoire français, la Semois à Monthermé et le Viroin à Vireux. Le paysage se modifie petit à petit pour devenir une vallée étroite. Après son entrée en Belgique à Hastière et en arrivant à Dinant, elle reçoit la Lesse à Anseremme. La Meuse descend ensuite vers Namur, cette traversée du plateau condrusien se fait à travers une vallée étroite dans les calcaires durs et les escarpements de grès. A Namur, la Sambre se jette dans la Meuse. On appelle Meuse moyenne supérieure cette partie en amont de Namur, par opposition à la Meuse moyenne inférieure, en aval de cette confluence avec la Sambre. La Meuse coule vers Andenne et puis vers Huy où elle reçoit sur la gauche la Méhaigne venant du plateau limoneux de Hesbaye et sur la droite le Hoyoux. La vallée s'oriente d'Ouest en Est et s'élargit quelque peu. La Meuse arrive alors à Liège et y reçoit l'Ourthe, la vallée de plus en plus large entaille la craie de Hesbaye. Elle forme ensuite la frontière avant d'entrer en Hollande où elle reçoit la Geer à Maastricht. La Meuse, à ce moment fleuve de plaine, continue sa route à travers les Pays-bas où elle se divise en de nombreux bras qui se confondent avec ceux du Rhin pour former des estuaires communs aux deux fleuves. Elle se

Figure 2 : Profil longitudinal de la Meuse et de ses principaux affluents
(d'après VEREERSTRAETEN, 1972).



jette finalement dans la Mer du Nord. Le bassin hydrographique de la Meuse s'étend sur une superficie de 36011 km² de la source à l'embouchure, dont 13489 km² pour notre territoire, c'est-à-dire 44 % de la superficie de la Belgique (TILMONT et DE ROECK, 1957).

Fleuve de plateau, la Meuse a un débit important dû à sa pente naturellement forte (pente moyenne de 0.25‰ en Belgique, DE CLERQ-VERSELE et KIRCHMANN, 1982), cette pente a été nettement modifiée afin de permettre la navigation des péniches. De plus, ses affluents accusent des pentes de 2 mètres (Ourthe), 4 mètres (Lesse) ou 9 mètres (Hoyoux) au kilomètre (Figure 2). Aussi la Meuse a-t-elle des crues redoutables parce qu'elles sont inattendues, rapides, élevées, nous en reparlerons plus loin. Le débit de la Meuse varie selon la saison avec un débit minimum en été et un débit maximum à la fin de l'hiver dû à des crues exceptionnelles occasionnées par les précipitations et le dégel. Le débit moyen annuel est à Verdun 28 m³/s, à Charleville 93 m³/s, à Ampsin 182 m³/s et à Visé 282 m³/s. Le débit annuel augmente donc progressivement d'amont en aval. La dernière décennie a vu le débit passer à 184 m³/s au lieu de 317 m³/s au début du siècle (VEREESTRAETEN, 1972).

1.1.2. Le contexte géologique.

Chez nos voisins du Sud, la nature géologique du bassin versant appartient aux terrains du secondaire. Le relief est modelé de côtes parallèles à la Meuse, il est formé de roches calcaires jurassiques avec quelques gisements de minerais de fer localisés.

A la frontière franco-belge, la Meuse coule à travers une partie des terrains primaires composés de phyllades et de quartzites de l'Ardenne.

Une zone de moyens-plateaux de roches primaires de 200 à 300 mètres d'altitude unit les bas-plateaux limoneux à l'Ardenne (Figure 3). Le plateau condrusien, au sud du sillon Sambre-et-Meuse, présente en affleurement, des bandes successives et étirées d'Ouest en Est, de grès et de calcaires. Les grès très résistants forment les bombements appelés "tûdjes" et les calcaires, plus

tendres que les grès et d'ailleurs dissous par l'eau, forment les dépressions évasées (FOURNEAU,1984) (Figures 4 et 5). Le plateau condrusien est donc un plateau ondulant que coupent transversalement des vallées profondes : la Meuse de Dinant à Namur, le Hoyoux et l'Ourthe inférieure.

A Dinant, la vallée se resserre et lorsque l'on pénètre dans le défilé, la ville s'allonge entre les parois de rochers et la Meuse. D'amont vers l'aval, on remonte dans la série des couches géologiques le terme le plus ancien étant les psammites fameniens qui forment la partie centrale de l'anticlinal d'Anseremme (Figure 6). De l'autre côté de l'anticlinal d'Anseremme, on retrouve le calcaire carbonifère en grands rochers longés par la voie du chemin de fer sur la rive gauche. La série est plissée mais présente une coupe presque continue jusqu'à Hastière (LOMBARD,1957). Les masses waulsoriennes formées de calcaires à veines bleues, de dolomies et de calcaires clairs peuvent être aisément observées à la localité de Waulsort. Immédiatement au sud d'un sentier franchissant la voie ferrée, on peut récolter de beaux échantillons de waulsortien veiné à Bryozoaires, Mollusques et Brachiopodes. Les calcaires associés aux formations waulsortiennes s'observent depuis le château de Freyr, sur la rive droite dans l'ancienne carrière ouverte au coeur d'un synclinal. Ce sont des calcaires gris violacé déposés sur les flancs des récifs waulsortiens. Le noyau du synclinal est occupé par des calcaires noirs dont certains niveaux ont été exploités autrefois comme marbres noirs dans toute la région (ROBAZYNSKI et DUPUIS, 1983).

La surface condrusienne se prolonge au Nord-Est, au delà de la Vesdre, dans le plateau de Herve, plateau disséqué par des vallons descendant vers la Basse-Meuse et constitué de terrains argileux .

Aux Pays-bas, au Nord de Maastricht, ce sont des terrains plats argileux et sableux datant du quaternaire qui dominant dans le bassin versant mosan.

En résumé, le bassin versant mosan est constitué par des terrains jurassiques calcaires au sud, des schistes dévoniens au centre, des argiles et des sables au nord (Figure 7).

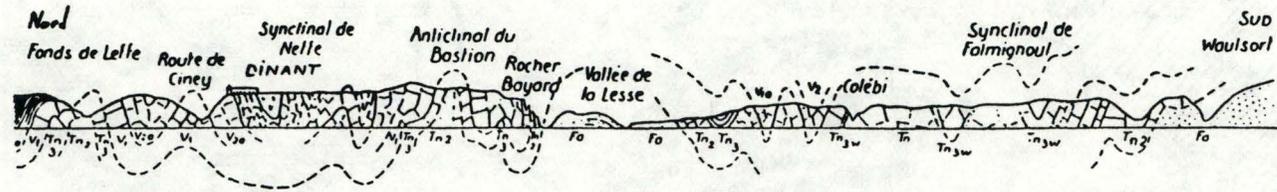
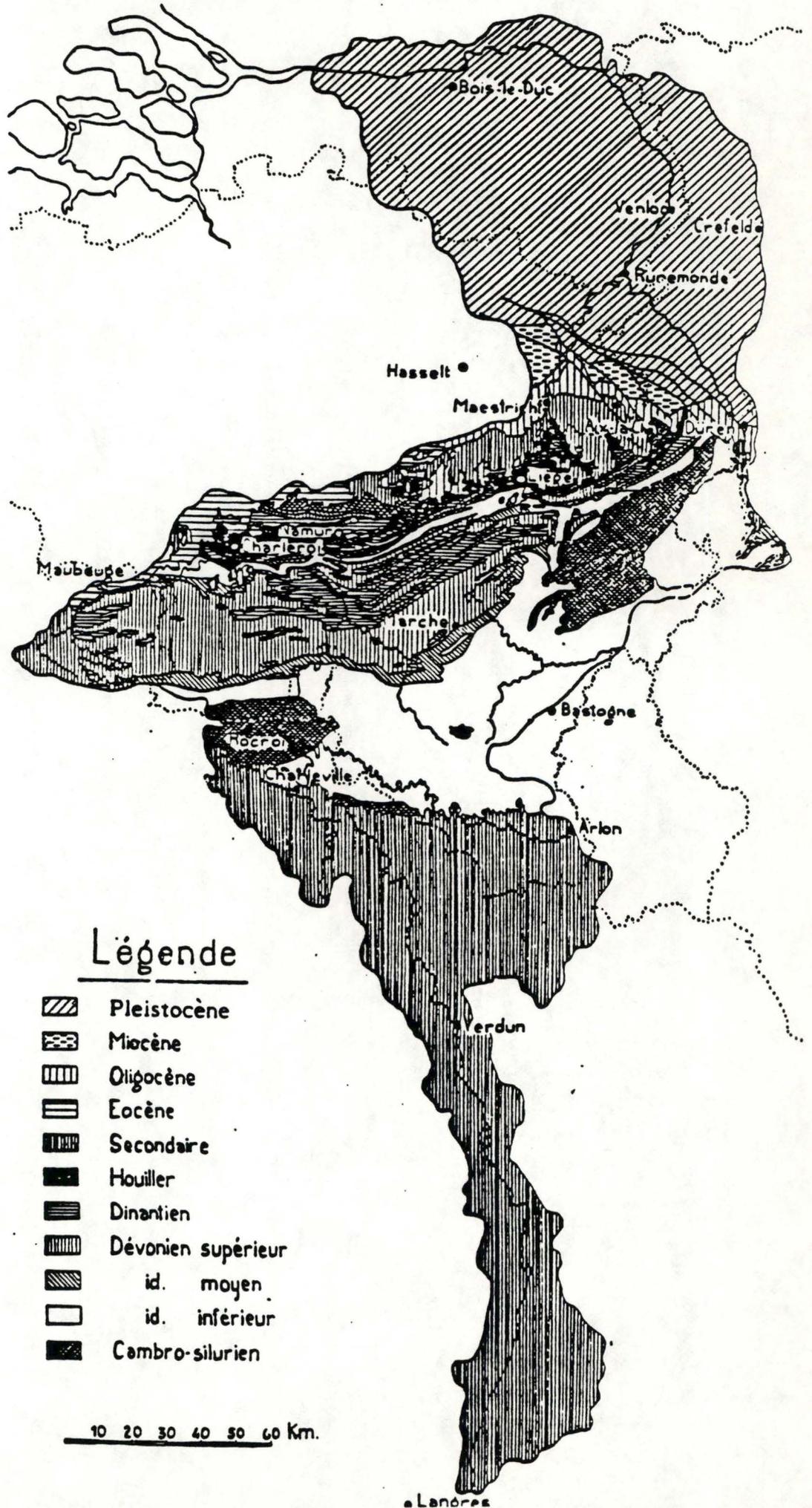


Figure 6 : Profil de la vallée de la Meuse, de Dinant à Waulsort (d'après LOMBARD,1957).

Figure 7 : Carte géologique du bassin de la Meuse (d'après FOURMARIER, 1939).



Légende

-  Pleistocène
-  Miocène
-  Oligocène
-  Eocène
-  Secondaire
-  Houiller
-  Dinantien
-  Dévonien supérieur
-  id. moyen
-  id. inférieur
-  Cambro-silurien

10 20 30 40 50 60 Km.

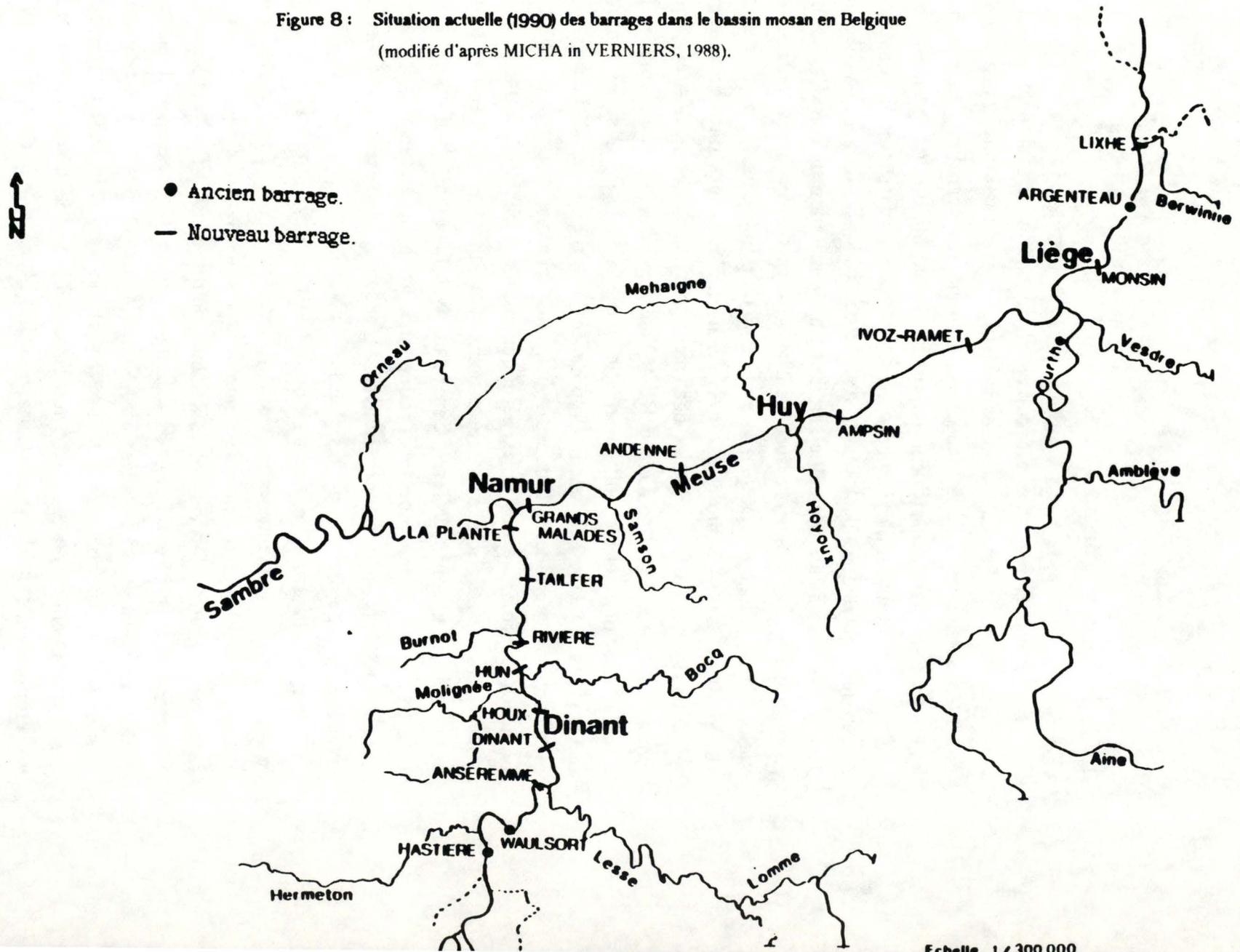
a Landres

1.1.3. Le contexte humain.

Revenons un instant aux occupations du bassin versant proprement dit. Au Nord-Est de la France, quelques industries d'exploitation du minerai de fer s'étendent sur les rives de la Meuse. L'agglomération carolorégienne implante le long de la Sambre, affluent important de la Meuse, de grandes usines sidérurgiques et une foule d'ateliers livrant des produits issus de la construction mécanique, métallique, électrique. Autour de la cité de Liège, la vallée de la Meuse et ses versants forment le site d'une agglomération industrielle. Sur les rives du fleuve, à Seraing se succèdent les foyers sidérurgiques fournissant la variété de l'outillage mécanique. Entre ces deux points chauds de la sidérurgie, au confluent de la Sambre et de la Meuse, Namur est plus commerçante qu'industrielle. Il faut signaler également deux centrales nucléaires, l'une à Chooz en amont de la frontière belge et l'autre à Tihange entre Namur et Huy dont les eaux de rejet réchauffent artificiellement la Meuse. Obligée d'importer de grandes quantités de matières premières et d'exporter à l'étranger des marchandises fabriquées, l'industrie belge a recherché pour diverses de ses branches la proximité des voies de communication, chemins de fer et surtout voies d'eau. Le trafic par rivières canalisées et canaux n'arrive pas au tonnage assuré par les chemins de fer. Cependant avec l'augmentation du gabarit des bateaux servant au transport des produits industriels, il faut aménager, canaliser certaines rivières ou sections de rivières. L'ensemble du réseau se localise donc dans la région de plaine et de bas-plateaux du Nord.

Sur les hauteurs, le plateau ondulé du Condroz appartenant en grande partie au bassin versant mosan, s'oriente vers l'élevage. Les dépressions sur calcaire accueillent la prairie et la culture fourragère autant que les céréales. on y retrouve de grandes fermes isolées à l'allure de forteresse. Souvent les villages, aux maisons de grès et de calcaire s'allongent sur le flanc méridional des crêtes, comme dans les grandes vallées Sud-Nord (Meuse, Ourthe). Les nombreuses carrières s'ouvrent notamment dans les flancs des vallées calcaires qui, du Nord au Sud coupent le plateau. Le tourisme et l'industrie hôtelière ont pris un développement considérable. Certaines villes bâties le long de la Meuse vivent essentiellement des diverses branches de ce type d'industrie, c'est le cas à Dinant

Figure 8 : Situation actuelle (1990) des barrages dans le bassin mosan en Belgique
 (modifié d'après MICHA in VERNIERS, 1988).



ou à Namur par exemple. On connaît le pittoresque de la vallée mosane : falaises calcaires de Waulsort, ravins sauvages du Colébi, rocher Bayard (TILMONT et DE ROECK, 1957).

La conséquence de l'urbanisation et de l'expansion des voies de communications (chemin de fer et routes) est le développement des agglomérations et des industries dans le lit majeur de la Meuse. Cet empiètement sur les bras du fleuve, lié à la présence d'eau utilisée à des fins diverses (navigation, industries,...), a été plusieurs fois par le passé dommageable aux riverains. Outre certaines inondations peu importantes, il s'est produit deux à trois fois par siècle, des crues extraordinaires. A la fin du siècle dernier, les eaux dépassèrent toutes limites (BORLEE, 1988), il en résulta l'occupation légitime du lit majeur et du lit mineur sans aucun égard pour les constructions humaines trop hasardeuses qui avaient empiété sur le territoire du fleuve. Ces crues exceptionnelles mirent en évidence les imperfections des ouvrages destinés à régulariser le débit du fleuve et on se préoccupa des améliorations futures à apporter.

Afin de lutter contre les irrégularités de débit dont on a parlé précédemment, l'homme est intervenu. La Meuse n'est donc naturellement que très peu navigable et dans le but de la rendre navigable et de régulariser le débit, différents travaux d'amélioration du fleuve se sont succédés depuis le début du XIX^{ème} siècle. La transformation des hauts-fonds en passe navigable, la canalisation du lit mineur et la construction des barrages ont été les modifications importantes réalisées sur le fleuve (BORLEE, 1988). Les écluses réparties le long du fleuve, permettent le passage des bateaux d'un bief à l'autre. Les barrages construits par l'homme, régularisent et répartissent les masses d'eau le long du fleuve (Figure 8). Anciennement, on laissait passer la quantité d'eau désirée en "levant des poutrelles", actuellement la majorité des barrages modernes sont équipés de vannes électromécaniques qui se chargent de l'écoulement de l'eau d'un bief à l'autre.

Il existe actuellement un projet de rénovation du barrage de Waulsort qui, avec celui d'Hastièrre, sont encore des anciens barrages à manoeuvre manuelle donc lent et dangereux. La fermeture de la passe navigable se fait manuellement

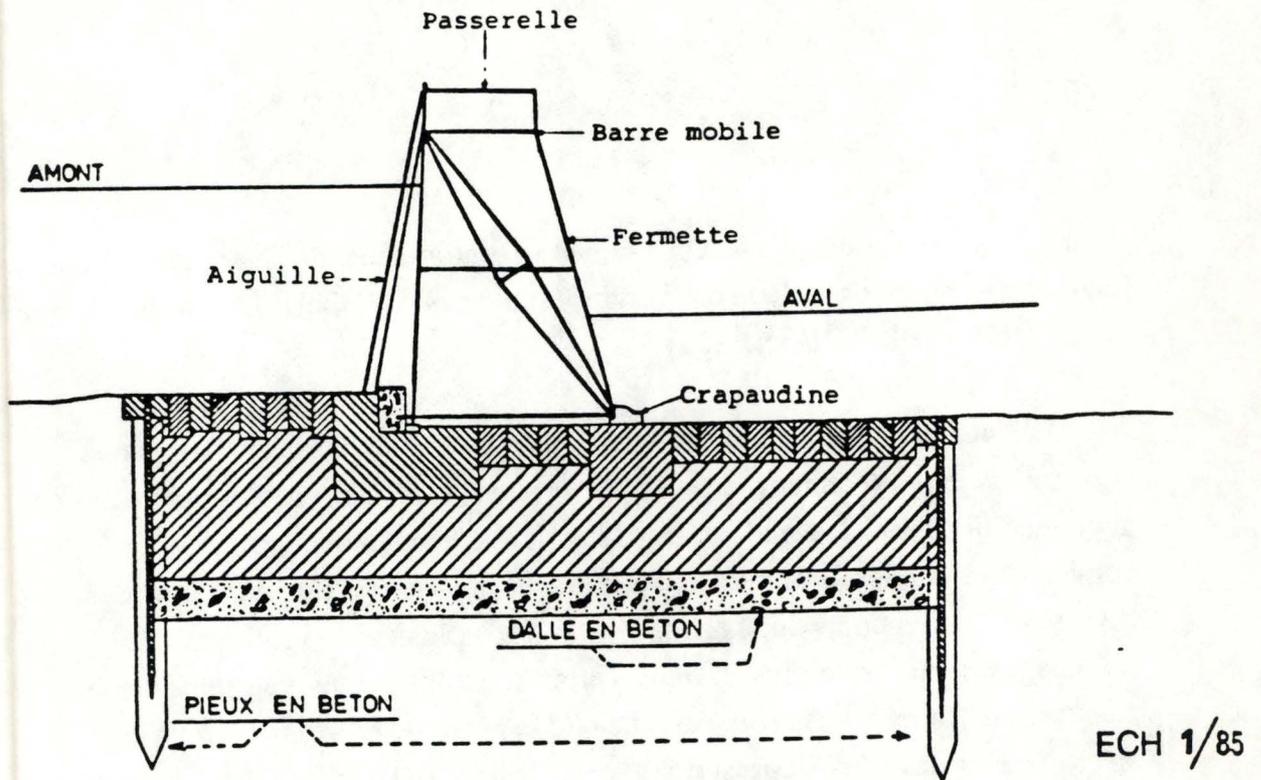


Figure 9 : Coupe transversale d'un ancien barrage avec pertuis à aiguilles
(d'après MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, 1987 in BORLEE,1988).

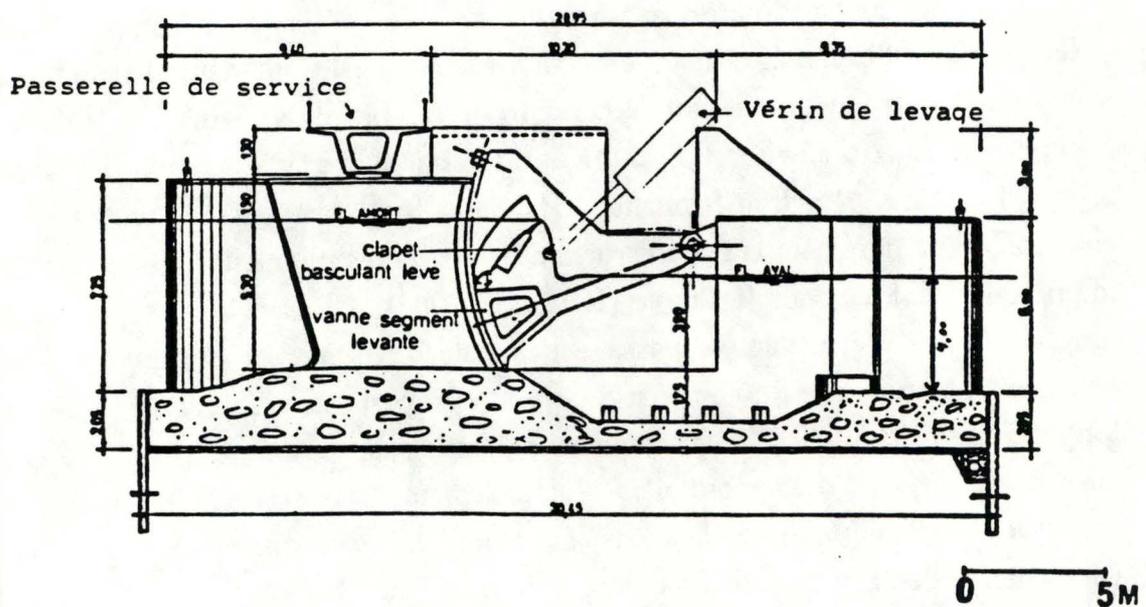


Figure 10: Coupe transversale d'un barrage moderne de la haute Meuse
(d'après MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, 1983 in BORLEE,1988).

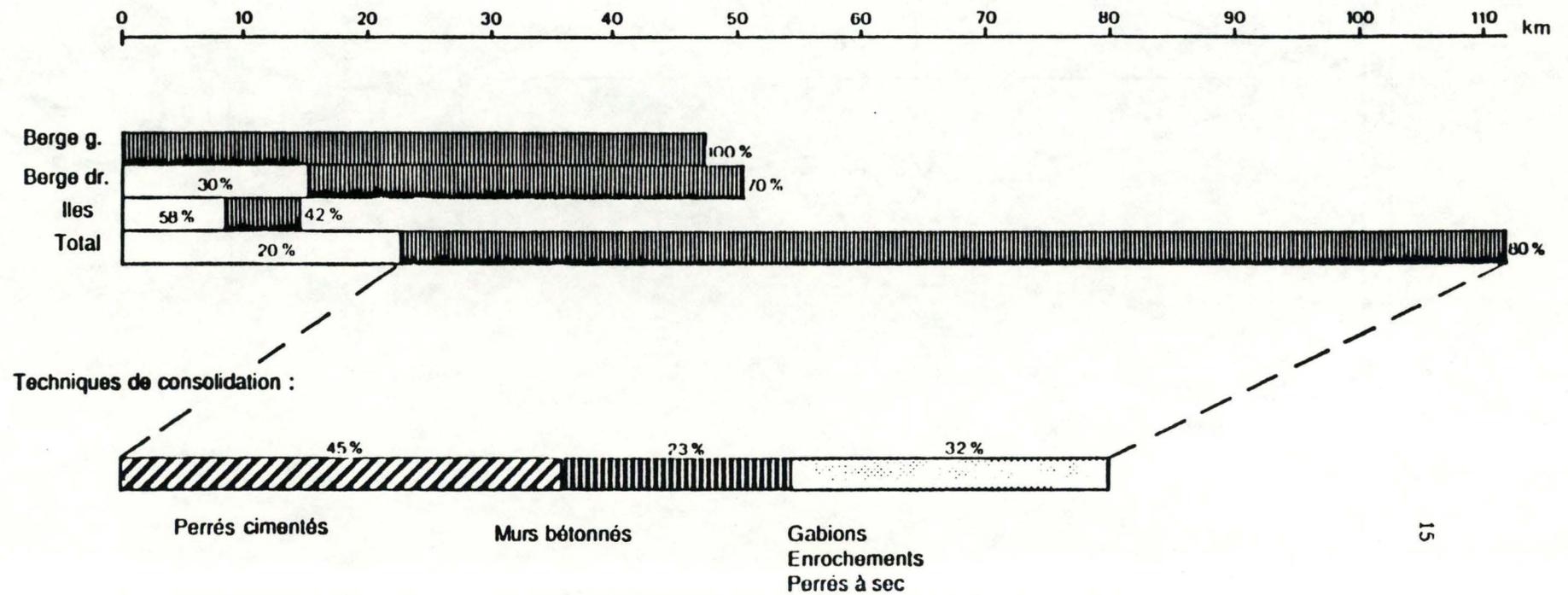
à l'aide de travées à fermeture mobile composées de fermettes en fer soudé et d'aiguilles en bois de sapin (BORLEE, 1988). Ce vieux barrage à aiguilles ferait place dans un avenir proche à un barrage moderne, rapide, précis et sûr (Figures 9 et 10).

Le gabarit actuel de la Meuse en amont de Namur est de 1350 tonnes. En aval de Namur, le projet de mise à gabarit à 9000 tonnes est aujourd'hui réalisé. Les impératifs de la navigation ont nécessité la consolidation des berges par des perrés obliques en amont de Namur et par des murs verticaux ou obliques, le plus souvent bétonnés, en aval de Namur (VERNIERS, 1988). Ces aménagements du fleuve mosan ne sont pas sans conséquences sur le fonctionnement de l'écosystème fluvial.

Une des conséquences de cet impact sur le schéma type d'un bief de la Meuse moyenne supérieure (comme celui de Waulsort) est qu'il existe une différence fondamentale entre la rive droite et la rive gauche de la Meuse (Annexe 4). Ainsi la rive droite est en partie une berge naturelle se révélant riche et diversifiée en macroinvertébrés, de nature caillouteuse et/ou vaseuse selon les cas. Sur un total de dix biefs appartenant à la Meuse moyenne supérieure, 14,2 kilomètres de rive droite, soit 30 %, sont encore à l'état naturel (Figure 11). Les berges droites restantes sont artificielles pour un total de 83,5 kilomètres (VERNIERS, 1988). Sur la rive droite du bief de Waulsort qui compte 7,5 kilomètres, 2,8 kilomètres sont des berges naturelles. Il faut ajouter à cela le caractère sauvage qui rend les berges naturelles très valorisantes et attrayantes (VERNIERS et SILAN, 1987). Les îles présentent un potentiel non négligeable des berges naturelles (58 %). Au total, 20% des berges demeurent naturelles contre 80 % de berges entièrement artificielles. La rive gauche de la Meuse moyenne supérieure est une berge surélevée entièrement artificielle à 100 %, elle supporte la route en plongeant dans la rivière. Le talus est soit un simple mur bétonné, soit un perré à pierres cimentées avec un enrochement en bas de berge. Le fond de la rivière présente un substrat dur de graviers, pierres, blocs sur base de vase compacte ou de rochers (reconnaissance sur place lors du chômage technique).

- berge naturelle
- berge artificielle

Figure 11 : Bilan des stabilisations des berges en Meuse moyenne supérieure (Heer-agimont - Namur, octobre 1986) (d'après VERNIERS, 1988).



Echelle : 1 meq/litre = 2 cm.

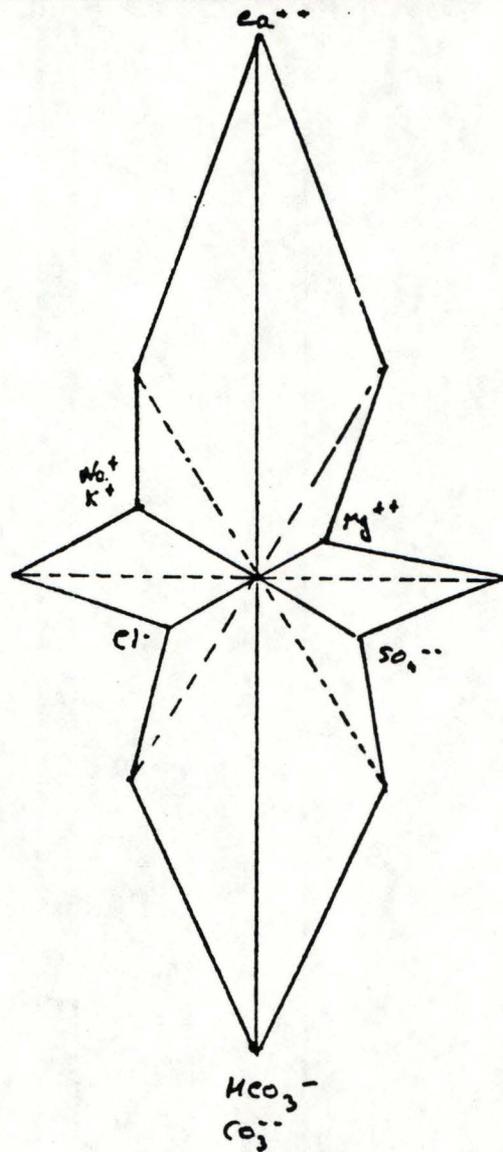


Figure 12: Diagramme ionique de la Meuse à Waulsort le 18 septembre 1989.

1.2. Le milieu : la Meuse.

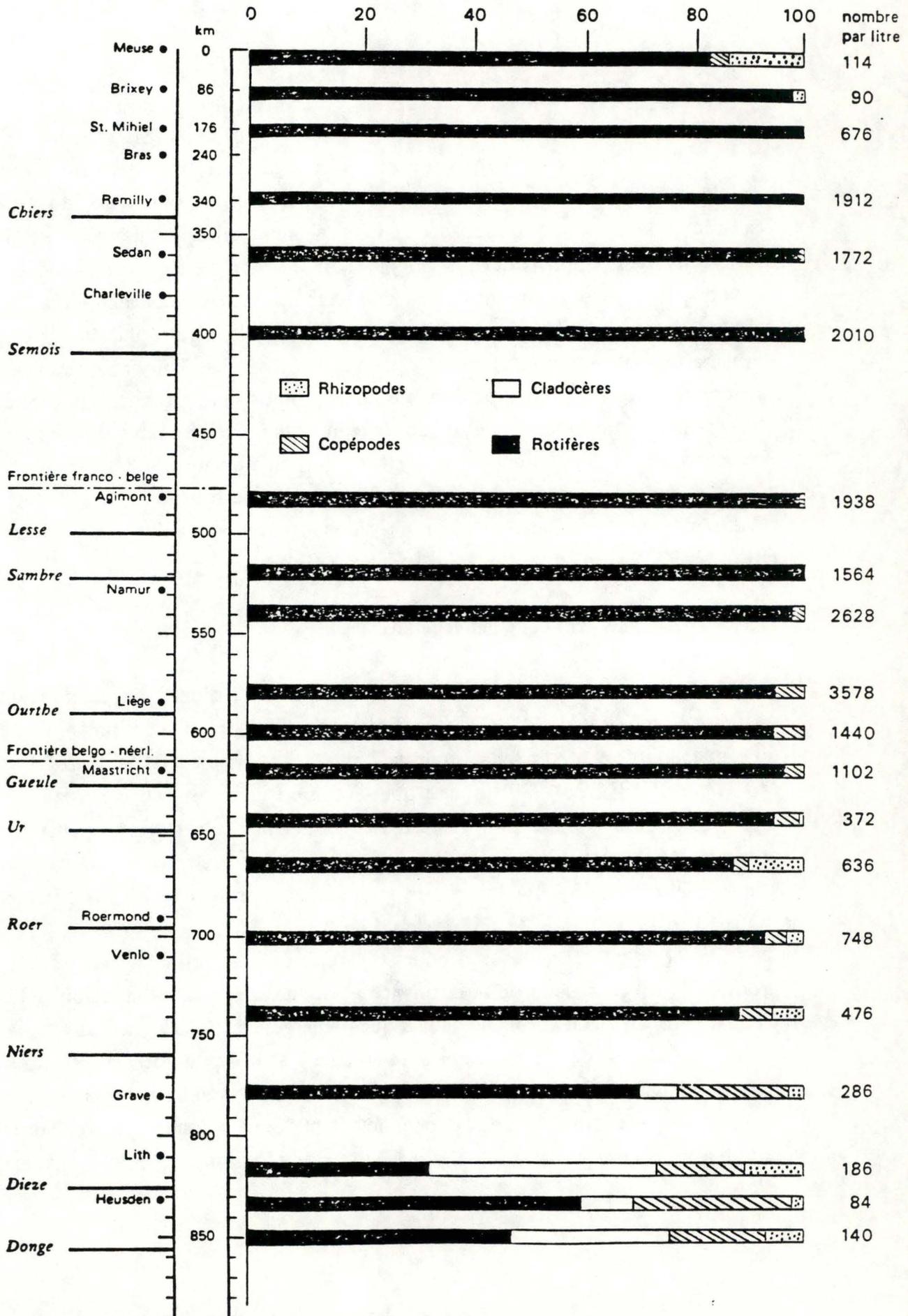
La Meuse moyenne supérieure est caractérisée par une faible pollution organique et minérale, par une composition ionique bien équilibrée du type "calcaire" riche avec forte dominance en ions calcium et bicarbonates résultant de la traversée des régions calcaires (Figure 12). La confluence avec la Sambre provoque une augmentation de la conductivité et des concentrations en ammoniacque, nitrates et phosphates, principaux agents d'eutrophisation. Ces derniers provoquent une croissance excessive d'algues ("bloom") dans les sections du fleuve où le temps de rétention est important. En région liégeoise, outre les pollutions industrielles, on constate une diminution en oxygène dissous, une nouvelle augmentation en phosphates et ammoniacque. Ces analyses physico-chimiques mettent donc en évidence la bonne qualité des eaux de la Meuse moyenne supérieure et leur altération progressive à l'aval de Namur (RIWA, 1982).

1.2.1. Aperçu des groupements végétaux.

Les plantes aquatiques jouent un rôle important : d'une part en pouvant servir de bioindicateurs (DESCY et EMPAIN, 1981) et d'autre part en tant qu'élément important d'habitat pour la faune. Une étude (DESCY 1983 in MICHA et BORLEE, 1989) montre que la composition des espèces végétales tout le long de la Meuse est variable. Les associations végétales actuellement présentes en Meuse moyenne supérieure devaient se retrouver autrefois en Meuse moyenne inférieure lorsque le milieu était moins perturbé (MICHA et BORLEE, 1989).

De façon générale dans un cours d'eau, la zonation des végétaux sur le profil de la berge dépend de la fréquence et de la durée des submersions. Le pied de talus est riche en plantes aquatiques émergentes et en algues. Le talus, zone de gradation de l'humidité, associe plantes semi-aquatiques et terrestres. Enfin le sommet colonisé par différentes associations végétales est inondé par les crues au rythme des saisons. Cependant, étant donné la grande profondeur et la faible transparence des eaux de la Meuse, la colonisation par les végétaux

Figure 13 : Composition relative du zooplancton de la Meuse en septembre 1982 (d'après RIWA, 1982).



photosynthétiques est limitée à une zone littorale s'étendant de la rive jusqu'à plus ou moins un mètre de profondeur. La production primaire de l'écosystème fluvial est donc assurée essentiellement par le phytoplancton.

1.2.1.1. Le phytoplancton et le périphyton.

La figure 13 donne le profil longitudinal des fréquences relatives des espèces d'algues phytoplanctoniques les plus importantes. Il apparaît que le phytoplancton est composé en majorité de Chlorophycées (algues vertes) et Bacillariophycées (Diatomées) (RIWA, 1982). Les eaux de la Meuse peuvent accuser une composition phytoplanctonique de plus de 90 % de diatomées (Tableau I) (DE CLERQ-VERSELE et KIRCHMANN, 1982). La variation de la densité totale du phytoplancton dans son ensemble au cours de l'année, présente à la bonne saison un pic, ensuite la densité est maximale en été. La première production phytoplanctonique est suivie d'une poussée de zooplancton dont le "grazing" détermine une chute de la biomasse du phytoplancton (MARNEFFE, 1988).

Le périphyton se compose principalement d'algues microscopiques fixées aux divers substrats aquatiques immergés (pierres, sédiments, macrophytes). Dans la Meuse il se trouve réduit à une frange de quelques cinquante centimètres au niveau des berges. Les diatomées dominent avec les genres *Nitzschia* et *Navicula* en Meuse moyenne supérieure (DESCY, 1973).

1.2.1.2. Les algues macroscopiques.

Les algues benthiques, c'est-à-dire fixées sur les bords de la rivière et le fond peuvent coloniser les substrats selon une zonation verticale. La figure 14 présente une telle répartition dans la Meuse.

Le substrat du lit de la rivière et des berges de la Meuse est recouvert d'algues, les algues vertes (Chlorophycée) dont *Cladophora glomerata* accompagnée en eaux calmes d'*Ulothrix* sp. (Chlorophycée) ainsi que des *Vaucheria* sp., algues jaune-vert (Xanthophycée). Les algues bleues coloniales sont des *Oscillatoria*, *Phormidium* et *Lyngbya* (Cyanophycée). Les radiers sont

	Eté 1946 et 1953 Indice d'abondance	Automne 1981 Abondance relative (%)
CHLOROPHYTA		(30,9)
<i>Chlorella vulgaris</i>	0	9,2
<i>Coelastrum microporum</i>	-	5,7
<i>Pediastrum boryanum</i>	ac	+
<i>Pediastrum duplex</i>	ar	+
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	0	3,6
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	x	2,1
CHRYSOPHYTA		(63,0)
<i>Chrysophyceae</i>		
<i>Dinobryon divergens</i>	ac	-
<i>Synura uvella</i>	-	0
<i>Bacillariophyceae</i> (Diatomeae)		
<i>Asterionella formosa</i>	c	+
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	-	0,9
<i>Diatoma vulgare</i>	r	+
<i>Fragilaria crotonensis</i>	c	0,3
<i>Melosira italica</i>	ac	1,5
<i>Melosira varians</i>	ac	+
<i>Nitzschia acicularis</i>	x	+
<i>Nitzschia actinastroïdes</i>	x	0
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	-	50,1
<i>Synedra acus</i> (et var. <i>radians</i>)	ac	0
CYANOPHYTA		(6,0)
<i>Microcystis cf. aeruginosa</i>	-	6,0
EUGLENOPHYTA	rr	0,2
PYRROPHYTA		(0,3)
<i>Cryptomonas</i> sp.	0	0,2

Tableau 1 : Comparaison des relevés de phytoplancton dans la haute Meuse belge en été 1946 et 1953 (d'après SYMOENS, 1957) et en automne 1981 (DESCY, 1983 in MICHA et PILETTE, 1983)

- = non répertorié

r = rare

c = commun

rr = très rare

ac = assez commun

x = présent

ar = assez rare

+ = simple présence

0 = non signalé

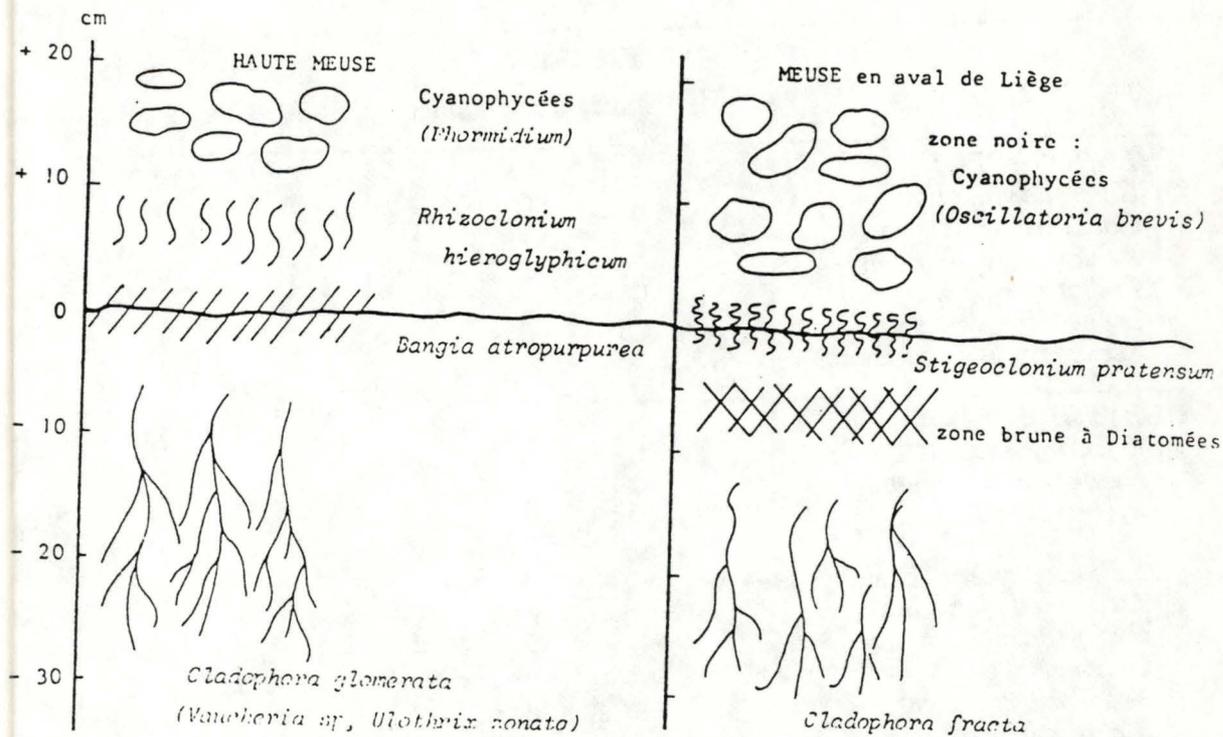


Figure 14 : Zonation algale sur les berges empierrées, la cote 0 correspond au niveau moyen des eaux (d'après DESCY, 1973).

colonisés également par des algues rouges *Lemanea fluvialis* et *Bangia atropurpureum* (Rhodophycée).

1.2.1.3. Les bryophytes.

Deux groupes de bryophytes surdominent dans la Meuse, il s'agit des différentes espèces constituant le genre *Cinclidotus* sp. qui dominent en Meuse moyenne supérieure et *Plathypnidium riparioïdes* qui prend de plus en plus d'importance après la confluence avec la Sambre. Les mousses colonisent préférentiellement les milieux à courants rapides sur substrats durs situés à proximité des barrages. Les études des populations bryophytiques effectuées sur les radiers de barrage témoignent d'une dégradation de la Meuse liégeoise (DE CLERQ-VERSELE et KIRCHMANN, 1982). Sur un autre plan, un intérêt dans l'étude des bryophytes est leur utilisation comme indicateurs de pollution par les radioéléments et par les micropolluants organiques (DESCY et EMPAIN, 1981).

1.2.1.4. Les macrophytes.

La végétation du haut de berge est dominée par l'aune glutineux (*Alnus glutinosa*) en compagnie de quelques espèces de saules (*Salix* sp.) (DETHIOUX, 1989). La végétation aquatique est représentée par des plantes submergées. Les hydrophytes immergés sont représentés essentiellement en Meuse moyenne supérieure par *Myriophyllum spicatum*, *Ceratophyllum demersum* et *Polygonum amphibium*. Dans les dernières rares roselières de la Meuse moyenne supérieure, les hélrophytes de type "roseaux" dominent avec *Phragmites australis* et *Phalaris arundinacea* ainsi que quelques espèces typiques comme l'*Iris pseudacorus* ou iris jaune et les carex (*Carex* sp.) (Tableau II)(DESCY, 1988 in MICHA et PILETTE, 1988). Ces sites privilégiés sont menacés de disparition par les travaux d'aménagement, c'est ainsi que sur 98 kilomètres de berge en Meuse moyenne supérieure, 4,4 kilomètres de roselières subsistent (VERNIERS, 1988).

	Meuse française (Ham-Givet)	Haute Meuse belge (Heer-Agimont)	Meuse moyenne (Namur-Liège)	Meuse llégeoise	Aval de Visé (début de la Meuse Meuse mitoyenne)
Hélophytes	Abondance	par secteurs, en réduction	réduction très forte	disparition	restauration locale
"Roseaux"					
<i>Phragmites australis</i>	X	X	X	-	-
<i>Phalaris arundinacea</i>	X	X	X	-	X
Autres :					
<i>Iris pseudacorus</i>	X	X	X	-	X
<i>Sparganium erectum</i>	X	X	-	-	-
<i>Typha latifolia</i>	X	X	-	-	-
<i>Acorus calamus</i>	X	X	-	-	-
<i>Butomus umbellatus</i>	X	X	-	-	-
<i>Carex</i> div. sp.	X	X	X	-	-
<i>Scirpus lacustris</i>	X	X	-	-	-
Hydrophytes	abondance	sporadisme	absence	absence	présence
<i>Myriophyllum spicatum</i>	X	X	-	-	-
<i>Ceratophyllum demersum</i>	X	X	-	-	-
<i>Polygonum amphibium</i>	X	X	-	-	-
<i>Potamogeton pectinatus</i>	X	?	-	-	X
<i>Nuphar lutea</i>	X	X	-	-	-
<i>Ranunculus fluitans</i>	X	-	-	-	-

Tableau II : Evolution amont-aval des macrophytes vasculaires aquatiques de la Meuse belge (d'après DESCY, 1988 in MICHA et PILETTE, 1988).

x = présence - = non signalé

1.2.2. Aperçu faunistique.

1.2.2.1. Le zooplancton.

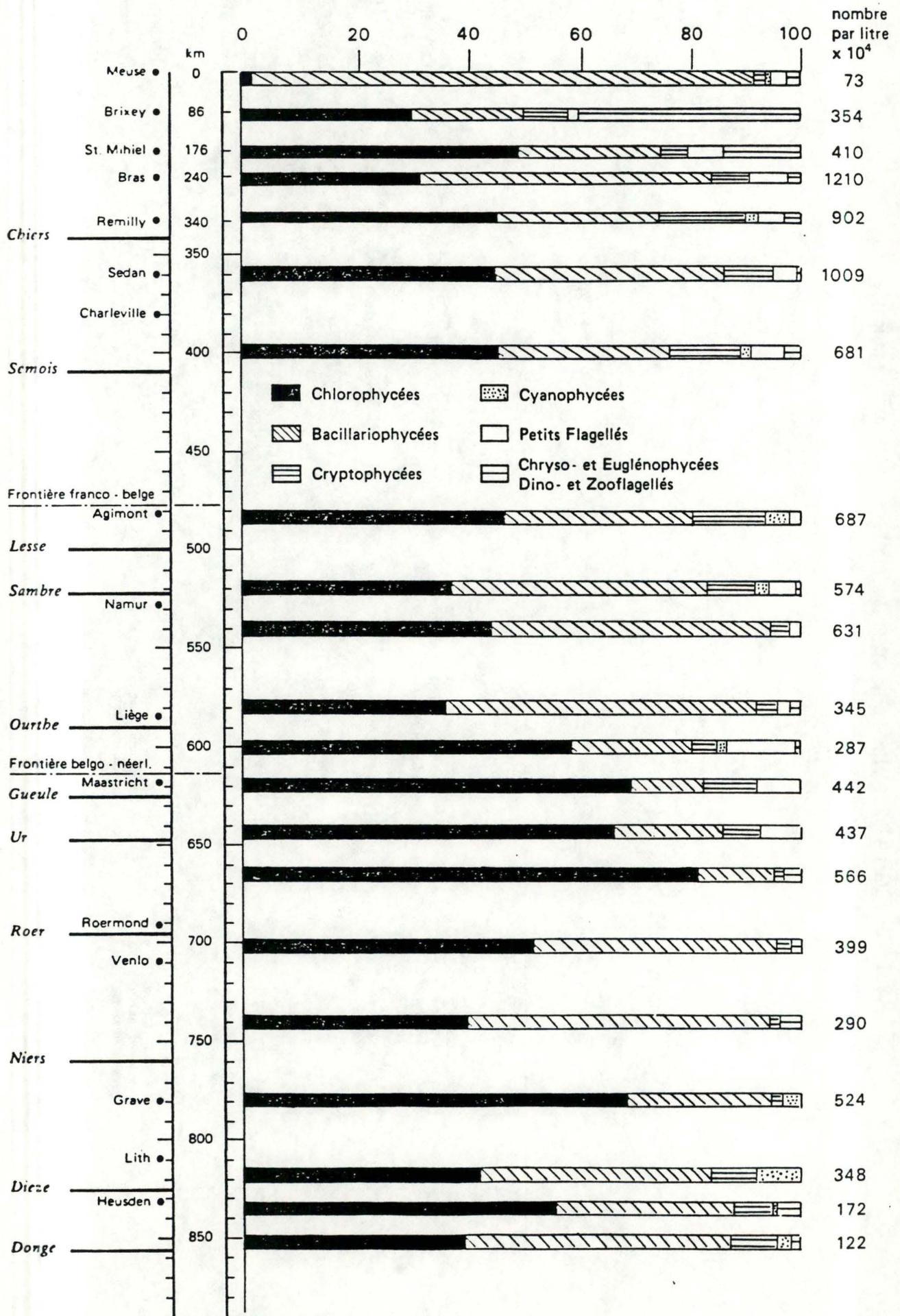
Le zooplancton fluvial est normalement constitué de Protozoaires (surtout de ciliés avec 22 espèces sur 24 au total, soit 90 %), de Rotifères, de crustacés et de larves de Mollusques (JEUNIAUX et al., 1984). Le zooplancton dispose d'une grande quantité d'algues pour se nourrir et sert lui-même de nourriture aux organismes supérieurs de la chaîne alimentaire. On remarquera l'abondance et la dominance des Rotifères du genre *Brachionus* spp., caractéristique d'un plancton de rivière (Figure 13). L'abondance du zooplancton de la Meuse varie en fonction des saisons, ces variations sont à mettre en rapport avec l'abondance du phytoplancton (RIWA, 1982). Cela se vérifie pour les crustacés Cladocères et Copépodes en fonction de la teneur en chlorophylle a.

1.2.2.2. Les macroinvertébrés benthiques.

La faune des eaux de la Meuse est très variée, à peu près tous les groupes taxonomiques y sont représentés. Une liste (Tableau III) recensant la macrofaune donne une idée de la diversité et de l'importance de certains groupes. Ainsi les groupes des Arachnides, des Crustacés, des Annélides, des Mollusques, des Plathelminthes et Némathelminthes, les Protozoaires, sans oublier les Insectes, forment l'essentiel de la faune des invertébrés d'eau douce.

Le tableau III donne la synthèse de tous les résultats obtenus lors de prélèvements réalisés dans la Meuse moyenne supérieure à Waulsort. D'un total de 49 taxa en 1939, on arrive à 78 taxa en 1987. Cette augmentation de la diversité spécifique est le signe d'une évolution du fleuve mosan et sans doute d'une étude plus poussée dans la détermination systématique et dans l'échantillonnage. C'est essentiellement au niveau des radiers de barrages que les communautés d'invertébrés benthiques ont été étudiées. (d'UDEKEM, 1987, MEURISSE-GENIN et al., 1987)

Figure 15 : Composition relative du phytoplancton de la Meuse en septembre 1982 (d'après RIWA, 1982).



	< 1939	80-87		< 1939	80-87
TRICLADIDA					
<i>Dendrocoelum lacteum</i>			INSECTS		
<i>Dugesia gonocephala</i>	+	-	EPHEMEROPTERA		
<i>Dugesia lugubris</i>	+	+	<i>Ephemera</i>	+	+
<i>Dugesia polychroa</i>	+	+	<i>Ephemerella</i>	+	+(2spp.)
<i>Dugesia tigrina</i>	-	+	<i>Heptagenia</i>	+	+
<i>Polycelis nigra</i>	+	-	<i>Ecdyonurus</i>	+	-
<i>Polycelis cf. tenuis</i>	-	+	<i>Cuenis</i>	+	+
			<i>Baetis</i>	+	+(4spp.)
			<i>Raptobaetopus tenellus</i>	-	+
OLIGOCHAETA					
Lumbricidae	-	+	PLECOPTERA		
Lumbriculidae	-	+	<i>Leuctra cf. fusca</i>	-	+
Naididae	-	+	ODONATA		
<i>Branchiura sowerbyi</i>	+	-	<i>Calopteryx</i>	+	-
other Tubificidae	-	+	<i>Platynemis</i>	+	+
			<i>Coenagrion</i>	+	-
HIRUDINA					
<i>Erpobdella octoculata</i>	+	+	<i>Aeschna</i>	+	-
<i>Glossiphonia complanata</i>	+	+	<i>Somatochlora metallica</i>	-	+
<i>Glossiphonia cf. heteroclita</i>	-	+	<i>Gomphus vulgatissimus</i>	-	+
<i>Piscicola geometra</i>	+	-	HETEROPTERA		
			<i>Aphelocheirus aestivalis</i>	+	+
MOLLUSCS					
LAMELLIBRANCHA					
<i>Unio crassus</i>	+	+	COLEOPTERA		
<i>Unio pictorum</i>	-	+	<i>Riolus</i>	+	+
<i>Unio tumidus</i>	+	-	<i>Stenelmis</i>	+	-
<i>Anodonta anatina</i>	-	+	<i>Elmis</i>	-	+
<i>Anodonta cygnaea</i>	+	-	<i>Esolus</i>	-	+
<i>Pseudanodonta complanata</i>	-	+	<i>Oulimnius</i>	-	+
<i>Sphaerium</i>	+(3spp.)	+	<i>Normandia</i>	-	+
<i>Pisidium</i>	-	+(3spp.)	Hydrophilidae	-	+
<i>Dreissena polymorpha</i>	+	+	Helodidae	-	+
MOLLUSCS					
GASTEROPODA					
<i>Physa acuta</i>	-	+	MEGALOPTERA		
<i>Lymnaea</i>	+(2spp.)	+	<i>Sialis lutaria</i>	-	+
<i>Ancylus fluviatilis</i>	+	+	<i>Sialis fuliginosa</i>	-	+
<i>Bithynia tentaculata</i>	+	+	<i>Sialis nigripes</i>	-	+
<i>Bithynia leachi</i>	-	+	TRICHOPTERA		
<i>Potamopyrgus jenkinsi</i>	-	+	<i>Rhyacophila</i>	+	+

	< 1939	80-87		< 1939	80-87
<i>Viviparus viviparus</i>	+	+	Glossosomatidae		
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	+	+	<i>Hydroptila</i>	-	+
<i>Lithoglyphus naticoides</i>	-	+	<i>Agraylea</i>	-	+
<i>Anisus vorlex</i>	+	-	<i>Hydropsyche</i>	-	+(4spp.)
<i>Anisus carinatus</i>	+	-	<i>Cheumatopsyche lepida</i>	-	+
<i>Valvata piscinalis</i>	+	-	<i>Polycentropus</i>	+	+
Other Planorbidae	+	-	<i>Cyrnus trimaculatus</i>	-	+
			<i>Neureclipsis bimaculata</i>	-	+
CRUSTACEANS					
ISOPODA					
<i>Asellus</i>	+	+(2spp.)	<i>Psychomyia pusilla</i>	-	+
			<i>Tinodes waeneri</i>	-	+
			<i>Ecnomus tenellus</i>	+	+
CRUSTACEANS					
AMPHIPODA					
<i>Gammarus fossarum</i>	-	+	<i>Athripsodes + Ceraclea (syn. Leptocerus)</i>	+	+(3spp.)
<i>Gammarus pulex</i>	+	-	<i>Oecetis notata</i>	-	+
<i>Gammarus roeseli</i>	-	+	<i>Leptocerus + Setodes</i>	+	-
<i>Echinogammarus berilloni</i>	+	-	<i>Anabolia</i>	+	-
<i>Orchestia cavimana</i>	-	+	DIPTERA		
<i>Corophium curvispinum</i>	-	+	Chironomidae	+	+
			Simuliidae	+	+
CRUSTACEANS					
DECAPODA					
<i>Orconectes limosus</i>	-	+	<i>Atherix</i>	-	+
			Ceratopogonidae	-	+
			Empididae	-	+
			Anthomyiidae	-	+
			Tipulidae	-	+
			Limoniidae	-	+
ARACHNIDA					
<i>Hydracarina n. det.</i>			Total taxa	50	88

Tableau III : Inventaire des macroinvertébrés à Waulsort avant 1939 et de 1980 à 1987 (nomenclature actuelle) (d'après DAMAS, 1939; MEURISSE-GENIN, 1987; d'UDEKEM, 1987

- = absence

+ présence

in MICHA et BORLEE, 1988).

Parmi la classe des Triclares figurent *Dugesia lugubris* et *Dugesia tigrina*, cette dernière d'origine américaine aurait colonisé la Meuse moyenne supérieure récemment (PATTEE et GOURBAULT, 1981). Les autres espèces, *Dugesia gonocephala*, *Polycelis* sp., *Dendrocoelum lacteum* se retrouvent sporadiquement.

Quatre famille d'Oligochètes sont recensées en Meuse, les Naïdidae, les Lumbriculidae, les Tubificidae avec l'espèce *Branchiura sowerbyi* et les Lumbricidae.

On compte six espèces d'Hirudinées présentes dans la Meuse belge dont *Helobdella stagnalis* et deux autres espèces plus répandues, *Erpobdella octoculata* et *Glossiphonia complanata*. *Piscicola geometra* vit en parasite sur les poissons. Ces trois dernières espèces étaient signalées par DAMAS (1939).

Les Mollusques Bivalves et Gastéropodes sont nombreux en Meuse. *Dreissena polymorpha* déjà répertoriée par DAMAS (1939) est signalée en aval comme en amont de la Meuse. Les Sphaeriidae dont *Pisidium* spp. et *Sphaerium* spp. sont communs dans la Meuse. En ce qui concerne les Unionidae, *Unio pictorum* est la plus abondante avec *Anodonta anatina*. *Unio crassus* observée par DAMAS (1939) est présente. Parmi les Mollusques Gastéropodes, certains taxa sont abondants dans toute la Meuse belge, ce sont les *Lymnaea* spp., les *Physa* spp., *Bithynia tentaculata* et *Theodoxus fluviatilis*. *Viviparus viviparus* est présent en amont de la région liégeoise tandis que *Valvata piscinalis* y apparaît. Damas trouvait déjà tous ces Gastéropodes à Waulsort en 1939.

Les crustacés Asellidae et Gammaridae sont déjà signalés par DAMAS (1939). *Echinogammarus berilloni* est récent, *Gammarus roeselii* et *Gammarus fossarum* se cantonnent à la Meuse moyenne supérieure. Deux crustacés sont d'implantation récente dans les eaux de la Meuse, ce sont *Corophium curvispinum* qui ne cesse d'accentuer sa progression dans la Meuse (d'UDEKEM, 1987) et *Orconectes limosus*, l'écrevisse américaine qui se développe aux dépens de l'écrevisse indigène *Astacus astacus*.

L'éphéméroptère *Caenis* spp. est bien représenté en Meuse, les *Baetis* spp. se cantonnent préférentiellement en Meuse moyenne supérieure et *Ecdyonurus* sp. préfère les radiers.

Tableau IV : Inventaire qualitatif et status des poissons en Meuse (d'après PHILIPPART et al., 1989).

FAMILY - Species		Upper	Medium	Lower	FAMILY - Species		Upper	Medium	Lower
PETROMIZONIDAE					CYPRINIDAE				
<i>Petromyzon marinus</i>	Sea lamprey	E	E	E	<i>Leucaspisus delineatus</i>	Rain bleak	?	?	+
<i>Lampetra fluviatilis</i>	River lamprey	E	E	E	<i>Leuciscus idus</i>	Idé	-	-	ER
<i>Lampetra planeri</i>	Brook lamprey	(?)	E	E	<i>Leuciscus leuciscus</i>	Dace	+	+	+
ACIPENSERIDAE					<i>Phoxinus phoxinus</i>	Minnow	R	R	R
<i>Acipenser sturio</i>	Sturgeon	E	E	E	<i>Rhodeus sericeus</i>	Bitterling	R	?	R
CLUPEIDAE					<i>Rutilus rutilus</i>	Roach	+	+	+
<i>Alosa alosa alosa</i>	Allis shad	E	E	E	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Rudd	+	+	+
<i>Alosa alosa fallax</i>	Twaite shad	E	E	E	<i>Tinca tinca</i>	Tench	+	+	+
ANGUILLIDAE					COBITIDAE				
<i>Anguilla anguilla</i>	Eel	+	+	+	<i>Cobitis taenia</i>	Spiny loach	E	E	E
ESOCIDAE					<i>Misgurnus fossilis</i>	Weather loach	?	ER	?
<i>Esox lucius</i>	Pike	+	+	+	<i>Noemacheilus barbatulus</i>	Stone loach	R	?	R
COREGONIDAE					GADIDAE				
<i>Coregonus oxyrhynchus</i>	Houting	E	E	E	<i>Lota lota</i>	Burbot	ER	-	-
THYMALLIDAE					ICTALURIDAE				
<i>Thymallus thymallus</i>	Grayling	R	-	R	<i>I. melas - A. nebulosus</i>	Black and brown bullhead	+	+	+
SALMONIDAE					<i>Ictalurus punctatus</i>	Channel catfish	-	+	-
<i>Salmo salar</i>	Atlantic salmon	E	E	E	SILURIDAE				
<i>Salmo trutta trutta</i>	Sea trout	R	R	R	<i>Silurus glanis</i>	Sheatfish	-	-	R
<i>Salmo trutta fario</i>	Brown trout	R	R	R	GASTEROSTEIDAE				
<i>Salmo gairdneri</i>	Rainbow trout	+	+	+	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Three-spined stickleback	+	+	+
CYPRINIDAE					COTTIDAE				
<i>Abramis brama</i>	Common bream	+	+	+	<i>Cottus gobio</i>	Bullhead	R	R	R
<i>Alburnus alburnus</i>	Bleak	+	+	+	CENTRARCHIDAE				
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Stream bleak (Spirlin)	R	-	R	<i>Lepomis gibbosus</i>	Pumpkinseed	-	+	+
<i>Barbus barbus</i>	Common barbel	+	+	+	PERCIDAE				
<i>Blicca bjoerkna</i>	White bream	+	+	+	<i>Gymnocephalus cernua</i>	Ruffe	+	+	+
<i>Carassius carassius</i>	Crucian carp	+	?	+	<i>Perca fluviatilis</i>	Perch	+	+	+
<i>Carassius auratus</i>	Goldfish	-	-	+	<i>Stizostedion lucioperca</i>	Pike-perch	+	+	+
<i>Chondrostoma nasus</i>	Hotu or Nase	+	+	+	PLEURONECTIDAE				
<i>Cyprinus carpio</i>	Common carp	+	+	+	<i>Platichthys flesus</i>	Flounder	-	ER	-
<i>Gobio gobio</i>	Gudgeon	+	+	+					
<i>Leuciscus cephalus</i>	Chub	+	+	+					

Upper = Upstream from Namur
 Medium = Namur-Liège
 Lower = Downstream from Liège

Italics = Introduced species

E = Extinct species
 ER = Very small number (1 or 2) of specimens recorded = species virtually extinct as a reproducing population
 R = Rare species

+ = Regular occurrence
 - = Never recorded
 ? = Not recorded but possible presence

Les genres *Platycnemis* spp. et *Calopteryx* spp. chez les Odonates, sont répandus dans la Meuse belge, les autres espèces sont plus rares.

Les Coléoptères sont le plus souvent représentés par les larves d'Elmidae.

Chez les Hétéroptères, remarquons *Aphelocheirus aestivalis* déjà répertorié par DAMAS en 1939.

Les Mégaloptères sont représentés par *Sialis lutaria*.

Quelques espèces libres de Trichoptères sont encore communes tout le long de la Meuse. Il s'agit de l'Ecnomidae *Ecnomus tenellus* et des Polycentropodidae *Neureclipsis bimaculata* et *Cyrnus trimaculatus*. Ces trois espèces restent seules présentes en aval de Namur. *Hydropsyche contubernallis* est également prélevé. Les Trichoptères à fourreau de la famille des Leptoceridae et des genres *Ceraclea* spp. et *Mystacides* spp sont seuls représentés en aval de Namur.

Les Diptères Chironomidae sont les plus nombreux sur toute la Meuse, quelques individus d'autres familles sont prélevés occasionnellement à l'exception d'*Atherix ibis*, fréquent près des radiers de barrage (MEURISSE-GENIN et al., 1987).

1.2.2.3. L'ichthyofaune.

La Meuse, fleuve rectifié et canalisé, fait partie en aval et en amont de Namur de la zone à brème, malgré ses caractéristiques de pente et de largeur qui l'associent à une zone à barbeau (HUET, 1949). Actuellement, sur l'ensemble du fleuve mosan, une vingtaine d'espèces ont été inventoriées (Tableau IV), regroupées en huit familles dont la mieux représentée est indéniablement celle des Cyprinidae avec treize espèces (PHILIPPART et al., 1989). La faune cyprinicole est composée essentiellement de cyprins d'accompagnement (gardon, rotengle) et de cyprins d'eaux calmes (brème, carpe, tanche)(RIWA, 1982). Viennent ensuite les Percidae (perche, sandre), voraces d'accompagnement avec trois espèces. Six familles à savoir les Cottidae, Salmonidae, Cobitidae, Gasterosteidae, Esocidae, Anguillidae constituent des prises tout à fait occasionnelles, à l'exception des Anguillidae encore bien représentés. Il faut signaler l'apparition de la bucéphalose dans la Meuse, liée à

la présence de sandre et de *Dreissena polymorpha* qui constituent les vecteurs dynamisant le cycle parasitaire d'un Trématode. Cette affection parasitaire pourrait causer un déséquilibre dans les populations de gardons qui se révèlent particulièrement sensibles à ce parasite, si des mesures pour lutter contre cette parasitose n'étaient pas prises (LEJEUNE et al., 1985).

2. Les facteurs biotiques et abiotiques influençant la microdistribution.

2.1. La structure du substrat.

Il convient d'illustrer dans ce paragraphe les éléments constitutifs des berges rencontrés en Meuse moyenne supérieure. La notion de microhabitat fait en effet intervenir le substrat comme facteur abiotique au même titre que d'autres comme la vitesse d'écoulement ou la profondeur ainsi que la présence de communautés benthiques caractéristiques. Avant tout, il est souhaitable de redéfinir quelques termes repris dans le contexte de cette étude.

Le substrat consiste en une association d'éléments minéraux présentant des caractéristiques homologues sur une surface contigüe. Bien que le substrat soit lié au matériel du lit ou des berges du fleuve et à la vitesse du courant, il est mal aisé de caractériser les habitats des communautés benthiques à partir du substrat comme facteur unique. En effet, la nature du substrat en un point donné dépend de l'action du courant qui s'y exerce continuellement. Le substrat naturellement en place est représentatif du régime hydrologique de la rivière.

L'instabilité d'un substrat sera observée si les éléments constitutifs du substrat sont entraînés par le courant. Le renforcement de la stabilité, lié au colmatage du substrat par apport de particules fines ou par mise en place de structures résistantes, peut être catastrophique pour les communautés d'invertébrés benthiques. Cette structuration des éléments diminue ainsi la richesse et la diversité du milieu alors que l'hétérogénéité du substrat est favorable au benthos (WASSON et al, 1981).

La texture du substrat correspond à la détermination des proportions de diverses particules réparties en classes de dimensions.

Dans une coupe transversale d'un fleuve (Figure 16), on reconnaît le chenal d'étiage, les lits mineurs et majeurs. Le chenal d'étiage est occupé par les eaux en période d'étiage. Le lit mineur, zone délimitée entre les berges, est occupé par des matériaux roulés par les eaux, sans grand développement végétal qui se manifeste plus au niveau du lit majeur recouvert par les eaux en période de crues importantes. Dans cette dernière zone, les alluvions peuvent se déposer. La rive proprement dite est la portion de terrain qui borde le cours d'eau tandis que la berge comprend le pied de talus (zone sous le niveau d'étiage) et le talus lui-même (zone au dessus du niveau d'étiage), occasionnellement mis en contact avec l'eau (Figure 17)(VERNIERS et SILAN, 1987).

Les berges d'un grand cours d'eau peuvent être subdivisées en deux grands types. D'un côté, les berges plus ou moins naturelles, peu modifiées par l'homme ou encore vierges de tout aménagement, et de l'autre, les berges artificielles, consolidées par différentes techniques. Les principaux facteurs de différenciation des berges dans ces deux catégories sont le substrat et le type de végétation, la pente et la hauteur de la berge.

2.1.1. Les berges naturelles.

La stabilité des berges naturelles est fonction de la couverture végétale colonisant le sommet du haut de berge.

Les berges enherbées résistent difficilement au sapement sous les radicelles. Cette érosion continue est d'autant plus forte que la berge est haute.

Quant aux berges à strates arbustives, l'enracinement profond et dense des buissons leur confère une résistance plus grande contre l'érosion.

Les strates arborescentes se développant au sommet des berges sont efficacement protégées en surface par les racines, mais lorsque la berge est haute, le sapement du bas se fait en dessous des racines et l'arbre mis en surplomb, tombe.

Les berges caillouteuses à très faible pente c'est-à-dire les plages de galets homogènes sont relativement stables et ne se prêtent guère à un important processus d'érosion.

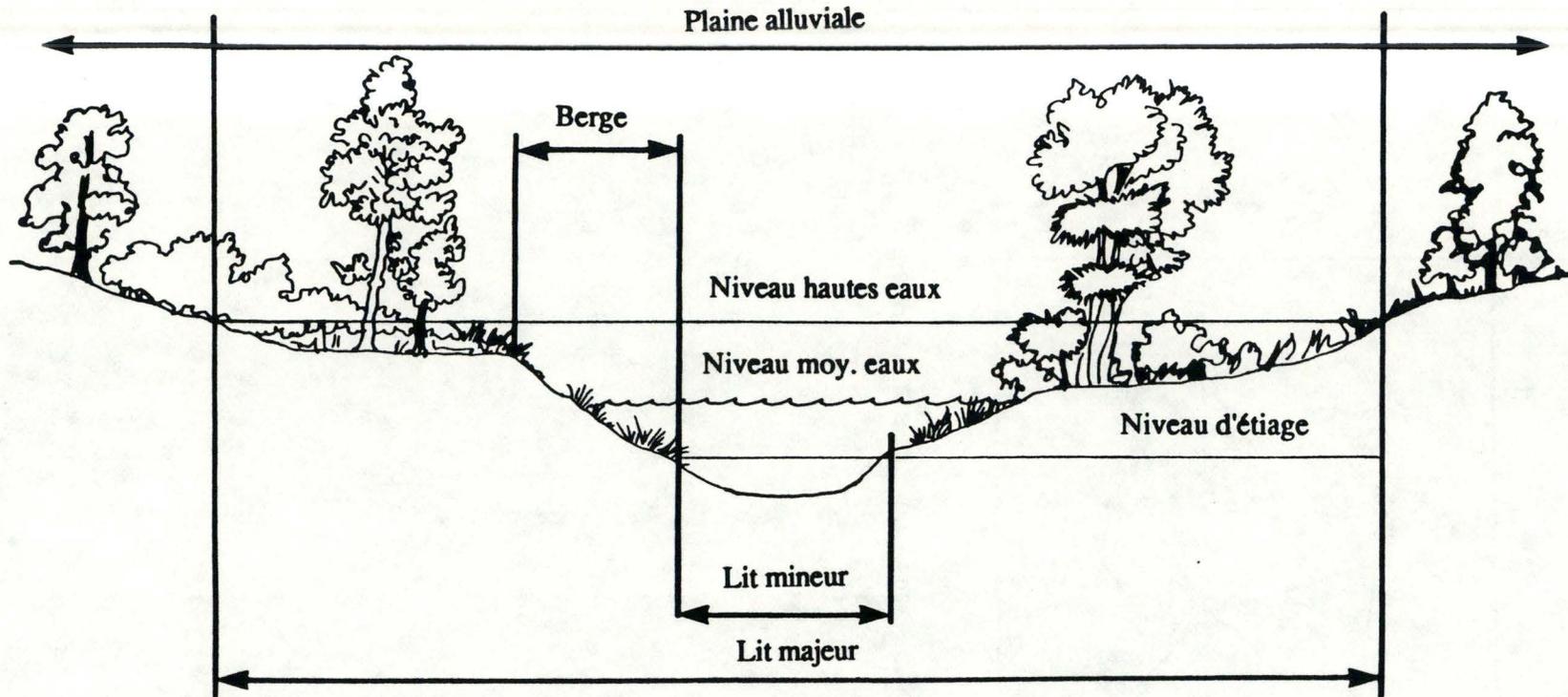


Figure 16 : Coupe transversale d'une rivière (d'après VERNIERS et SILAN, 1987).

- Lit majeur : lit envahi par les hautes eaux
- Lit mineur (ou lit apparent) : lit occupé en permanence par le cours d'eau
- Plaine alluviale : lit d'inondation
- Berge : talus vif séparant de part et d'autre d'un cours d'eau le lit mineur d'un cours d'eau
- Niveau moyen des eaux : pendant la période de frai et de croissance de la végétation (généralement mai à juillet)

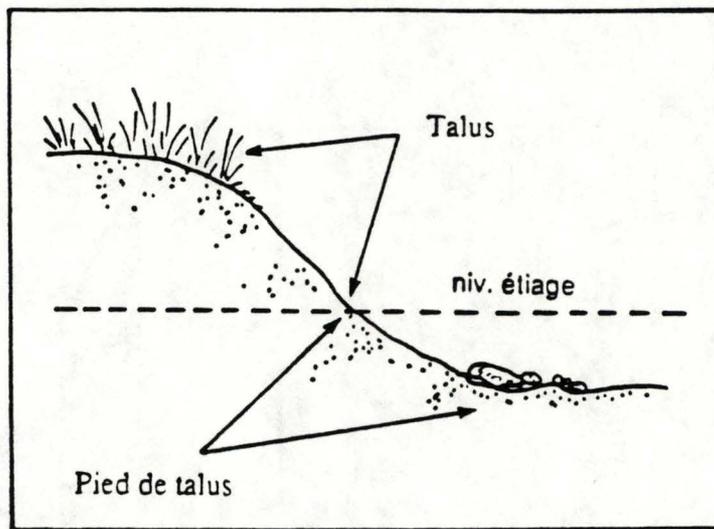


Figure17 : Division de la berge (d'après VERNIERS et SILAN, 1987).

Les berges envasées, homogènes également, subissent l'érosion des éléments fins et libèrent de grandes quantités de matériaux en suspension, transportés en aval. Pour ces deux derniers types de substrat, l'érosion n'est possible que si la vitesse de courant dépasse la résistance à l'arrachement des matériaux constitutifs de la berge. La sédimentation des matériaux a lieu suite à la réduction de la vitesse du courant.

Ainsi du point de vue de la colonisation par la flore et la faune, on peut établir un classement qualitatif des types de berges naturelles (VERNIERS et SILAN, 1987). La berge naturelle à inclinaison faible et à recouvrement végétal diversifié et abondant possède une valeur écologique importante. Plus la pente de la berge augmente, moins la colonisation par les biocénoses animales et végétales est évidente. Il faut signaler quelques exceptions, le martin-pêcheur par exemple, affectionne ce type de berge naturelle verticale (PETERSON et al., 1984).

2.1.2. Les berges artificielles.

L'artificialisation de la berge par l'action de l'homme peut être complète ou partielle. La recolonisation par les communautés animales et végétales est alors possible lorsque l'on retrouve une certaine hétérogénéité du substrat permettant l'installation des biocénoses. Au contraire, une diminution du potentiel de colonisation consécutive à une homogénéisation du substrat semble tout à fait néfaste pour une éventuelle recolonisation.

Les murs en béton verticaux et les palplanches métalliques sont des systèmes résistant très bien à l'érosion de la berge. Cependant ce sont de véritables déserts riverains car ils n'offrent aucune prise tant à la flore qu'à la faune. Ils sont présents surtout le long des quais d'accostage des bateaux et en milieu urbain.

Quant aux perrés, ils se présentent sous différentes formes. Les perrés cimentés sont construits à l'aide de moellons calibrés et arrimés par du ciment. Avec une forte inclinaison et très peu d'interstices entre les blocs, cette technique ne permet qu'une faible recolonisation. Ils sont occupés par un plus petit nombre d'individus (VERNIERS, 1988). Ils forment surtout une protection de

surface, on les retrouve près des écluses où le courant important nécessite une structure fixe est durable. Leur rôle est d'éviter toute altération physique de la berge par l'eau. Une autre version de ce type de perré peut exister si l'on ajoute une coulée de béton bitumeux. Ce revêtement souple suit les déformations de la berge et ce type de protection est difficilement colonisable.

Les gabions sont des ouvrages de protection des berges réalisés par assemblage de paniers ou de sacs remplis de matériaux divers. Les gabions métalliques formés par des corbeilles quadrangulaires en acier sont remplies de pierres ou de galets. Ce substrat permet des possibilités d'habitat. Une bonne attache entre les paniers les rend très stables. L'épaisseur du gabion maintient le matériau de la berge. L'application de ces structures est réalisée lorsque l'érosion du pied de berge menace d'effondrement (DECAMP, 1989).

Le type de perré le plus intéressant est celui en moellons naturels, arrimés à sec (sans ciment) car l'implantation des végétaux y est plus facile et le potentiel de recolonisation par la faune est plus important avec ce substrat "semi"-artificiel. C'est ainsi que de nombreuses aulnaies riveraines viennent s'enraciner dans les fentes situées entre les moellons. De plus le revêtement étant inégal, il présente des abris pour la faune benthique et les poissons. Ces perrés non rejointoyés autorisent la présence de microhabitats entre et sur les moellons. Les moellons doivent avoir une dimension suffisante pour résister au courant et être de dimensions différentes au sein d'un même perré pour obtenir une bonne stabilité (DECAMP, 1989). Le pied de l'ouvrage est en général protégé par de l'enrochement.

L'enrochement est réalisé grâce à la mise en place de blocs ou de gros galets de volume varié mais constant au sein d'une même berge. La présence de sédiments dans les interstices rend ce milieu très hétérogène et riche. Les enrochements doivent avoir une dimension suffisante en fonction de la vitesse du courant et de la pente du talus, de façon à éviter un entraînement des blocs (DECAMP, 1989).

Trois techniques (perré à sec, enrochements, gabions) permettent une certaine installation de la végétation et de la faune. Cette recolonisation sera principalement fonction de la pente et de la hauteur de la berge. Deux techniques

(perré cimenté, mur cimenté) sont tout à fait défavorables à l'installation des biocénoses.

A titre d'exemple, rappelons que sur dix biefs de la Meuse moyenne supérieure, 83,5 kilomètres de berge sont artificialisés. Les proportions sont de 45 % de perrés cimentés, de 32 % de gabions, d'enrochements, de perrés à sec et 23 % de murs de béton (VERNIERS, 1988).

2.2. La microdistribution des macroinvertébrés benthiques.

Nous n'envisagerons dans ce travail que les macroinvertébrés. La grande majorité de ceux-ci vivent sur le fond de la rivière et forment le benthos. Les uns rampent sur leur support, les autres sont fixés, d'autres fouissent la vase. Quelques-uns peuvent nager sur une courte distance car les risques d'être emporté par le courant sont grands. Nous reprendrons principalement les taxa utiles pour notre étude, ce paragraphe propose de présenter brièvement les macroinvertébrés en fournissant un certain nombre de caractéristiques utiles à leur distribution sur le substrat.

2.2.1. Les principaux facteurs responsables de la microdistribution.

La microdistribution des biocénoses aquatiques est fonction avant tout de la vitesse du courant et de son action directe sur la nature du substrat. Globalement, une plus grande diversité faunistique est observée lorsque le substrat est hétérogène.

Le microhabitat est défini comme l'ensemble des facteurs biotiques et abiotiques influençant qualitativement et quantitativement la microdistribution des macroinvertébrés. Le substrat, élément le plus permanent de la rivière au cours du temps et intégrateur de la vitesse du courant est insuffisant pour caractériser seul l'habitat. La vitesse du courant joue également un rôle prépondérant.

La diversité de la faune dépend donc de la nature du substrat et de sa stabilité. Il offre un support immergé à tous les organismes benthiques, leur permettant de s'y déplacer, s'y réfugier, y trouver la nourriture et s'y reproduire.

La faune des grosses rivières sur substrat dur a ses caractéristiques, celle des substrats mous (vase), plus pauvre, possède des adaptations propres. D'amont en aval, la pente et la largeur du cours d'eau changent quelque peu, le courant ralentit, les particules fines sédimentent et le substrat s'ameublit, la température s'élève et la concentration en oxygène dissous diminue. L'exemple de la Meuse, échappe à cette généralité, étant donné les importantes modifications apportées à son cours. En effet, une uniformisation des vitesses du courant est constatée, ce qui entraîne une disparition des milieux à caractère lotique et d'importantes zones de sédimentation apparaissent en milieu envasé. On trouve encore des traces du caractère torrentiel de la Meuse d'autrefois dans l'intensité du courant au pied des barrages sur les radiers (DAMAS, 1939). L'avantage du bief de Waulsort est de présenter quelques zones à courant plus rapide, de faible profondeur et localement des fonds à substrat pierreux.

La vitesse d'écoulement des eaux détermine la composition des communautés vivantes par l'influence qu'elle exerce sur la nature du fond : le substrat. La vitesse du courant et la nature du fond sont deux facteurs complémentaires. Selon que la vitesse du courant est forte (50 à 100 cm/s) ou modérée à faible (moins de 50 cm/s), on a, schématiquement, des substrats érodés, essentiellement durs et pierreux, ou des substrats déposés faits de vases, de débris divers ou de matériaux fins.

Les substrats érodés sont colonisés par des invertébrés très variés, la plupart sont des animaux adaptés au courant, ils sont rhéophiles. C'est le milieu lotique. Les substrats déposés ou milieu lénitique (lentique), où le courant est très lent voire nul, sont colonisés par des animaux dit limnophiles. Une étude de la distribution des vitesses du courant à diverses profondeurs dans une rivière comme la Meuse permet de comprendre pourquoi les animaux recherchent certains milieux de préférence sur certaines berges mais de nombreux facteurs autres que le substrat, peuvent influencer leur distribution. Les vitesses maximales sont atteintes au milieu du cours d'eau, près de la surface des zones profondes, tandis qu'au voisinage des berges et au niveau du fond, le courant est freiné par les pierres qui forment des obstacles et créent des frottements.

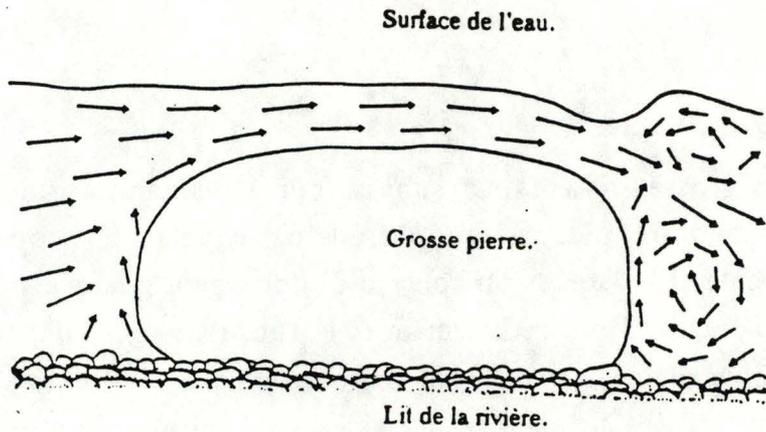


Figure 19: Distribution des courants locaux autour d'une pierre et formation de la zone d'eaux mortes derrière la pierre (d'après HYNES, 1970).

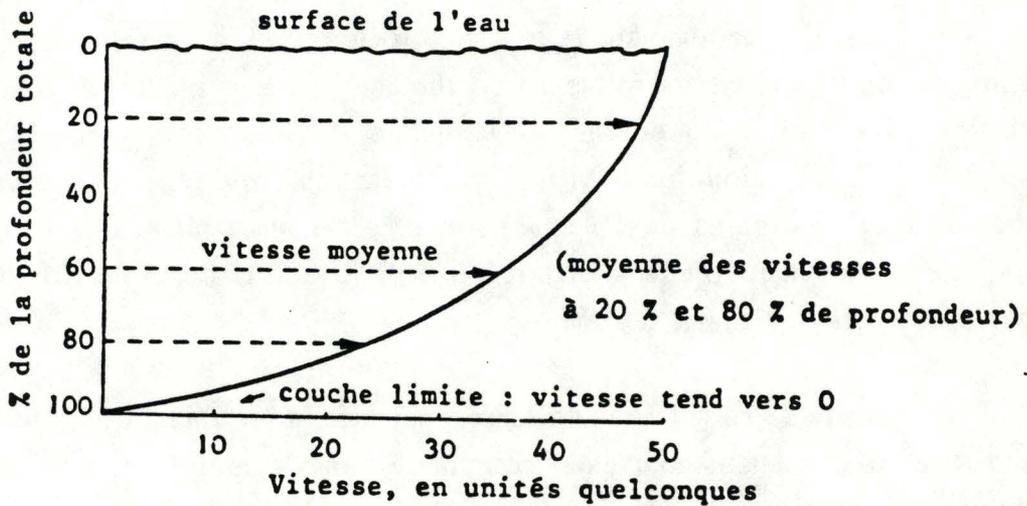


Figure 18: Evolution de la vitesse en fonction de la profondeur (d'après HYNES, 1970).

De plus, à la surface des pierres, les communautés vivantes peuvent bénéficier de la couche limite de quelques millimètres (1 à 4 mm) d'épaisseur (Figure 18) où le courant est fortement ralenti (PRANDTL, 1904 in BOURNAUD, 1983). La faune trouve aussi des abris propices derrière et sous les pierres dans les endroits que l'on dénomme les zones d'eaux mortes (AMBUHL, 1959 in BOURNAUD, 1983). On peut donc imaginer aisément que cet endroit, où la vitesse du courant est très faible et plus ou moins constante (Figure 19), soit d'une importance primordiale et soit un microhabitat important pour les macroinvertébrés benthiques qui peuvent y vivre.

Ainsi l'allure du fond donne à elle seule une bonne idée de la rapidité de l'eau (PERCIVAL et WHITEHEAD, 1929, NIELSEN, 1950 in BOURNAUD, 1983). La nourriture offerte aux espèces rhéophiles se trouve réduite aux organismes ou débris entraînés, au film de microflore vivant sur les pierres ou aux débris organiques déposés surtout sous les pierres. Le mouvement incessant de l'eau, même à l'intérieur de la couche limite et des eaux mortes, est responsable de la richesse en oxygène disponible (SCOTT, 1958, NIELSEN, 1950 in BOURNAUD, 1983). De nombreux auteurs se bornent souvent à comparer la morphologie des espèces rhéophiles et des espèces limnophiles, tous ignorent ce qui se passe dans les couches voisines des obstacles et du fond (couche limite) (BOURNAUD, 1983).

2.2.2. La biocénose des milieux lénitiques.

Les fleuves, la Meuse en est un exemple, présentent de nombreux substrats déposés, c'est-à-dire des milieux de sédimentation de fines particules (limon, argile, matières organiques,...) en suspension dans l'eau, partout où le courant ralentit ou même devient nul. Ainsi des milieux de sédimentation apparaissent naturellement le long des berges ou dans les parties internes d'un méandre, ces milieux à substrats déposés peuvent être sableux, limoneux ou vaseux et sont souvent colonisés par la végétation aquatique. Les conditions de vie y sont différentes de celles des substrats érodés et se rapprochent parfois de celles des eaux stagnantes. La faune, bien qu'abondante à certains endroits, est beaucoup moins diversifiée que dans les milieux à courant rapide. On aura d'une manière

générale un grand nombre d'individus mais peu d'espèces différentes. La plupart des invertébrés des substrats déposés se rencontrent également dans les eaux stagnantes, ce sont des animaux qui rampent à la surface du sédiment ou qui s'y enfoncent.

2.2.2.1. Adaptations de la faune aux substrats déposés.

Divers animaux rampent sur la surface du substrat, parmi les Mollusques Gastéropodes, *Bithynia tentaculata* (Famille Bithyniidae) peut fermer sa coquille à l'aide d'un opercule et possède une cavité branchiale. Elle se nourrit de plantes et de détritiques (ADAM, 1960).

Un crustacé Isopode, l'aselle ou *Asellus aquaticus* (Famille Asellidae) est souvent abondant aux endroits où s'accumulent des feuilles mortes dont elle se nourrit. Elle supporte tous les types de biotopes mais ses habitats courants sont les eaux lentes ou stagnantes, peu profondes, sous les feuilles mortes, les pierres ou parmi les végétaux. Les appendices abdominaux sont transformés en feuillets branchiaux et les pattes thoraciques portent des lamelles qui forment une poche incubatrice où sont déposés les oeufs jusqu'à l'éclosion (HURTZ et MAGUIEZ, 1983, AGUESSE, 1968).

Des larves de Trichoptères à fourreau utilisent des débris végétaux, des grains de sable pour construire leur fourreau.

D'autres animaux sont fouisseurs et s'enfoncent dans le sédiment. Certaines larves d'Ephémères (Famille Ephemeridae), les grandes larves d'*Ephemera danica*, creusent des galeries. Elles possèdent les adaptations caractéristiques d'animaux fouisseurs, à savoir : un corps allongé, des pattes robustes avec fémur et tibia élargis et bordés de longues soies, une tête pointue avec un clypeus proéminent que la larve utilise pour soulever le sédiment, de fortes mandibules à concavité du côté externe, servant de pioche, et enfin des branchies trachéennes plumeuses rabattues sur le dessus de l'abdomen, continuellement en mouvement (MACAM, 1970).

L'abondance de matières organiques en suspension ainsi qu'en sédimentation sont sans doute des facteurs favorables au développement de *Corophium curvispinum* qui se nourrit de matières organiques et se construit

des tubes englués de mucus sur des substrats durs légèrement envasés (HYNES, 1970).

Une larve de Mégaloptère, la larve de *Sialis nigripes* (Famille Sialidae), grande carnassière, possède deux fortes mandibules. Les larves jeunes de *Sialis* nagent en pleine eau tandis que les stades plus âgés sont benthiques, on les retrouve dans les sédiments fins (vase, sable, petit gravier) des eaux courantes et stagnantes. Les segments abdominaux portent de chaque côté de longs prolongements ciliés et segmentés qui, animés de mouvements ondulants, jouent le rôle de trachéobranchies (DETHIER et HAENNI, 1986).

Les larves de *Caenis* spp. (Famille Caenidae), petits Ephémères fousseurs, ont des branchies dorsales caractéristiques : les branchies de la deuxième paire sont en forme d'opercule et recouvrent les autres branchies superposées comme les feuillets d'un livre. Le battement incessant des branchies crée un courant d'eau allant de gauche à droite, ce qui évite le colmatage des organes respiratoires par accumulation de fines particules (MACAM, 1970, KIMMINS, 1972).

Les Mollusques Bivalves sont représentés par les moules de rivières ou *Unio* spp. et *Anodonta anatina* (Famille Unionidae), les *Pisidium* spp. et les *Sphaerium* spp. (Famille Sphaeriidae). *Unio* spp. et *Anodonta anatina* sont de grandes moules de plus de cinq centimètres de long, tandis que *Pisidium* spp. et *Sphaerium* spp. ne dépassent pas un centimètre de long. *Sphaerium* spp. a une coquille symétrique et deux siphons (anal et branchial), *Pisidium* spp. a une coquille asymétrique et n'a qu'un siphon anal. Ces animaux s'enfoncent dans la vase à l'aide du pied en soc de charrue et communiquent avec la surface par le siphon branchial quand il existe. Chez *Unio* spp., il n'y a pas de siphon, le bord postérieur du manteau délimite deux ouvertures, une branchiale et une anale (ADAM, 1960).

Les substrats vaseux sont largement majoritaires sur les bords de la Meuse où le courant devient nul. Ces endroits riches en matières organiques se caractérisent par une grande activité bactérienne et sont soumis à des déficits importants d'oxygène. Les animaux qui les peuplent, s'enfouissent dans la vase et sont capables de s'adapter à de basses concentrations en oxygène.

Les Tubificidae vivent enfoncés dans la couche superficielle de vase où ils forment parfois d'abondantes colonies. Ils remuent la vase à la manière des vers de terre et ramènent à la surface des dépôts enfouis à quelques centimètres de profondeur, ce qui accélère l'activité bactérienne. Leur comportement est bien connu, l'extrémité antérieure enfouie dans la vase, le reste du corps ondule librement dans l'eau. Quand la teneur en oxygène diminue, l'extrémité postérieure libre s'allonge et brasse l'eau avec une fréquence d'autant plus grande que le déficit en oxygène est important. On estime qu'ils pourraient vivre 60 heures en anaérobiose (BRINKHURST, 1971, LAFONT, 1983). *Branchiura sowerbyi*, Oligochète de grande taille (>60 mm) à l'état adulte, présente des branchies apparentes sur la partie postérieure du corps. Il colonise les sédiments fins des cours d'eau à courant lent.

Les larves de Diptères, les Chironomidae, ont des comportements très semblables à celui des Tubificidae. Les mieux connues sont les larves rouges (parce que possédant de l'hémoglobine) des *Chironomus* spp. Le corps ondule dans sa galerie, créant un courant d'eau qui amène de l'oxygène et des particules nutritives. L'ouverture de la galerie est fermée par un filet conique fait de salive dans lequel les particules sont arrêtées. La larve ingurgite des débris organiques et des bactéries en même temps que le filet lui-même, qu'elle reconstruit périodiquement. Capable de supporter de les basses concentrations en oxygène, elle peut vivre un certain temps en anaérobiose (MOLLER PILLOT, 1984). Les larves de Chironomidae appartiennent à de nombreuses espèces et constituent, par le nombre d'individus, une grande partie de la biomasse des substrats déposés.

2.2.3. La biocénose des milieux lotiques.

Mis à part les milieux lénitiques vaseux dominants, la Meuse présente à quelques endroits caractéristiques des zones à courant plus rapide. Afin de mieux distinguer ces habitats à courant rapide des autres, nous les appellerons milieux lotiques ou à courant rapide, mais ces zones rapides n'ont rien de comparable avec les rivières affluentes de la Meuse qui coulent à des vitesses plus élevées.

2.2.3.1. Adaptations de la faune aux substrats érodés.

Les animaux soumis au courant, particulièrement ceux qui vivent sur les pierres de zone à courant rapide, possèdent de nombreuses adaptations morphologiques qui leur permettent de lutter contre l'arrachement au substrat par le courant. D'autres invertébrés, ne présentant aucune adaptation morphologique spéciale, ont un comportement qui leur permet de vivre dans les milieux à courant rapide.

2.2.3.2. Les adaptations morphologiques.

L'*Ancylus fluviatilis* est un petit Gastéropode qui vit sur les pierres, sa coquille lui donne un atout considérable pour s'adapter à des fortes vitesses de courant. Sa forme de bonnet phrygien dont le sommet s'oriente face au courant et ses bords formés uniquement de périostracum, lui permettent d'adhérer étroitement à la pierre en assurant une bonne étanchéité. Sa petite taille (2 mm) lui permet de profiter de la couche limite et son pied en ventouse le fixe solidement au substrat (ADAM, 1960). De cette manière il échappe à la poussée des courants (BOURNAUD, 1983).

Les larves de Trichoptères sans fourreau tels les larves d'*Hydropsyche* spp. (Famille Hydropsychidae) ainsi que *Neuriclipsis bimaculata* et *Cyrnus trimaculatus* (Famille Polycentropodidae) possèdent à l'extrémité de l'abdomen deux appendices bien développés ou pygopodes terminés par un fort crochet, de même que des pattes terminées par des griffes qui les fixent au substrat.

Les larves de Trichoptères avec fourreau comme par exemple *Ceraclea* spp. et *Mystacides* spp. (Famille Leptoceridae) vivant dans les fourreaux faits de petites pierres, alourdissent le fourreau en incorporant des pierres relativement lourdes.

Les larves d'Ephémères au corps déprimé du genre *Ecdyonurus* sp. (Famille Ecdyonuridae) vivent sous les pierres contrairement aux autres membres de la Famille comme *Epeorus* sp. qui ont tendance à vivre sur les pierres. L'aplatissement dorso-ventral général du corps permet de bénéficier au

maximum de la couche limite, la tête en bouclier avec les yeux sur la face dorsale se prolonge sur les côtés par une cuticule souple bordée de soies, ce qui permet une bonne adhérence et évite la pénétration de l'eau sous le corps. Les branchies en lamelles bordées de petites soies en crampon fixent l'abdomen au substrat, leur rôle respiratoire étant accessoire. Chez *Epeorus* l'épaississement du bord externe des lamelles améliore encore l'adhérence. Les trois paires de pattes écartées et dirigées latéralement s'agrippent au substrat par des griffes, de plus, de longs cerques jouent le rôle d'ailerons et permettent à l'animal de maintenir sa position face au courant (MACAM, 1970, ELLIOT et al., 1988).

Les larves d'Ephémères nageuses tels *Baetis* spp. (Famille Baetidae) colonisent surtout la végétation aquatique, elles se tiennent dressées sur leurs pattes, abdomen et cerques flottant librement dans l'eau, animées de mouvements de gauche à droite, elles se balancent sur le support. Leur corps au profil hydrodynamique avec l'avant arrondi, le tiers antérieur du corps élargi et l'abdomen effilé, leur permettent de se maintenir face au courant avec leurs longs cerques frangés de soies servant d'ailerons. Ces larves nagent sur de courtes distances par battement de haut en bas des cerques joints pour former une structure ayant les mêmes fonctions qu'une nageoire (MACAM, 1970, KIMMINS, 1972, ELLIOT et al., 1988).

Parmi les larves de Diptères, peu de Familles sont caractéristiques des eaux à débit rapide. Citons pour information les Simuliidae et les Blepharoceridae qui possèdent des artifices comme des ventouses, des sécrétions de soies, des disques adhésifs pour se coller au substrat. Les larves de *Atherix ibis* (Famille Athericidae) qui vivent sous ou entre les pierres des milieux à courant rapide se fixent au substrat par huit paires de pseudopodes ventraux armés de couronnes de crochets. De plus, deux prolongements ciliés caractérisent l'extrémité de l'abdomen, d'autres prolongements en forme de tentacules sur le dos et les côtés n'ont pas de fonctions précises.

Une punaise aptère, l'*Aphelocheirus aestivalis* (Famille Aphelocheiridae), vit à l'état larvaire et adulte sous les pierres dans les milieux à courant rapide. Son corps déprimé et ses ailes atrophiées lui confèrent un excellent profil hydrodynamique. Les deux grosses griffes qui terminent chaque patte

permettent la fixation au substrat. Un revêtement de poils hydrofuges sur la face ventrale forme un plastron respiratoire qui lui permet de respirer aussi bien dans l'eau que hors de l'eau (DETHIER, 1985).

Les larves de Demoiselles ou *Calopteryx virgo* (Famille Calopterygidae) vivent sur les plantes aquatiques en plein courant ou au bord de l'eau grâce à leurs longues pattes terminées par des griffes, elles s'accrochent aux plantes. Le corps au fuselage hydrodynamique possède de longues antennes et de petits yeux alors que leurs cousines d'eau calme (Famille Lestidae) possèdent de courtes antennes et des yeux plus gros. Vu la mauvaise visibilité dans le courant, il est probable que *Calopteryx* ne puisse chasser ses proies uniquement à vue (DURANTELL et ENJELVIN, 1987).

Les adultes et les larves de *Limnius* sp. et de *Elmis* spp. (Famille Elmidae), petits Coléoptères des eaux à courant rapide, vivant sous ou sur les pierres, possèdent deux grandes griffes aux pattes qui permettent la fixation au substrat. Ils mesurent 2 mm de longueur et possèdent également un plastron respiratoire. Chez la larve, le prolongement des replis chitineux des segments du corps permettent d'épouser la surface du substrat (RICHOUX, 1982).

2.2.3.3. Les adaptations éthologiques.

La plupart des invertébrés d'eau courante se maintiennent sur leur substrat par des comportements adaptés. Ceux-ci sont aussi importants que les adaptations morphologiques. Les uns et les autres se complètent intimement, les comportements déterminés étant évidemment en rapport avec les adaptations morphologiques.

Sans présenter d'adaptations spéciales, certaines espèces peuvent subsister en restant sur place, tapies dans un endroit calme ou sous un abri. Les Gammarés (Famille Gammaridae) sont parfois nombreux dans les milieux lotiques, incapables de s'accrocher, ils recherchent les bords et les substrats propices à leur alimentation, notamment les rives internes d'un méandre, où le courant est plus lent et où s'accumulent des feuilles mortes dont ils se nourrissent.

D'autres invertébrés évitent le courant en s'enfonçant dans le gravier, ils sont fouisseurs, par exemple les Perles ainsi que des Ephémères appartenant aux familles des Ephemeridae comme *Ephemera danica*.

Un autre comportement consiste à se déplacer à contre-courant, donc vers l'amont. Cette adaptation importante permet la vie dans les eaux à débit rapide. En effet, à tout moment un animal exposé au courant est entraîné inévitablement vers l'aval, cela s'appelle le phénomène de dérive, et ceci malgré des organes de fixation efficaces. Il en résulte un appauvrissement faunistique local des milieux à courant rapide, compensé par des migrations actives à contre-courant. Ces phénomènes ont été observés chez les Gammare, chez certaines larves d'Ephémères (*Epeorus* par exemple), chez les Baetidae et chez certaines Planaires (*Planaria alpina*) (BEAUCHAMP, 1935 in BOURNAUD, 1983). Il est probable que de nombreux cas existent en dehors des observations décrites.

Si certaines larves d'insectes se déplacent activement vers l'amont, le phénomène est observé encore davantage chez les adultes capables de voler, ceux-ci remontent le cours d'eau pour aller pondre en amont de l'endroit où ils ont émergé. C'est un phénomène bien connu chez les Plécoptères, les Ephémères et les Trichoptères.

2.2.4. Les sources de nourriture et les régimes alimentaires.

Les eaux courantes contiennent des ressources vitales de nourriture pour les macroinvertébrés, parmi celles-ci citons, les végétaux aquatiques, les débris organiques et les petits invertébrés servant de nourriture aux prédateurs.

Au sein des végétaux aquatiques, on peut distinguer : le phytoplancton, abondant en Meuse, le périphyton, constitué de végétaux fixés, encroûtant souvent les pierres dont la majeure partie est formée de diatomées auxquelles sont associés des débris organiques, des bactéries et des protozoaires. Il forme une source de nourriture importante pour les animaux de substrats érodés. Enfin les macrophytes sont des plantes enracinées ou fixées sur le substrat. Elles sont consommées par les invertébrés herbivores mais fournissent par contre un support au développement des diatomées, point de départ de toute une chaîne alimentaire d'invertébrés qui s'accrochent dans les touffes. Les mousses et

algues filamenteuses groupées dans les macrophytes ou fixées sur les pierres offrent elles aussi abri et nourriture à toutes sortes d'animaux. Les végétaux qui se développent sur substrats déposés (par exemple *Phragmites* spp.,...) fournissent un apport supplémentaire de nourriture et un support pour la faune peu exigeante en oxygène dissous.

Parmi les détritiques organiques, il convient de distinguer les détritiques à divers stades de décomposition, principalement des feuilles mortes d'origine exogène c'est-à-dire issues des milieux avoisinant la rivière mais aussi des débris de plantes et cadavres d'animaux de la rivière elle-même. A ces détritiques sont associés de multiples microorganismes, bactéries et protozoaires qui constituent aussi une source de nourriture indissociable de la première. De sorte que les détritivores absorbent aussi et peut-être surtout des microorganismes. On distingue ensuite les matières organiques solubles, utilisées par les bactéries, elles-même consommées par des microorganismes microphages (Protozoaires ciliés, crustacés Cladocères,...). La plupart des macroinvertébrés aquatiques, selon leur appartenance à un type de régime alimentaire particulier, consomment à leur tour ces sources de nourriture. Le régime alimentaire d'une espèce est rarement constant toute l'année et en tous lieux. On note des variations saisonnières en rapport avec la nourriture disponible et l'activité des animaux. Le régime alimentaire varie également avec le stade du développement.

Beaucoup d'invertébrés aquatiques se nourrissent selon les méthodes traditionnelles d'alimentation mais le substrat offre cependant des possibilités particulières.

Les animaux brouteurs de périphyton comme le Gastéropode *Ancylus fluviatilis* (Famille Ancyliidae) ou Ancyle et le *Theodoxus fluviatilis* ou Nératine (Famille Neritidae) râpent les pierres recouvertes d'algues constituant le périphyton selon la manière traditionnelle, en utilisant la radula.

Ce comportement se rencontre beaucoup plus rarement chez les larves d'insectes, il est utilisé par les larves d'Ephémères (*Epeorus* spp.) qui se déplacent en rampant sur les pierres. Tandis qu'elles sont plaquées contre les pierres, face au courant, leurs appendices buccaux bien protégés du courant par un labre très large ainsi que par les rebords aplatis de la tête, elles grattent les

algues (surtout les diatomées) encombrées de débris du substrat avec des soies raides portées sur la face inférieure des mâchoires et des mandibules (MACAM, 1970, ELLIOT et al., 1988).

D'autres animaux préfèrent filtrer l'eau chargée de particules ou de petits animaux amenés par le courant, ce sont les filtreurs. Rappelons pour mémoire, les larves de Simulies (Famille Simuliidae) offrent au courant les deux éventails de soies filtrants portés sur la tête hors de la couche limite afin de récolter les particules. D'autres larves utilisent des procédés similaires, certaines larves de Trichoptères filtrent l'eau au moyen de soies portées par les pattes moyennes et postérieures dressées hors du fourreau perpendiculairement au courant. Elles se nourrissent surtout de diatomées détachées du support. Les larves de Trichoptères sans fourreau parmi lesquelles les larves d'*Hydropsyche* spp. (Famille Hydropsychidae), très communes dans les zones à fort courant, sont passées maîtres dans le tissage de nasses de pêche. Dans les eaux riches en débris organiques comme les eaux de la Meuse, les populations sont parfois très importantes (d'UDEKEM, 1987). La larve vit dans une galerie de soies devant laquelle est tendu perpendiculairement au courant un filet circulaire de mailles rectangulaires. La galerie est orientée obliquement par rapport au filet de telle sorte que la larve ne reçoit pas le courant de plein fouet. Régulièrement elle vient prélever les petits animaux de la dérive ainsi que les débris de plantes pris dans les mailles (STROOT, 1988).

La plus grande partie des invertébrés d'eau douce se nourrissent de débris organiques, les feuilles mortes tombées des arbres qui bordent la rivière, forment une importante source d'énergie pour la faune de la rivière. Ces débris sont dégradés progressivement sous l'action des chaînes de détritivores, fragmentés et digérés en partie par une première catégorie de détritivores, ils passent ensuite par le tube digestif d'autres détritivores qui poursuivent la dégradation des matières organiques. On a pu montrer que les Gammare adultes consomment des feuilles mortes alors que les jeunes individus se nourrissent plutôt des excréments des adultes.

En même temps que les débris végétaux, les détritivores mangent des communautés entières de microorganismes (algues, protozoaires, bactéries). Ainsi se dessine une chaîne alimentaire dont le début est marqué par l'action des

détritivores, eux-mêmes consommés par les carnivores de la rivière. L'action des détritivores est primordiale : elle facilite le rôle des bactéries en mettant à leur disposition des matières organiques plus simples.

Les principaux invertébrés prédateurs sont représentés par certaines sangsues, les unes, comme *Glossiphonia complanata* (Famille Glossiphoniidae), sucent l'hémolymphe des Gastéropodes, d'autres comme *Erpobdella octoculata* (Famille Erpobdellidae) avalent de petites larves d'insectes, des Oligochètes et des daphnies. *Piscicola geometra* (Famille Piscicolidae) s'attaque aux poissons afin de leur sucer le sang (DURANTEL et ENJELVIN, 1987).

La planaire *Dugesia lugubris* (Famille Dugesiidae) mange de jeunes larves d'Ephémères et peut être détritiphage.

Parmi les larves d'insectes, la larve de Diptère *Atherix ibis* (Famille Athericidae), celle de l'Odonate *Calopteryx virgo* (Famille Calopterygidae) et la larve du Mégaloptère *Sialis nigripes* (Famille Sialidae) sont de redoutables prédateurs de par leur taille et leur appareil buccal destiné à tuer.

2.2.5. Les modes de respiration.

Les zones de la rivière où le courant est plus rapide, le tronçon se situant en aval du barrage au niveau du radier par exemple, sont toujours bien oxygénées. La respiration par conséquent ne pose pas de graves problèmes pour les invertébrés qui utilisent l'oxygène dissous dans l'eau.

Ces animaux sont d'ailleurs généralement très exigeants en oxygène et ne supportent que des eaux saturées ou proches de la saturation. Les concentrations en oxygène dépendent principalement de la vitesse du courant, de sa turbulence, de la température, de l'importance du volume d'eau déplacé, de l'abondance de végétaux aquatiques. Dans les milieux plus lents, les déficits en oxygène sont nettement plus importants, la faune est d'ailleurs beaucoup moins exigeante sur ce point.

Les invertébrés dulcicoles utilisent soit l'oxygène dissous dans l'eau, soit l'air atmosphérique.

Prélever l'oxygène de l'eau est le mode de respiration le plus utilisé par les invertébrés d'eau à vitesse rapide, alors que dans les eaux calmes, la plupart d'entre eux prélèvent l'oxygène de l'air.

Les échanges gazeux se font soit au niveau de la peau, soit au niveau d'organes respiratoires tels que les branchies sanguines ou branchies trachéennes. Dans certains cas, des pigments respiratoires peuvent faciliter la respiration en milieu appauvri en oxygène.

Au niveau de la peau, l'oxygène traverse celle-ci et passe dans l'hémolymphe qui contient de l'hémoglobine dissoute chez les Plathelminthes, Oligochètes et Hirudinées. Les Planaires, les Tubificidae, les Sangsues respirent de cette façon. Chez la Sangsue *Erpobdella octoculata* (Famille Erpobdellidae) et les Tubificidae, les mouvements ondulants sont d'autant plus fréquents que la teneur en oxygène est basse. La respiration de la peau dépend aussi du rapport surface/volume, elle est d'autant plus efficace que ce rapport est grand, ce qui est réalisé chez les petits animaux. Une augmentation notable de la surface respiratoire est réalisée par des lamelles et d'autres appendices respiratoires. Ainsi ce type de respiration s'observe chez de plus jeunes stades larvaires d'insectes, par exemple chez les larves de Chironomes, dont le système trachéen n'est pas encore fonctionnel (MOLLER PILLOT, 1984). La cuticule des jeunes larves est mince et beaucoup plus perméable que celle des adultes. L'oxygène diffuse directement dans l'hémolymphe. Chez la plupart des larves d'insectes, la diffusion de l'oxygène se fait au travers de la cuticule dans un riche réseau trachéen superficiel.

En plus d'un important réseau trachéen sous la peau, beaucoup de larves d'insectes possèdent des prolongements cutanés de formes variées ou branchies trachéennes.

Chez les larves d'Ephémères, on compte 5 à 7 paires de branchies trachéennes situées sur l'abdomen, de formes diverses, fixées latéralement ou dorsalement selon le mode de vie de la larve. Beaucoup d'espèces très exigeantes en oxygène témoignent par leur présence d'eaux bien oxygénées et propres. Animées de mouvements d'autant plus intenses que la concentration en

oxygène diminue, les branchies créent une circulation d'eau à la surface du corps. Par contre, elles sont immobiles chez certaines espèces rhéophiles comme *Baetis* spp. (Famille Baetidae).

Chez les larves de *Ephemera danica* (Famille Ephemeridae) qui fouissent la vase, les branchies plumeuses sont rabattues dorsalement sur l'abdomen, position en relation avec leur mode de vie. Le battement ininterrompu des filaments branchiaux crée un courant d'eau, mouvement d'autant plus intense que l'eau s'appauvrit en oxygène. Ce courant a également pour effet d'éliminer les particules qui viendraient colmater les branchies. Il semble qu'une bonne part des échanges gazeux ait lieu au niveau des filaments.

On a vu que chez les larves rhéophiles de la famille des Ecdyonuridae qui vivent sur les pierres, les branchies s'étalent sur le support pour renforcer l'adhérence de l'animal au substrat (MACAM, 1970).

Chez les larves de Plécoptères, la position des branchies est très variable (HYNES, 1967).

Chez les Trichoptères, les branchies filamenteuses sont groupées en houppes ou isolées sur les segments abdominaux. Il est intéressant de constater qu'à l'instar des Ephéméroptères, les espèces d'eau à débit plus lent créent une circulation d'eau à la surface des branchies alors que ce comportement disparaît chez les espèces rhéophiles. Les larves à fourreau comme *Ceraclea* spp. et *Mystacidesspp.* (Famille Leptoceridae) entretiennent une circulation à l'intérieur du fourreau par des mouvements ondulants de l'abdomen et par le battement de soies disposées en ligne sur les côtés de celui-ci (STROOT, 1988). Les larves d'*Hydropsyche* spp. (Famille Hydropsychidae) sont rhéophiles et dépourvues de fourreau, elles comptent uniquement sur le courant pour renouveler l'eau à la surface du corps.

Les larves de *Platycnemis pennipes* (Famille Platycnemiidae) et celles de *Calopteryx vigo* (Famille Calopterygidae) possèdent à l'extrémité de l'abdomen, trois lamelles qui contiennent des trachées.

On trouve encore des branchies trachéennes chez les Mégaloptères et les larves de *Sialis nigripes* (Famille Sialidae) en possèdent notamment sur les sept premiers segments de l'abdomen.

Ce sont surtout les Mollusques qui sont pourvus de branchies sanguines (ADAM, 1960).

Chez les gastéropodes Prosobranches qui possèdent un opercule, la cavité palléale contient des branchies et s'ouvre à l'avant. *Theodoxus fluviatilis* (Famille Neritidae) peut ainsi vivre continuellement dans l'eau.

L'*Ancylus fluviatilis* (Famille Ancyliidae), avec sa coquille en bonnet phrygien, est un gastéropode Pulmoné sans poumon mais pourvu d'un lobe extensible faisant fonction de branchie du côté gauche du manteau, ce lobe supplémentaire est probablement une adaptation à la vie en faciès lotique. Il en effet difficile de se mouvoir vers la surface pour respirer sans être emporté par le courant. Chez les Gammares (Famille Gammaridae) et les Aselles (Famille Asellidae), les lamelles branchiales se trouvent au niveau du thorax pour les premiers, au niveau de l'abdomen pour les seconds.

On a vu que les Hirudinées et les Oligochètes possèdent un pigment respiratoire, l'hémoglobine dissoute dans le plasma, mais qu'il ne transporte qu'une partie de l'oxygène absorbé par l'animal.

Un cas semblable est celui des larves de Chironomes (Famille Chironomidae) qui vivent à l'intérieur d'un tube enfoncé dans la vase et poursuivent leur activité physiologique dans des eaux où le manque d'oxygène se fait sentir. Grâce à des mouvements ondulatoires du corps, elles créent un courant d'eau à l'intérieur du tube, fournissant oxygène et nourriture. Mais ces mouvements d'irrigation ne sont pas continus de sorte que durant les pauses, l'eau s'appauvrit en oxygène. L'hémoglobine des Chironomes ayant une grande affinité pour l'oxygène, se sature en oxygène pendant les périodes d'irrigation. Durant les pauses la tension en oxygène de l'eau s'abaisse fortement, l'hémoglobine se dissocie et fournit l'oxygène aux tissus. La réserve d'oxygène suffit pour approvisionner l'organisme pendant quelques minutes de pause. L'hémoglobine est également capable de prélever de l'oxygène et de le céder immédiatement aux tissus lorsque la concentration en oxygène de l'eau est basse (MOLLER PILLOT, 1984). Ceci peut expliquer la présence de larves de Chironomes dans les substrats vaseux peu oxygénés.

Quant aux invertébrés utilisant l'air atmosphérique, ils se rencontrent surtout dans les milieux où le déficit en oxygène se produit périodiquement, c'est-à-dire dans les milieux de rivière à substrats déposés. La respiration aérienne est rare lorsque le courant est rapide, venir prendre de l'air nécessite de la part des animaux des déplacements vers la surface, ils risquent alors d'être emportés par le courant. Certains insectes présentent cependant des adaptations remarquables leur permettant selon les circonstances d'utiliser l'air atmosphérique ou l'air dissous dans l'eau.

Parmi les invertébrés de biefs fluviaux à courant lent, les Gastéropodes pulmonés viennent périodiquement à la surface renouveler l'air du poumon. Tels sont les *Lymnaea* spp. (Famille Lymnaeidae), les Planorbes (Famille Planorbidae) et les Physes (Famille Physidae) qui vivent sur les plantes aquatiques.

Chez les insectes, citons les Coléoptères Dystiscidae. On connaît bien le comportement des Dystiscidae qui viennent en surface et exposent périodiquement les parties du corps où s'ouvrent les stigmates. Ils expirent de l'air vicié pauvre en oxygène, inspirent l'air frais puis regagnent la profondeur. Ils résolvent de manière remarquable le double problème de la tension superficielle à l'interface eau-air et de l'entrée d'air dans les stigmates car la cuticule est hydrofuge et se mouille difficilement à certains endroits du corps. Une surface de ce type a une plus grande affinité pour l'air que pour l'eau. Les élytres sont hydrofuges parce qu'enduites d'une couche de graisse formée de molécules polarisées dont l'extrémité hydrophobe est en contact avec l'eau.

Citons encore pour rappel qu'il existe chez certaines larves un siphon respiratoire, sorte de long périscope qui permet à la larve de se maintenir dans la vase tout en respirant l'air atmosphérique.

Deux ordres d'insectes possèdent des adaptations remarquables qui leur permettent, bien qu'ayant un système trachéen, de respirer dans l'eau sans venir faire provision d'air à la surface. Venir à la surface en courant rapide est, nous l'avons vu, une opération risquée.

L' *Aphelocheirus eastivalis* , petite punaise d'eau douce (Famille Aphelocheiridae), vit sur le fond des milieux à courant rapide. Son corps est recouvert d'un feutrage doux de poils hydrofuges (2 millions par mm²) capables de retenir une fine couche d'air qui est en communication avec les stigmates bien protégés, l'eau ne peut y pénétrer.

Les petits Coléoptères *Elmis* spp. et *Limnius* sp., caractéristiques des eaux à courant rapide, respirent également dans l'eau au moyen d'un plastron respiratoire suffisant pour leurs besoins (RICHOUX, 1982).

2.2.6. Les cycles de développement.

La plupart des insectes aquatiques passent une grande partie de leur vie à l'état larvaire dans l'eau. Les larves d'insectes à métamorphoses incomplètes grandissent et acquièrent les structures adultes par mues successives, ce sont les insectes hémimétaboles. Pendant toute leur vie larvaire, les Ephémères, les Odonates, les Perles présentent des adaptations à la vie aquatique telles que branchies trachéennes ou lèvre inférieure transformée en masque préhensile. Ces appareils sont abandonnés au cours de la dernière mue, lorsque les insectes sortent de l'eau et deviennent adultes. Les Mégaloptères, les Trichoptères, les Diptères et les Coléoptères sont des insectes à métamorphoses complètes appelés insectes holométaboles. Ils possèdent de vraies larves, très différentes du stade adulte auquel elles ne ressemblent pas. Ils se nymphosent dans l'eau (Diptères Chironomidae, Trichoptères) ou sortent de l'eau avant de se nymphoser sur terre (Diptères Athericidae, Mégaloptères, Coléoptères).

Au stade ultime de leur croissance, les larves d'Ephéméroptères gagnent un support à la surface de l'eau ou sur la rive et subissent deux mues successives, phénomène propre à ces insectes. La première mue donne naissance au subimago et la deuxième à l'imago. L'imago est ce bel insecte aux grandes ailes transparentes dressées au repos verticalement sur le dos. et qui possède de longs cerques. Il ne s'alimente pas. Les Ephémères adultes appartenant à la même espèce, émergent de l'eau souvent simultanément et donnent naissance à de véritables essaims. L'accouplement a lieu en plein vol et est suivi

immédiatement de la ponte. L'insecte meurt ensuite emporté par le courant (DURANTEL et ENJELVIN, 1987).

Les larves de Perles matures grimpent hors de l'eau et recherchent un endroit abrité sous les pierres ou sur la berge pour muer une dernière fois. Les adultes ne vivent que quelques jours, presque toujours au bord de l'eau, sur les roseaux.

L'émergence des larves d'Odonates se fait aussi hors de l'eau sur les roseaux ou sur les pierres des berges.

Les larves de Mégaloptères sortent de l'eau et se nymphosent dans la terre.

Les larves de Trichoptères se nymphosent dans l'eau. Celles qui n'ont pas de fourreau (*Hydropsyche* spp.) tissent un cocon de soie entouré d'une logette de petites pierres cimentées avec cette même soie. Les larves à fourreau ne font pas de cocon, les nymphes sont abritées par le fourreau larvaire simplement obturé par de petites soies aux extrémités et fixé sur le substrat. De petites ouvertures dans les couvercles de soie permettent à l'eau de circuler dans le fourreau et de fournir de l'oxygène. Arrivées à maturité, les nymphes doivent sortir du cocon ou du fourreau qu'elles percent avec de fortes mandibules qui disparaissent chez l'adulte. Ensuite elles nagent vers la surface ou vers quelques plantes aquatiques et se transforment en imago. L'émergence ne pose pas de problème pour les nymphes bien abritées du courant, pour les espèces rhéophiles au contraire, c'est un moment difficile.

Les femelles des insectes aquatiques pondent leurs oeufs selon trois processus qui diffèrent d'une espèce à l'autre. Les unes (Ephéméroptères, Trichoptères libres) pénètrent dans l'eau à la recherche d'un substrat propice, les autres (Plécoptères) survolent la surface de l'eau et libèrent les oeufs au fil de l'eau, d'autres enfin pondent à l'air libre sur les plantes aquatiques ou un autre substrat adéquat.

Citons par exemple, la femelle de *Calopteryx virgo* (Famille Calopterygidae) qui, grâce à ses stylets, dépose ses oeufs à l'intérieur des végétaux émergés ou immergés. La femelle de *Sialis nigripes* (Famille Sialidae) préfère coller ses oeufs bien serrés sur les feuilles des roseaux tandis que les femelles du diptère *Atherix ibis* (Famille Athericidae) se groupent et forment une

Tableau V : Tableau synthétique des biocénoses en rivière.

Biocénoses en rivière				
Substrat	dur	graveleux	sableux	vaseux
Courant	rapide > 75 cm/s	moyen ~ 30 cm/s	lent ~ 10 cm/s	très lent à nul < 2,5 cm/s
Végétation	incrustante fixée	fixée	fixée (flottante)	fixée flottante phytoplancton
Faune pélagique	Formes (très) hydrodynamiques (uniquement poissons)		poissons invertébrés nageant puissamment	poissons nombreux invertébrés zooplancton
Faune benthique	sous les pierres fixée solidement	peu mobile fouisseuse fixée aux plantes		mobile fouisseuse (rare) marcheuse (sur le fond et les plantes)
Filtration de l'eau	Au moyen de nasses, peignes (bénéficiant du courant) Fonction alimentaire seule		Au moyen d'agents variés, (provoquant le courant) Fonctions alimentaire et respiratoire	
Respiration	Sans problème car l'eau est toujours riche en O ₂		Diverses adaptations permettant de survivre en période déficitaire	

énorme ponte commune pendue à un support au-dessus de l'eau. Les femelles de Chironomes (Famille Chironomidae) évitent de pénétrer dans l'eau et déposent leurs oeufs sur une pierre près de la surface, à l'éclosion les larvules se laissent tomber de leur support dans l'eau et cherchent elles-mêmes le substrat qui convient à leur développement.

Une distinction nette entre biocénoses de milieux lotiques et biocénoses de milieux lénitiques peut facilement être mise en évidence. Le tableau V synthétise cette information, la diversité du milieu par l'intermédiaire du courant et du substrat est responsable de la diversité faunistique. Les variations qualitatives et quantitatives de la faune sont donc fonction des facteurs biotiques et abiotiques du milieu. Chaque espèce présente un cycle de développement propre et des exigences écologiques précises telles que les ressources alimentaires ou les moyens de disposer de l'oxygène dissous par exemple.

3. Le traitement des données.

Les différents éléments d'informations recueillis sur le terrain contribueront à atteindre les objectifs de cette étude. Cette analyse a pour but de connaître la distribution du benthos, de nombreux graphiques aideront à visualiser cette répartition. Il sera possible d'approcher la population de certaines espèces abondantes sur une surface donnée en termes de densité et de biomasse. Enfin, les différences qualitatives et quantitatives entre échantillons seront interprétées une fois de plus à l'aide d'une analyse statistique en analyse factorielle des correspondances.

3.1. L'indice de Shannon-Weaver.

Afin de rendre compte de la répartition aléatoire des individus, la notion de diversité spécifique fut introduite. Nous avons choisi, pour notre étude, de calculer l'indice de diversité d'après la méthode de Shannon-Weaver (DAJOZ, 1971).

Il s'exprime suivant :

$$H' = - \sum_{i=1}^n (n_i / N) \ln(n_i / N)$$

- où H' = indice de diversité.
 n_i = nombre d'individus du taxon i .
 N = nombre total d'individus.

Cet indice permet de comparer la richesse faunistique d'un milieu c'est-à-dire qu'il reflète les modifications de la structure des peuplements et visualise leurs variations dans l'espace. Les avantages de cet indice sont de donner une mesure du degré de dominance, contrairement à d'autres indices. De plus, il reste tout à fait indépendant de la taille de l'échantillon (n_i/N). Cet indice est sans dimensions et les nombres tels que les biomasses ou les calories peuvent être utilisées comme données de base pour le calcul de H' . Enfin, il permet de caractériser les différentes populations au sein des différentes stations. Plus H' est élevé, plus le milieu contient un grand nombre d'espèces et est diversifié.

3.2. Le traitement statistique en analyse factorielle des correspondances.

Le problème est de résumer en un petit nombre de dimensions (deux sous-espaces) une information multidimensionnelle. Contrairement à l'analyse en composantes principales (A.C.P.), l'analyse factorielle des correspondances (A.F.C) ne privilégie aucun des deux sous-espaces de représentation des données (ORBAN-FERAUGE, 1987). Il est utile de reprendre quelques conditions nécessaires à l'établissement de l'A.F.C.

Les données doivent être exprimées dans la même unité (standardisation) et le tableau doit être complet, ceci ne pose pas de difficulté dans le cas d'un tableau "relevés x taxa". L'A.F.C. suppose une distribution homogène, de ce fait son utilisation exige une transformation préalable des données. La transformation la plus utilisée pour les données d'abondance d'espèces est la transformation logarithmique. Les éléments composant le tableau de données sont des distributions de fréquences relatives aux descripteurs (taxa) et aux objets (substrats) (STROOT, 1989). L'A.F.C. permet la mise en évidence des identités et des divergences qui existent à l'intérieur de la structure

multidimensionnelle. De cette façon, une relation peut être établie entre les types de substrats et les différents taxa en présence et inversement. De plus l'A.F.C. visualise les espaces réduits et structure les données en fonction de leurs divergences ou de leurs convergences.

L'A.F.C. compare des profils représentant les fréquences relatives des éléments formant les lignes et les colonnes de la matrice de données (ORBAN-FERAUGE, 1987). Contrairement à l'A.C.P. qui se limite à la comparaison d'effectifs, le résultat de cette comparaison est la formation de deux nuages de points dans l'espace des profils correspondants (ligne/colonne). La disposition de ces deux nuages se fait de façon à maximiser la dispersion des points dans un système d'axe nouvellement défini (ORBAN-FERAUGE, 1985). Sur un graphe, la projection des éléments dans l'espace réduit renseigne sur la relation de dépendance existant entre les descripteurs (taxa), il en est de même pour la relation entre les objets (substrats) projetés sur un autre graphe. L'interprétation de ces deux types de graphes se fait en termes de proximités entre les projections des lignes et des colonnes entre lesquelles est établie une "correspondance".

Ainsi, l'A.F.C. ordonne les échantillons et les taxa sur base d'une mesure de Chi-2 (A^2), c'est-à-dire une méthode des moindres carrés des distances (LEGENDRE et LEGENDRE, 1984), équivalente à la distance euclidienne entre les profils de ces échantillons et de ces taxa (ORBAN-FERAUGE, 1987). Les mécanismes, les calculs et les démonstrations de cette méthode particulièrement complexe sont développés par ces auteurs (LEGENDRE et LEGENDRE, 1984, ORBAN-FERAUGE, 1987).

A partir de n'importe quelle méthode d'échantillonnage, les relevés se traduiront par un certain nombre de valeurs nulles dans le tableau "relevés x taxa". Ces zéros ne peuvent être considérés comme des ressemblances entre relevés lorsque l'espèce considérée n'a pas pu être échantillonnée et non pas parce qu'elle n'est pas présente dans un tel milieu. Il semblerait que l'A.F.C. soit plus performante que l'A.C.P. dans ce genre de situation (STROOT, 1989). Etant donné que la détermination a été menée jusqu'à l'espèce dans la plupart des cas, l'interprétation de l'importante proportion de données nulles qui en résulte est rendue plus fiable et rigoureuse grâce à l'A.F.C.

	Estimations de l'échantillon	Paramètres de la population
Moyenne arithmétique	\bar{x}	μ
Variance	s^2	σ^2
Écart-type	s	σ
Moyenne et variance d'une loi de Poisson	m	λ
Nombre de relevés	n	

Tableau VI : Comparaison des symboles utilisés pour les estimations de l'échantillon et les paramètres de la population (ELLIOT J.M. et DECAMPS H., 1973).

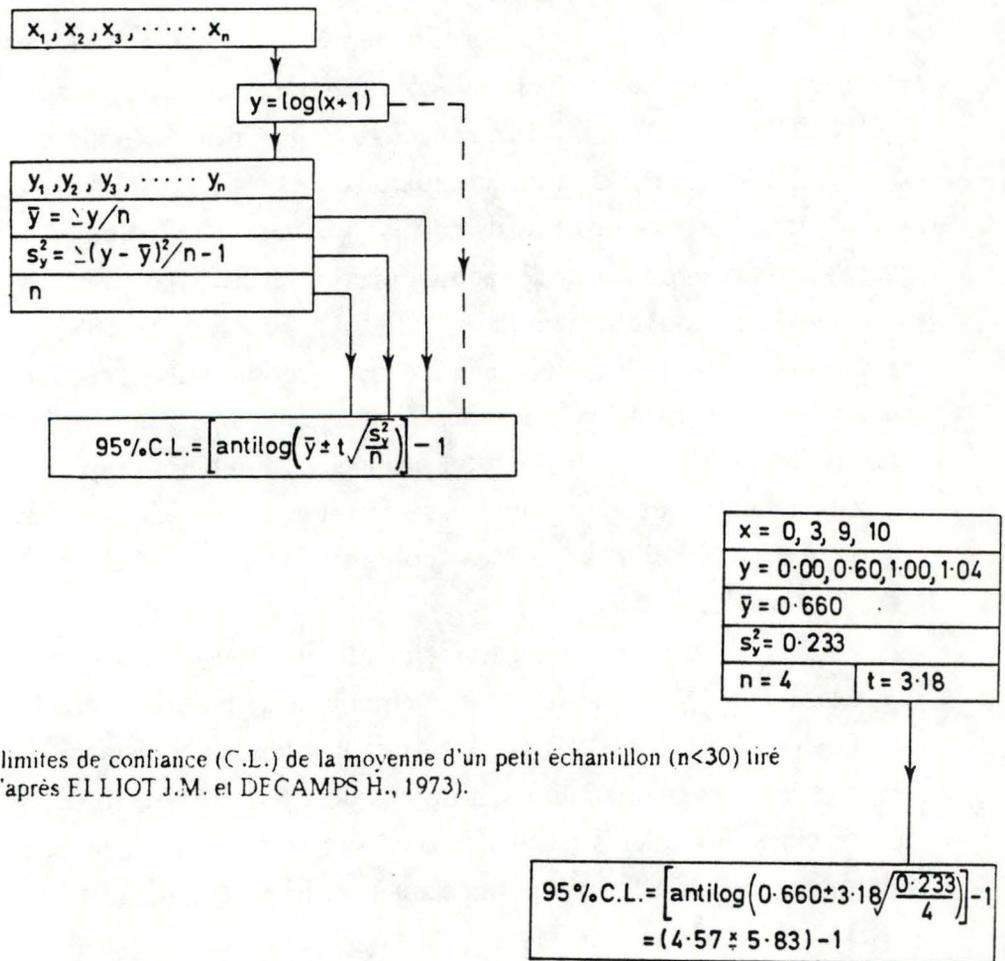


Figure 20: Calcul des 95 % des limites de confiance (C.L.) de la moyenne d'un petit échantillon ($n < 30$) tiré d'un distribution contagieuse (d'après ELLIOT J.M. et DECAMPS H., 1973).

v	t	v	t	v	t
3	3.18	11	2.20	19	2.09
4	2.78	12	2.18	20	2.09
5	2.57	13	2.16	21	2.08
6	2.45	14	2.14	22	2.07
7	2.36	15	2.13	23	2.07
8	2.31	16	2.12	24-26	2.06
9	2.26	17	2.11	27-28	2.05
10	2.23	18	2.10	29-30	2.04

Tableau VII: Valeurs du t de Student pour 95 % des limites de confiance et pour les seuils de signification 5 % dans les test t (v =nombre de degrés de liberté)(d'après ELLIOT J.M. et DECAMPS H., 1973).

Nous justifions donc son choix, de préférence à l'A.C.P., par le traitement apparemment meilleur que réserve l'A.F.C. aux valeurs nulles, particulièrement abondantes dans le type de données "relevés x taxa".

Les nombres de relevés risquent de rendre difficile le repérage de leurs profils en espace réduit, pour cette raison nous avons reporté les abréviations des taxa et les dénominations des échantillons aux coordonnées exactes de la position de ces profils. Ces dernières sont fournies avec le traitement en A.F.C.

3.3. Estimation de densité-biomasse.

Il est souvent impossible de faire pour toutes les espèces une estimation complète et précise sur une grande surface. Aussi, la plupart des études quantitatives se limitent-elles à un grand nombre d'espèces sur une petite surface clairement définie. Il apparaît toujours une certaine variabilité dans les nombres d'individus pris au hasard qui est due en partie aux défauts de la technique d'échantillonnage. Cette erreur est généralement du même ordre pour tous les relevés. Cette variation est mesurée par la variance S^2 qui renseigne sur le mode de répartition des individus et permet de dire si cette répartition est agrégative ou non. Nous pouvons donc caractériser un échantillon par sa valeur moyenne (\bar{X}) et par une mesure de dispersion (S^2) (Tableau VI).

Afin d'apprécier correctement la densité d'une population d'individus par échantillonnage, il est important de connaître le mode de répartition des individus. La distribution des individus est rarement au hasard ($S^2 < \bar{X}$) ou régulière ($S^2 = \bar{X}$). Elle est, dans la plupart des cas, du type contagieux (ELLIOT, 1973) avec la variance significativement plus grande que la moyenne ($S^2 > \bar{X}$). Certaines espèces ont tendance à s'agréger alors que d'autres non et présentent ainsi une distribution contagieuse (ou agrégative). Un aspect courant est celui de taches de forte densité semblables à des essaims sur un fond généralement de faible densité. Mais dans le même habitat, des espèces différentes présentent des distributions contagieuses différentes, et le mode de dispersion d'une même espèce peut varier sur une petite surface.

Les limites de confiance de la moyenne d'un petit échantillon ($n < 30$) peuvent être tirées d'une distribution contagieuse (ELLIOT, 1973). Le théorème

central limite ne peut être appliqué aux petits échantillons tirés d'une distribution contagieuse. Il peut cependant être appliqué aux nombres quand ces derniers sont transformés, c'est-à-dire quand chaque nombre est remplacé par une fonction mathématique convenable qui doit normaliser la distribution de probabilité des nombres. Pour les petits échantillons, la transformation la plus utile est probablement la transformation logarithmique ou sa variante $\log(x+1)$ qui doit être utilisée quand des valeurs zéro apparaissent dans l'échantillon.

Si les nombres $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ sont transformés en $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ ($y = \log x$), la moyenne arithmétique des nombres transformés est \bar{y} et la variance S^2_y . Par suite, les 95 % des limites de confiance pour \bar{Y} sont : $\bar{Y} \pm t\sqrt{S^2_y/n}$, t étant trouvé dans la distribution du t de student (Tableau VII). Les antilogarithmes de ces limites donnent les 95 % des limites de confiance pour la moyenne de la population. Lorsqu'un zéro apparaît et que la transformation $\log(x+1)$ est utilisée, on doit retrancher 1 des antilogs de la moyenne (\bar{Y}) et les limites de confiance sont par exemple $(4,57 \%, 5,83) - 1$ et vont de 0 à 26 (Figure 20). Par suite, la moyenne vraie de la population est probablement ($P=0,95$) entre 0 et 26 individus par relevé. Ces limites sont très écartées et ne peuvent être rapprochées qu'en augmentant le nombre de relevés n .

A l'issue de la détermination, les invertébrés sont comptés et placés dans des coupelles en verre au niveau taxonomique déterminé, afin de procéder à des mesures de biomasse. La biomasse est envisagée dans notre étude comme le poids frais de macroinvertébrés présents à un moment précis. Il s'agit de mesurer des poids frais formolés, stabilisés pendant plus de quatre mois. Il faut noter qu'après un séjour plus ou moins long dans le formol, il s'en suit une perte de poids de quelques pourcents, les poids frais formolés mesurés sont donc légèrement inférieurs aux poids frais non formolés. L'estimation de la biomasse se fait par pesée au dixième de milligramme. Les organismes ont été épongés sur papier filtre afin d'éliminer le maximum de liquide. Les Trichoptères à fourreau sont pesés sans leur fourreau alors que les Mollusques sont pesés avec leur coquille, qui fait partie intégrante de l'animal. A chaque pesée tous les individus d'un même taxon d'un prélèvement sont pesés ensemble et une biomasse moyenne "formolée".

DEUXIEME PARTIE :

Analyses "in situ".

DEUXIEME PARTIE**ANALYSES "IN SITU".**

=====

1. Le milieu.

Le but de ce travail étant de déterminer la relation entre la faune benthique et le substrat qui lui sert de support pour son développement, il était nécessaire de choisir des stations de substrats distincts afin de les comparer ultérieurement au point de vue de leur texture mais surtout de leur affinité pour un type de faune particulier de macroinvertébrés benthiques.

1.1. Choix du secteur d'étude : le bief de Waulsort.

Cette première approche consiste à inventorier les différents types de berges rencontrées le long du bief. Un bief est la partie d'un cours d'eau délimitée par deux chutes d'eau successives ou barrages dans notre cas. Le bief de Waulsort se situe donc entre les écluses de Waulsort et d'Anseremme. Les berges de la Meuse ont été examinées à partir de la carte d'aménagement des berges de la Meuse moyenne supérieure dressée par le G.I.R.E.A. (1988) (Annexe 4) et un relevé sommaire sur le terrain même a permis de préciser la composition des berges. Dans ce bief, 80 % des berges ont subi des transformations, 7 % sont bétonnées, 35 % sont des perrés à sec avec des enrochements à la base. Les îles du bief sont maintenues et deux noues (Colébi et Monia) jouent un rôle non négligeable en tant que frayères.

Les berges écologiquement les plus intéressantes se situent sur la rive gauche en aval du barrage de Waulsort près des roselières. Sur la berge droite, à hauteur de l'indice kilométrique K10, un perré à sec avec enrochements en pied de berge comporte une bonne diversité d'habitats pour les macroinvertébrés et les poissons. Les berges naturelles en rive droite au site de Freyr, à l'aval du port de plaisance de Waulsort, ainsi que celles de l'île Monia sont à retenir (VERNIERS, 1988).

Tableau VIII : Caractéristiques des stations échantillonnées en septembre 1989 dans le bief de Waulsort lors du chômage technique.

Stations	Type de berge	Substrat dominant	Allure de la pente	Végétation du haut de berge
1	Naturelle	vase	moyenne à forte	strate arborescente
2	Naturelle	vase/galets/pierres/blocs	moyenne	strate arbustive
3	Naturelle	vase/galets/pierres/blocs	moyenne	strate arborescente
4	Artificielle	perré à coulée de béton	forte	strate herbacée
5	Naturelle	vase/galets/pierres	douce	strate herbacée
6	Artificielle	perré à sec/graviers/galets	douce	strate arborescente
7	Naturelle	galets/pierres/blocs	douce	strate arborescente
8	Naturelle	galets/pierres	moyenne	strate arborescente
9	Artificielle	perré cimenté	forte	strate herbacée

1.2. Choix des stations.

Afin de mieux comprendre l'écologie d'un cours d'eau et d'avoir une idée sur sa diversité faunistique, le choix des stations est primordial. Parmi les facteurs biotiques et abiotiques évoqués précédemment, la nature du substrat constitue un des facteurs les plus importants, c'est pour cette raison que les stations ont été choisies en fonction du type de matériaux composant le substrat des différentes berges. On distingue les stations de milieu lénitique où le courant lent permet une certaine sédimentation sur le fond des éléments fins transportés par le courant. Au contraire il existe des stations à milieu lotique dans lesquelles aucun dépôt n'est possible, le fond étant continuellement érodé.

Le choix des stations s'est donc effectué à partir de la carte d'aménagement des berges de la Meuse moyenne supérieure dressée par le G.I.R.E.A. (1988)(Annexe 4). Notre choix s'est porté d'abord sur les substrats artificiels c'est-à-dire mis en place par l'homme, c'est ainsi que les perrés cimentés ou non, avec ou sans coulée de béton, ont été sélectionnés. Les berges correspondant à ces critères sont l'ancien perré à coulée de béton, l'ancien perré non cimenté et le nouveau perré cimenté (Tableau VIII).

Quant aux berges naturelles, différents substrats ont été choisis en fonction de leur texture, celle-ci variant des plages de pierres aux plages vaseuses en passant par les berges à caractère plus graveleux. La végétation poussant sur les berges influence également la structure du biotope et des biocénoses en place, la végétation peut être herbacée, arbustive ou arborescente. Ce sont les plages vaseuses et les plages de galets. Le tableau VIII récapitule les différentes berges sélectionnées avec leurs principales caractéristiques.

1.3. Description des stations.

Afin de caractériser chaque lieu de prélèvement au sein d'une station, différentes observations ont été réalisées. L'importance des composantes morphodynamiques telles que la nature du substrat et la vitesse du courant en

Tableau IX : Légende des fiches de terrain.

Type de substrat :

- G1 : pierres, gros galets dominants avec vase.
- G2 : petits galets dominants avec vase.
- V1 : vase épaisse.
- V2 : vase peu épaisse.
- S1 : sable.
- S2 : sable avec graviers, galets, débris végétaux.
- P1 : perré non cimenté.
- P2 : perré cimenté.
- P3 : mur bétonné.
- P4 : perré non cimenté recouvert d'une coulée de béton.

Stabilité du substrat :

- 0 : pas de signe d'instabilité.
- 1 : signe d'instabilité.
- 2 : substrat nettement instable.

Type de végétation sur le substrat :

- V0 : absence de végétation.
- A1 : algues macroscopiques.
- A2 : algues et mousses mélangées.
- A3 : algues, mousses et macrophytes mélangés.
- P1 : phanérogames de bordures émergentes.
- P2 : phanérogames d'eau calme à feuilles flottantes.

Abondance de la végétation :

- 1 : recouvrement de 1 à 10 % sur l'habitat.
- 2 : recouvrement de 10 à 50 % sur l'habitat.
- 3 : recouvrement de 50 à 90 % sur l'habitat.
- 4 : recouvrement > 90 % sur l'habitat.

Nature de la couverture biologique (périphyton et plancton) :

- 1 : couverture biologique pratiquement nulle.
- 2 : diatomées peu visibles.
- 3 : diatomées assez développées.

Mode de prélèvement sur l'habitat :

- S : filet de Surber de 30 sur 33 cm.
- Q : quadrats de 30 sur 33 cm.

Classes de hauteur d'eau :

- H1 de 0 à 15 cm.
- H2 de 15 à 75 cm.
- H3 de 75 à 200 cm.
- H4 > 200 cm.

Classes de distance au haut de berge :

- D1 de 0.5 m à 2 m.
- D2 de 2 m à 5 m.
- D3 > 5 m.

Classes de vitesse de courant :

- C1 de 0 à 10 cm/s.
- C2 de 10 à 30 cm/s.
- C3 de 30 à 80 cm/s.
- C4 > 80 cm/s.

tant que facteurs de répartition des invertébrés benthiques n'est plus à démontrer. Par contre, les relations qui existent entre la nature et la structure de ces peuplements et l'habitat aquatique restent à préciser. En associant donc aux observations sur la biocénose une description des habitats, on pourra définir plus aisément les potentialités écologiques d'un cours d'eau comme la Meuse. Pour chaque station on trouvera une fiche de description des habitats sur laquelle sont reportées sous forme codée, toutes les caractéristiques des différents habitats inventoriés sur la station (Tableau IX).

La méthode adoptée pour les prélèvements comporte un protocole de description des habitats (Annexe 1) prenant en compte le substrat (texture, structure, stabilité). La texture du sol se définit par les proportions relatives de particules de dimensions différentes. La texture peut s'apprécier sur le terrain ou être déduite de l'analyse granulométrique qui permet précisément de déterminer les proportions des diverses particules réparties en classes de dimensions. Les classes de dimensions les plus couramment utilisées correspondent aux limites suivantes (DELCOUR, 1981) :

Argile 0 - 2 μm (< 0.002 mm) : argile.

2 - 10 μm (0.002 mm -- 0.01 mm) : limon fin.

Limon 10 - 20 μm (0.01 mm -- 0.02 mm) : limon moyen.

20 - 50 μm (0.02 mm -- 0.05 mm) : limon grossier.

0.05 mm - 0.1 mm : sable très fin.

0.1 mm - 0.2 mm : sable fin.

Sable 0.2 mm - 0.5 mm : sable moyen.

0.5 mm - 1 mm : sable grossier.

1 mm - 2 mm : sable très grossier.

Argile, limon et sable constituent la terre fine (boue ou vase) par opposition au squelette grossier qui comporte les fractions suivantes :

Graviers 0.2 - 2 cm.

Galets 2 - 7.5 cm.

Pierres 7.5 - 25 cm.

Blocs > 25 cm.

N.B. : 1 μm = 0.001 mm.

La dénomination vase pour un substrat correspond en réalité à de la boue déposée en milieu de sédimentation. L'appellation "substrat envasé" est

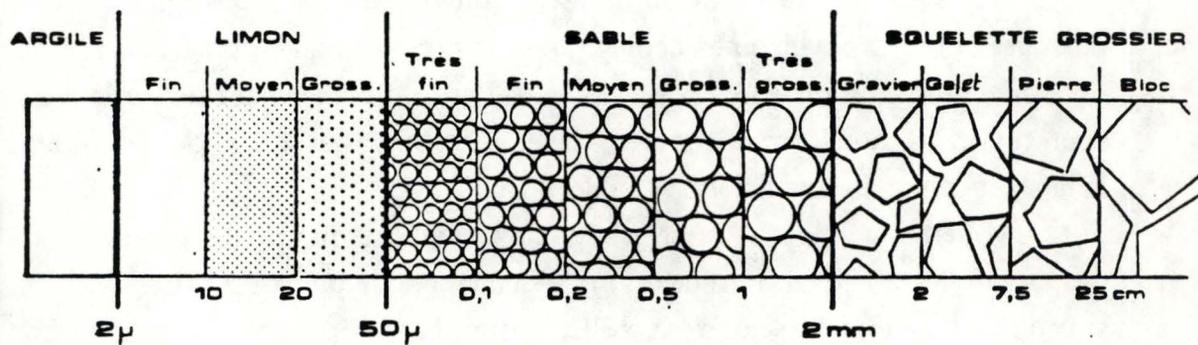


Figure 21: Echelle granulométrique (d'après DELECOUR, 1981).

considérée dans cette étude, au point de vue de la granulométrie comme la fraction inférieure à 1 millimètre. Il n'y a pas de distinction entre le sable dit "très grossier" et le gravier proprement dit, ces deux substrats étant compris entre 1 et 2 millimètres. Les autres termes granulométriques employés correspondent à l'échelle granulométrique des éléments de plus de 2 millimètres de diamètre (Figure 21).

La structure du substrat fait référence à la manière dont la berge est constituée et à la manière dont les éléments s'agencent entre eux. Enfin, la stabilité du substrat représente l'aptitude que possède le substrat à subir l'érosion ou inversement de permettre un certain colmatage par des matériaux fins et de résister ainsi à l'érosion.

Le type de végétation macroscopique vivant en tant que support physique, ainsi que son abondance sont décrits, la couverture biologique représentée par le périphyton et le plancton est également considérée en tant que facteur trophique. Leur recensement qualitatif a été réalisé à partir des différents substrats échantillonnés. La vitesse du courant et la profondeur sont renseignées et réparties en classes (Tableau IX). Enfin, le mode de prélèvement utilisé sur l'habitat est indiqué. Ces stations présentent en général des caractéristiques très semblables en ce qui concerne les données physico-chimiques.

Nous avons donc profité de la mise en chômage technique de la Meuse pour réaliser nos prélèvements de macroinvertébrés. A chaque station, neuf échantillons sont prélevés. Trois sont effectués dans une zone comprise entre le haut de berge et 0,5 mètres en contre-bas de celui-ci. Trois autres échantillons sont prélevés dans la zone suivante entre 0,5 mètres et 2 mètres du haut de berge, enfin la dernière zone de trois échantillons s'étend à plus de 2 mètres à partir du haut de berge jusqu'au niveau d'étiage et au-delà. Cette subdivision de la berge permet d'échantillonner la berge dans toute sa largeur et ce, dans les neuf stations situées tout le long du bief. La largeur de la berge est la distance séparant le haut de berge au niveau de l'eau. Les 81 échantillons ont été prélevés en deux jours, les 17 et 18 septembre 1989, au moyen de quadrats de 0,1 m² ou au moyen de surbers de même superficie lorsque le niveau d'eau était encore

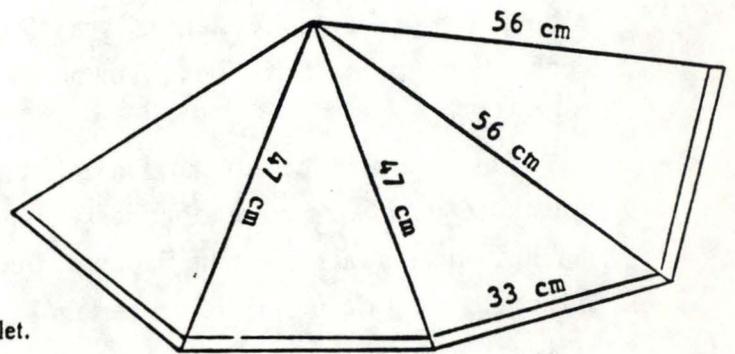
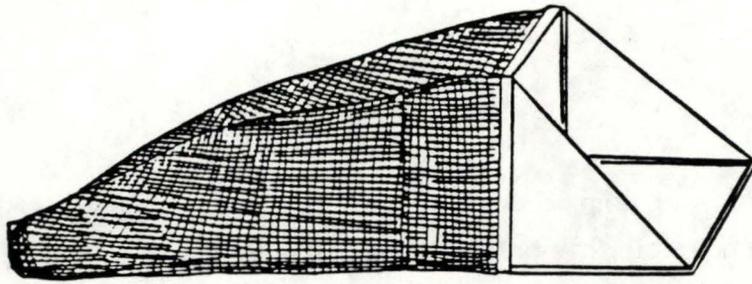


Figure 22: Filet Surber et patron de la poche du filet.

trop haut mais permettait toutefois une série de trois prélèvements dans une des trois zones accessibles de la berge au moment de l'échantillonnage.

2. Matériel et méthodes.

2.1. Matériel de récolte.

- Une paire de cuissarde.
- Trois quadrats de 0,1 m² chacun et un Surber de même superficie.
- Sacs en plastique de 50 litres et liens.
- Pincettes, grattoir et truelle.
- Formol dilué à 10 %

2.2. Méthode d'échantillonnage.

L'échantillonnage est quantitatif et permet de se rendre compte de la diversité, de la dominance et de l'abondance des espèces.

Il s'effectue sur le substrat exondé au moyen d'un quadrat de 30 cm x 33 cm lancé au hasard sur un des niveaux de la berge exondée de la station correspondante. Lorsque le niveau de l'eau encore trop élevé ne permet pas l'utilisation du quadrat, le Surber est employé. Il comprend deux cadres métalliques soudés à angle droit (Figure 22). Le cadre horizontal délimite également une surface de 30 cm x 33 cm, soit 1000 cm² (ou 0,1 m²), le cadre vertical percé de trous permet de fixer le filet fait d'un tissu solide à mailles fines (0,3 mm). Le cadre vertical porte aussi latéralement deux pièces métalliques triangulaires de manière à canaliser le courant dans le filet et éviter les pertes par dérive. Ces deux moyens de prélèvement ont été ramenés à une surface identique afin de permettre des comparaisons quantitatives ultérieures.

- Mode d'emploi du filet Surber sur substrat immergé.

1) Disposer au hasard le cadre horizontal sur le fond, poche tendue par le courant.

2) Soulever tout le substrat (cailloux, pierres et boue) sur une profondeur de quelques centimètres dans l'espace délimité ainsi par le cadre horizontal. Les organismes sont entraînés dans la poche du filet. Cette technique pourrait sous-estimer certains groupes, particulièrement ceux qui possèdent des dispositifs d'accrochage. C'est pourquoi lors de notre étude l'entièreté du substrat a été prélevé sur une profondeur de plus ou moins 5 centimètres.

3) Déverser le tout dans un sac plastique contenant du formol.

- Mode d'emploi du quadrat sur substrat exondé.

1) Lancer le cadre au hasard sur la berge.

2) Racler tout le substrat délimité par le cadre sur une profondeur de quelques centimètres à l'aide d'une truelle.

3) Déverser le tout dans un sac plastique contenant du formol.

La baisse du niveau d'eau s'effectuant de manière lente et continue, la surface fraîchement exondée avec sa série de trois prélèvements a été échantillonnée par des quadrats de manière synchrone et rapide. Ceci afin d'éviter la dessiccation du substrat qui aurait entraîné la mort d'organismes benthiques ou la fuite de certains macroinvertébrés qui auraient cherché à regagner l'eau. Lorsqu'il s'agit de supports sédimentaires, le microhabitat lui-même est prélevé avec les organismes qu'il abrite. De plus, un volume équivalent de substrat est échantillonné quelque soit la technique utilisée pour permettre les comparaisons quantitatives ultérieures.

2.3. Traitement des échantillons.

2.3.1. Tri des échantillons.

2.3.1.1. Lavage sur tamis.

L'échantillon est placé sur deux tamis successifs à mailles respectivement de 4 mm puis de 1 mm. On arrose avec de l'eau, la vase traverse le tamis, seuls les macroinvertébrés de taille supérieure à un millimètre sont retenus. La fraction inférieure à 1 millimètre est négligeable car elle n'intervient pratiquement pas dans le calcul de la biomasse, elle est constituée de jeunes chironomes, des morceaux d'oligochètes et de stades jeunes d'espèces présentes.

2.3.1.2. Tri à la main.

Le matériel récolté est déversé dans un bac en plastique blanc (type bac photographique, 52 x 36 x 9 cm). Il est aisé d'étaler la récolte dans le bac, en ajoutant un fond d'eau, et de séparer les animaux des débris, graviers et pierres récoltées en même temps. On prélève les spécimens à la pince.

Le temps de tri est considérable mais afin de gagner du temps et d'augmenter l'efficacité du tri, on partage l'échantillon en plusieurs fractions. La fraction supérieure à 4 millimètres ne pose pas de problèmes, la fraction supérieure à 1 millimètre est divisée en deux parties, le gravier et le surnageant. Le surnageant est obtenu en agitant énergiquement la fraction avec un jet d'eau puis en récupérant avec une épuisette tout ce qui flotte. On répète l'opération deux à trois fois, de cette manière, quelques individus d'espèces relativement lourdes sédimentent dans le gravier se trouvant dans le bac. Les espèces lourdes relativement rares sont alors aisément prélevées.

2.3.2. Détermination des macroinvertébrés récoltés.

Les animaux sont triés, identifiés à des degrés variables de précision, selon la difficulté et les moyens dont nous disposons. Toutefois, certains taxa

abondants méritaient une détermination plus poussée, c'est le cas des larves de Diptères qui ont été déterminées par Monsieur Goddeeris de l'I.R.S.N.B. (Bruxelles). La plupart des spécimens ont été déterminés jusqu'à l'espèce lorsque cela était possible, ils ont été comptés, placés dans des flacons contenant du formol 10 % et étiquetés. La détermination s'effectue sous binoculaire muni d'un oculaire de grossissement 15 fois et d'un objectif avec un grossissement variable de 0.8 à 4 fois. La vérification de certaines déterminations difficiles a été réalisée par Monsieur Ph. Stroot. Les faunes utilisées sont :

- ADAM W. : Mollusques terrestres et dulcicoles, Tome 1.
 AGUESSE P. : Les Odonates de l'Europe Occidentale, du Nord de l'Afrique et des Iles Atlantiques.
 BOURNAUD M. et al. : Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces.
 BRINKHURST R.O. : A Guide for the Identification of British AQUATIC OLIGOCHETA.
 DETHIER M. : Hétéroptères aquatiques et ripicoles (genres et principales espèces).
 DETHIER M., HAENNI J.-P. : Planipennes, Mégaloptères et Lépidoptères à larves aquatiques.
 ELLIOT J.-M. : A Key to the British Fresh MEGALOPTERA and NEUROPTERA.
 ELLIOT J.-M., HUMPESCH U.H., MACAN T.T. : Larvae of the British EPHEMEROPTERA.
 HURZ J.-P., MAGUIEZ G. : Crustacés Isopodes (Principalement Asellotes.).
 HYNES H.B.N., D.Sc. : A Key to the Adults and Nymphs of British STONEFLIES (PLECOPTERA).
 KIMMINS D.E. : A revised Key to the Adults of the British species of EPHEMEROPTERA with notes on their ecology.
 LAFONT M. : Annélides Oligochètes.
 MACAN T.T. : A revised Key to the British WATERBUGS (Hemiptera-Heteroptera).
 MACAN T.T. : A Key to the Nymphs of British species of EPHEMEROPTERA with their notes on their ecology.
 MICHA J.-C. & NOISET J.-L. : Evaluation biologique de la pollution des ruisseaux et des rivières par les invertébrés benthiques.
 MOLLER PILLOT H.K.M. : De larven der nederlandse Chironomidae (Diptera).
 PATTEE E., GOURBAULT N. : Turbellariés Triclares Paludicoles (Planaires d'eau douce).
 RICHOUX Ph. : Coléoptères aquatiques (Genres : Adultes et Larves).
 STROOT Ph. : Une clé de détermination des larves de Trichoptères de Belgique au niveau de la famille.

3. Résultats et discussions.

3.1. Cartographie du bief.

3.1.1. Caractéristiques du substrat.

Le chômage technique a eu lieu du 16 septembre au 8 octobre 1989. Dès que les eaux furent descendues, l'échantillonnage a donc été réalisé très rapidement dans les neuf stations situées dans les limites du bief de Waulsort.

La longueur totale du bief mesure près de 8 kilomètres, la carte topographique au 1/25.000 (Figure 23) donne une idée de l'orientation des quatre petites cartes (Figures 25a à 25d). Le symbolisme utilisé est détaillé dans les schémas du tableau XI. De part et d'autre nous avons schématisé séparément la berge gauche et la berge droite selon un symbolisme expliqué par les légendes du tableau XII.

Afin de mieux visualiser l'orientation correcte de la berge sur les petites cartes 1 à 4 (Figures 25a à 25d), il faut savoir que la projection des berges montre les berges et les plages en sens inverse de leur orientation réelle sur la carte topographique. Ceci est expliqué en détail à la figure 24. De plus le rapport dans la direction perpendiculaire à la berge est exagéré dix fois sur la largeur. Rappelons ici que l'on entend largeur de la berge comme la distance séparant le haut de berge au niveau d'eau de la Meuse lors du chômage technique. Pour la granulométrie, seuls les substrats dominants ont été pris en compte.

La mise hors de l'eau des berges et des plages du bas de berge nous a permis de relever les caractéristiques du substrat sur l'entièreté du bief pour les deux rives de la Meuse. Ces mesures ont été réalisées le 27 et le 29 septembre 1989 lorsque la descente du niveau d'eau était maximale et stable. Chaque type morphodynamique rencontré sur les berges est représenté, formant ainsi une mosaïque de substrats différents. Chaque berge est découpée dans le sens haut de berge - niveau d'eau en segments relativement homogènes au point de vue

Figure 23: Répartition des cartes du bief de Waulsort. Carte topographique à l'échelle 1:25.000.

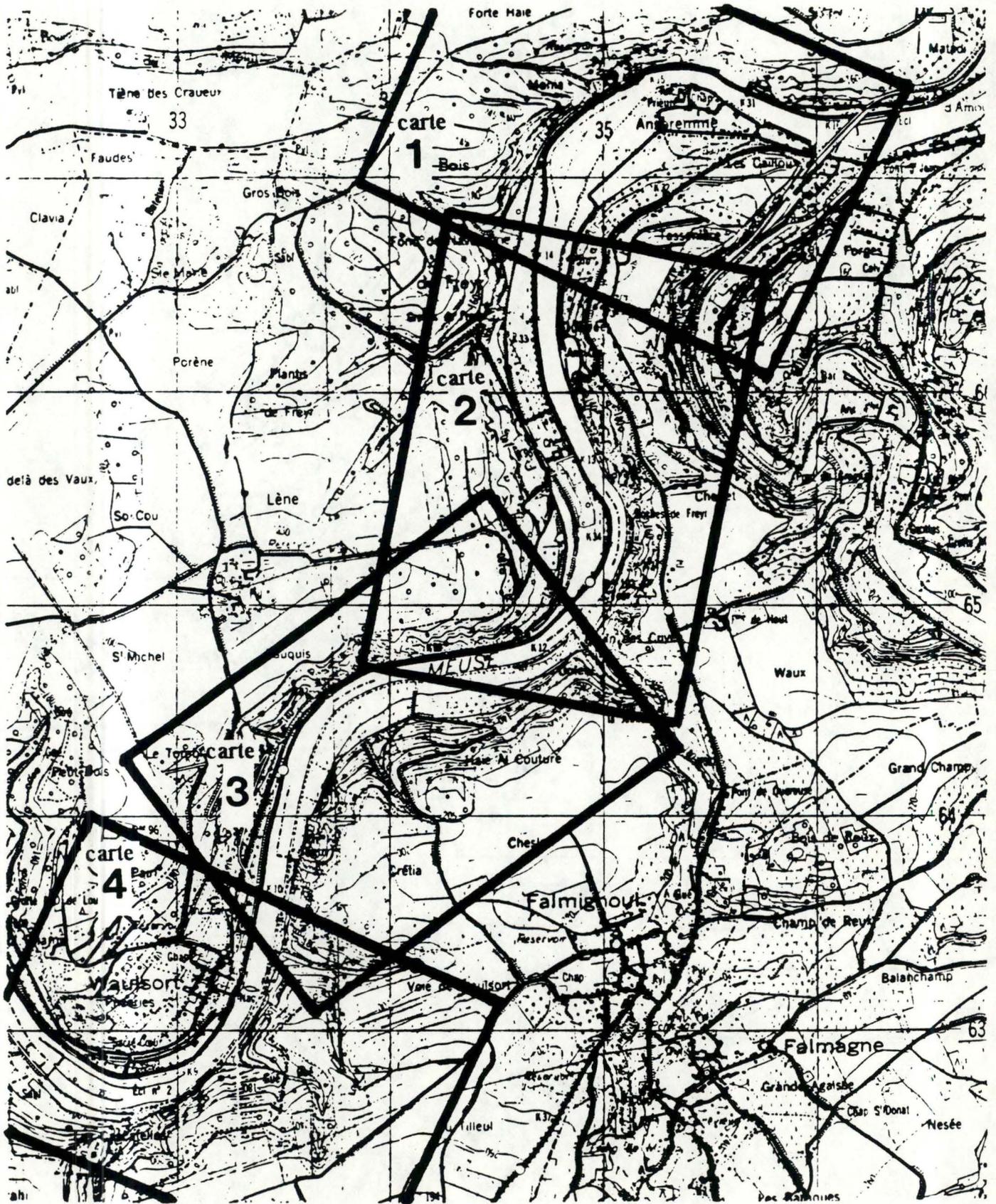
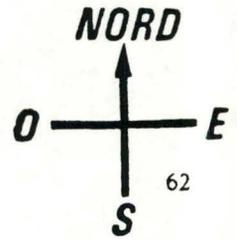
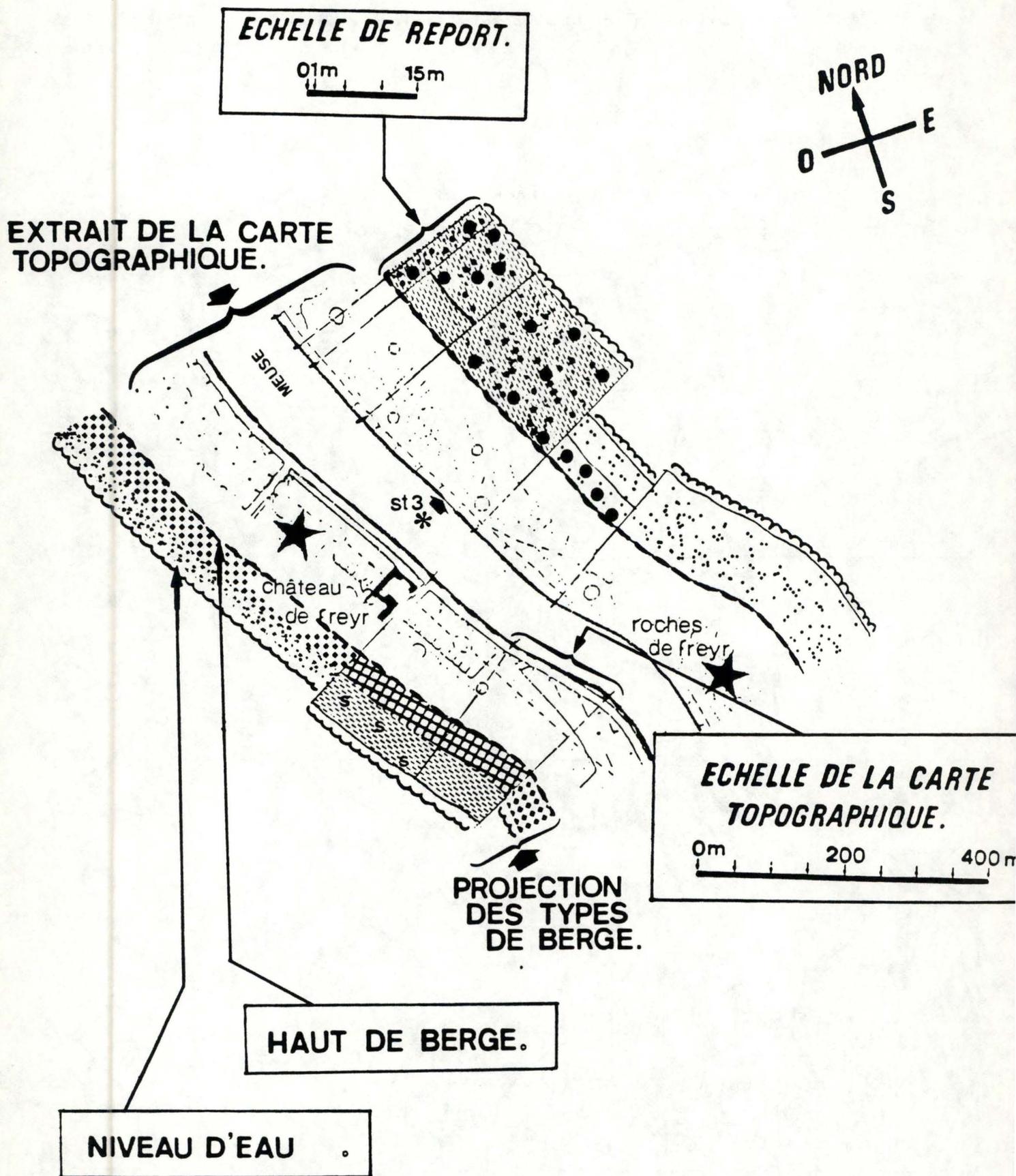


Figure 24: Exemple d'utilisation de la carte des projections des berges.



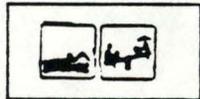
LEGENDE DE LA CARTE TOPOGRAPHIQUE.



**Port de plaisance,
club nautique.**



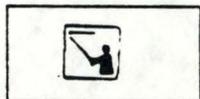
Camping.



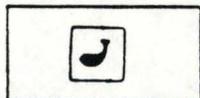
Zone récréative.



**Piste de vitesse
(Ski nautique.).**



Zone de pêche.



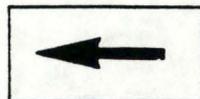
Frayères.



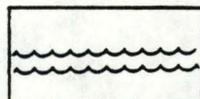
**Site de nidification
du martin-pêcheur.**



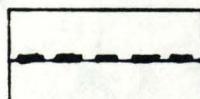
Site classé.



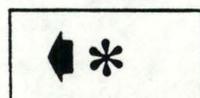
Sens du courant.



Niveau d'eau.

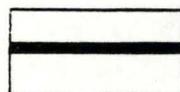


Haut de berge.

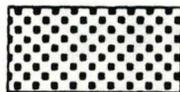


Station n° ...

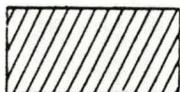
LEGENDE DES TYPES DE BERGE.



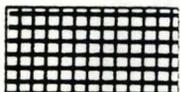
Mur de Béton.



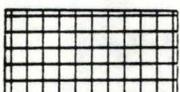
Coulée de Béton.



Gabion.



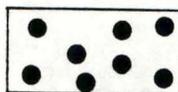
Perré Cimenté.



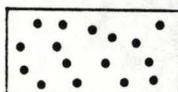
Perré Non Cimenté.



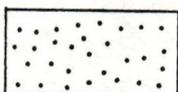
Enrochement.



Blocs.



Pierres.



Galets.



Graviers.



Boue.



Boue + Argile.



Boue + Sable.

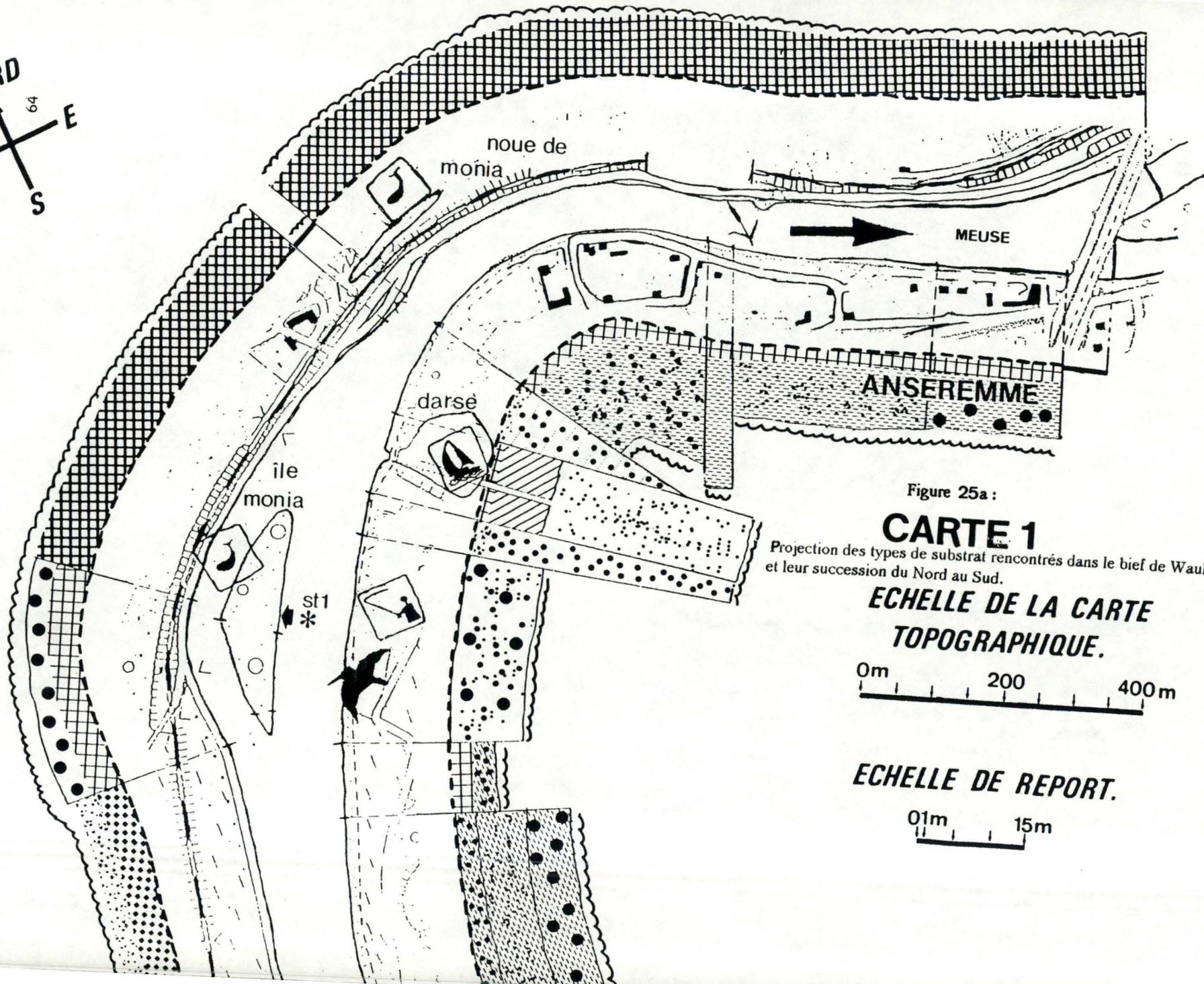
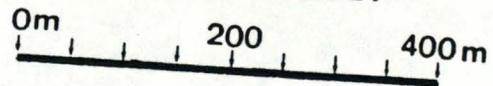


Figure 25a :

CARTE 1

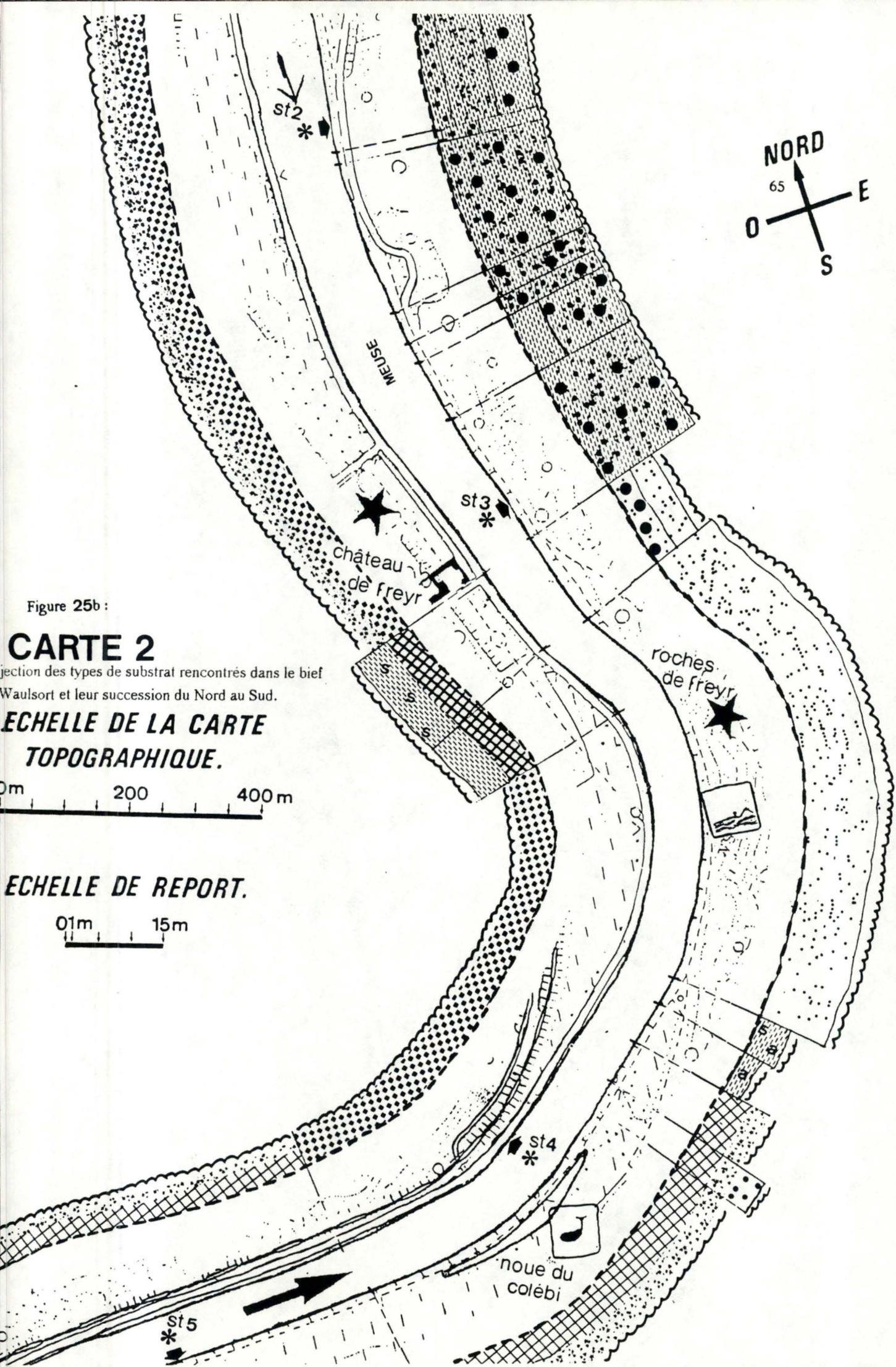
Projection des types de substrat rencontrés dans le bief de Waulsort et leur succession du Nord au Sud.

**ECHELLE DE LA CARTE
TOPOGRAPHIQUE.**



ECHELLE DE REPORT.





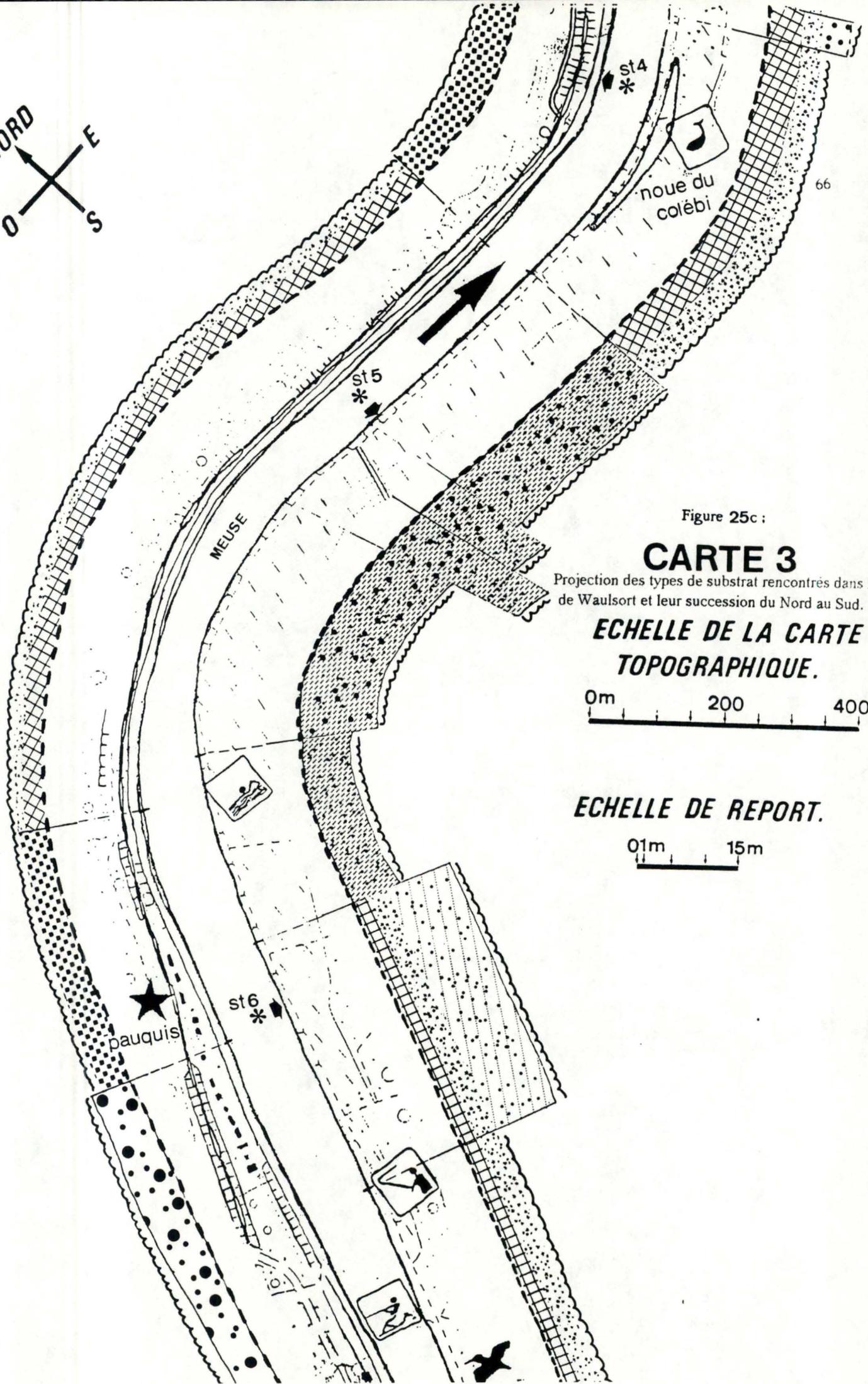
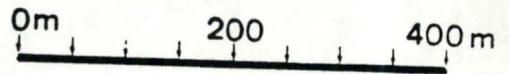


Figure 25c :

CARTE 3

Projection des types de substrat rencontrés dans le bief de Waulsort et leur succession du Nord au Sud.

ECHELLE DE LA CARTE TOPOGRAPHIQUE.



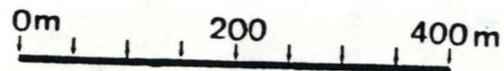
ECHELLE DE REPORT.



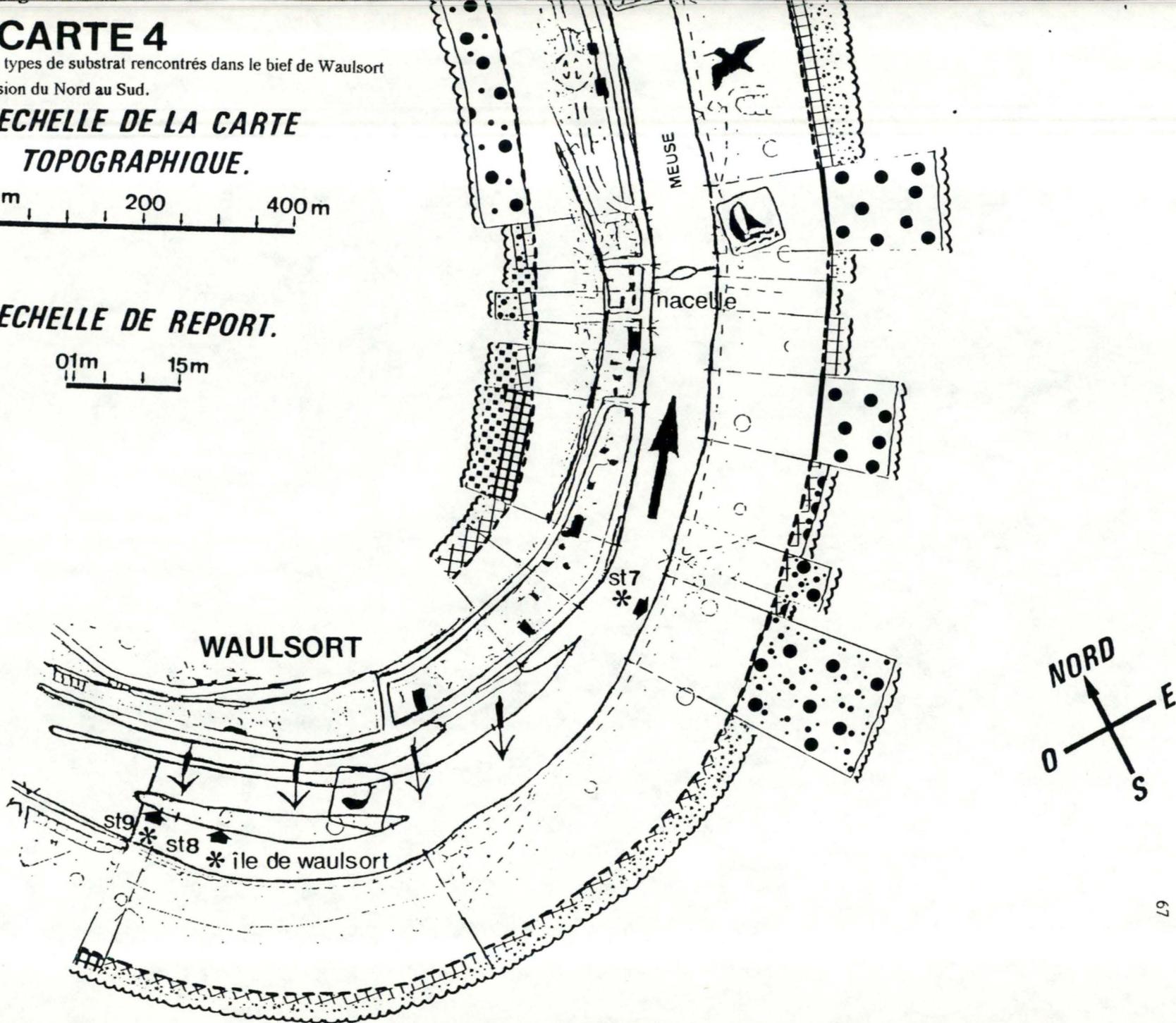
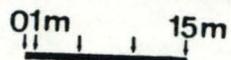
CARTE 4

Projection des types de substrat rencontrés dans le bief de Waulsort et leur succession du Nord au Sud.

ECHELLE DE LA CARTE TOPOGRAPHIQUE.



ECHELLE DE REPORT.



composition du substrat. Les berges droites et gauches ainsi que les plages exondées sont représentées sur les cartes 1 à 4 (Figures 25a à 25d). Nous avons réalisé le tracé des berges à partir des cartes au 1/10.000 de la façon suivante : au centre de chaque carte se trouve la représentation topographique de la vallée qui nous permet de situer les principales infrastructures situées le long du bief (ponts, écluses, darse, chemin de fer, routes). Les représentations des îles Monia et de Waulsort ainsi que leurs berges et plages, normalement au centre de la Meuse, ont été reportées sur une feuille séparée pour une raison de clarté (Figure 25e). Une fiche de description des stations, remplie sur le terrain, complète la cartographie (Annexe 1).

Les petites cartes (Figures 25a à 25e) visualisent nettement la répartition longitudinale d'amont en aval les types de substrat des berges. En effet, à l'exception de la berge gauche (sans tenir compte des îles) qui est entièrement artificielle, la berge droite montre une succession caractéristique des substrats. Directement en aval du barrage de Waulsort, sur le premier kilomètre, les substrats naturels sont constitués d'éléments dont la granulométrie est relativement importante, ceux-ci appartiennent aux catégories granulométriques supérieures à deux millimètres (Figure 21). Progressivement, les composantes envasées formant le substrat font leur apparition, accompagnées d'éléments grossiers du squelette minéral. Enfin dans le dernier tronçon du bief, près de l'écluse d'Anseremme, quelques berges laissent découvrir de grandes plages exclusivement envasées, aux endroits caractéristiques d'un milieu lentique.

3.1.2. Estimation de la surface des différents substrats.

L'estimation de la surface d'un type de berge est le produit de la longueur de la berge par sa largeur. La longueur a été relevée à l'aide d'un curvimètre sur la carte topographique (échelle topographique au 1:5000) après avoir été préalablement reportée sur cette carte lors des deux jours passés sur le terrain. La largeur de la berge c'est-à-dire son étendue sous forme de plage, a été relevée sur le terrain à l'aide d'un décimètre (cette mesure correspond donc à l'échelle de report). Les résultats sont détaillés dans les tableaux XIII et XIII'.

Les proportions et les surfaces occupées par les différents substrats sont renseignées aux figures 26a et 26b. Neuf substrats ont été rassemblés en fonction de leur structure, artificielle ou non, et en fonction de leur granulométrie, il s'agit des substrats typiquement durs composés de galets, de pierres et de blocs par opposition aux substrats exclusivement envasés. Les substrats durs et envasés présentent les caractéristiques intermédiaires des deux substrats précédents. Chaque type de surface a été échantillonnée au sein d'au moins une station et les caractéristiques des substrats échantillonnés sont décrites par après et dans l'annexe 1.

La surface occupée par les substrats naturels dépasse celle occupée par les substrats artificiels de plus de la moitié de la superficie totale des berges exondées lors du chômage technique, soit 142619 m² (Figure 26a). On a donc $8,8 + 23,5 + 28,5 = 60,5$ % de surfaces naturelles contre $0,3 + 9,2 + 10,4 + 9,9 + 9,0 + 0,7 = 39,5$ % de surfaces artificielles (Figure 26b). Les substrats naturels envasés ne constituent que 8,8 % de la superficie totale exondée et les six types de substrats artificiels occupent chacun plus ou moins les mêmes proportions (9 à 10 % chacun), à l'exception des gabions et des murs en bétons qui restent faiblement représentés. De toute évidence, les substrats naturels exclusivement durs dominent en compagnie des substrats naturels partiellement envasés avec respectivement 23,5 % et 28,5 %.

Tableau XIII: Estimation des surfaces des berges émergées (Waulsort, chômage technique septembre 1989).

RIVE DROITE	LONGUEUR	LARGEUR	SUPERFICIE	RIVE DROITE	LONGUEUR	LARGEUR	SUPERFICIE	
Mur de béton	87.5 m	3 m	262.5 m ²	Blocs+Galets	92.5 m	3.5 m	323.75 m ²	
	37.5 m	3 m	112.5 m ²		Blocs+Pierres+Galets	130 m	18 m (St 7)	2340 m ²
	80 m	3 m	240 m ²			17.5 m	1 m	17.5 m ²
	60 m	3 m	180 m ²			50 m	5 m	250 m ²
		-----	95 m	1 m		95 m ²		
		795 m ²		300 m	10 m	3000 m ²		

						5702.5 m ²		
Coulée de béton	20 m	3 m (*)	60 m ²	Pierres+Gruviers	130 m	25.5 m	3315 m ²	
					Galets+Gruviers	385 m	10 m (St 6)	3850 m ²
Gabion	40 m	4 m	160 m ²	Boue+Blocs		470 m	6 m	2820 m ²
	50 m	4 m	200 m ²		180 m	8 m	1440 m ²	
		-----				-----		
		360 m ²				4260 m ²		
Perré cimenté	35 m	2 m	70 m ²	Boue+Pierres	12.5 m	5 m	62.5 m ²	
Perré non cimenté	350 m	2 m (*)	700 m ²		470 m	3 m (St 2)	1410 m ²	
	60 m	3 m (*)	180 m ²	95 m	2 m	190 m ²		
385 m	1 m	385 m ²				-----		
370 m	1 m	370 m ²		Boue+Galets	285 m	7 m	1995 m ²	
17.5 m	1 m	17.5 m ²			470 m	7 m	3290 m ²	
50 m	1 m	50 m ²		280 m	8 m	2240 m ²		
95 m	1 m	95 m ²				-----		
75 m	2 m	150 m ²				7525 m ²		
35 m	1 m	35 m ²		Boue+Pierres+Galets	400 m	11 m	4400 m ²	
475 m	2 m	950 m ²			85.7 m	22 m	1885.4 m ²	
385 m	2 m	770 m ²		82.5 m	16 m	1320 m ²		
430 m	5 m	2150 m ²		325 m	11 m (St 5)	3575 m ²		
50 m	5 m	250 m ²		420 m	14.5 m	6090 m ²		
65 m	5 m	325 m ²				-----		
50 m	0.5 m	25 m ²				17270.4 m ²		
12.5 m	1 m	12.5 m ²		Boue+Blocs+Pierres+Galets	215 m	16 m (St 3)	3440 m ²	
95 m	2 m	190 m ²			100 m	11 m	1100 m ²	
40 m	1 m	40 m ²		30 m	16 m	480 m ²		
50 m	1 m	50 m ²		50 m	15.5 m	775 m ²		
420 m	3 m	1260 m ²		235 m	16 m	3760 m ²		
37.5 m	3 m	112.5 m ²				-----		
280 m	3 m	840 m ²		Boue	160 m	8.5 m (**)	1360 m ²	
180 m	3 m	540 m ²			100 m	5 m	500 m ²	
		-----		12.5 m	10 m	125 m ²		
		9497.5 m ²		37.5 m	18 m	675 m ²		

Enrochement	350 m	1 m (*)	350 m ²			2660 m ²		
	45 m	8.5 m (**)	382.5 m ²	Boue+Argile	65 m	3 m	195 m ²	
	385 m	1 m	385 m ²		Boue+Sable	135 m	28.5 m (**)	3847.5 m ²
	370 m	2 m	740 m ²	Boue+Argile+Sable	45 m	5 m	225 m ²	
	475 m	3 m	1425 m ²			-----		
	385 m	3 m	1155 m ²			4267.5 m ²		
	430 m	3 m	1290 m ²					
	50 m	3 m	150 m ²					
65 m	3 m	195 m ²						
57.5 m	1 m	57.5 m ²						
130 m	1.5 m	195 m ²						

		6325 m ²						
Blocs	87.5 m	10 m	875 m ²					
	80 m	15 m	1200 m ²					

		2075 m ²						
Pierres	50 m	4 m	200 m ²					
	57.5 m	28 m	1610 m ²					

		1810 m ²						
Galets	145 m	8.5 m (**)	1232.5 m ²					
	595 m	10.5 m	6247.5 m ²					
	92.5 m	4 m	370 m ²					
	100 m	21.5 m	2150 m ²					

		10000 m ²						

Tableau XIII: Estimation des surfaces des berges émergées (Waulsort, chômage technique septembre 1989).

RIVE GAUCHE	LONGUEUR	LARGEUR	SUPERFICIE
Mur de béton	38.5 m	3 m	115.5 m ²
	35 m	3 m	105 m ²
			----- 220.5 m ²
Coulée de béton	20 m	3 m (*)	60 m ²
	190 m	3 m	570 m ²
	70 m	2 m	140 m ²
	30 m	3 m	60 m ²
	410 m	4 m	1640 m ²
	1055 m	5 m (St 4)	5275 m ²
	1260 m	4 m	5040 m ²
		----- 12785 m ²	
Perré cimenté	25 m	1.5 m (*) (St 9)	37.5 m ²
	190 m	3 m	570 m ²
	92.5 m	4.5 m	416.25 m ²
	92 m	4.5 m	414 m ²
	470 m	8 m	3760 m ²
	1105 m	8 m	8840 m ²
		----- 14037.75 m ²	
Perré non cimenté	25 m	1 m (*)	25 m ²
	25 m	2 m (*)	50 m ²
	265 m	3 m (*)	795 m ²
	100 m	3 m	300 m ²
	95 m	2 m	190 m ²
	70 m	2 m	140 m ²
	50 m	2 m	100 m ²
	75 m	1 m	75 m ²
	930 m	3 m	2790 m ²
	220 m	4 m	880 m ²
			----- 5345 m ²
Enrochement	25 m	1 m (*)	25 m ²
	25 m	1 m (*)	25 m ²
	335 m	3 m (*)	1005 m ²
	110 m	8.5 m (**)	935 m ²
	95 m	1 m	95 m ²
	930 m	1 m	930 m ²
	1260 m	3 m	3780 m ²
		----- 6795 m ²	
Blocs	220 m	4 m	880 m ²
Blocs+Pierres	745 m	6 m	4470 m ²
Pierres+Galets	285 m	3 m (*) (St 8)	855 m ²
	50 m	3 m	150 m ²
	75 m	1 m	75 m ²
		----- 1080 m ²	
Boue	92.5 m	5 m	462.5 m ²
Boue+Sable	171 m	8.5 m (**)	1453.5 m ²
	135 m	16 m (**)	2160 m ²
	92 m	5 m	460 m ²
		----- 5153.5 m ²	

Remarque : (*) : Île de Waulsort ; (**) : Île Monia.

Figure 26a: Répartition des différents substrats dans le bief de Waulsort.

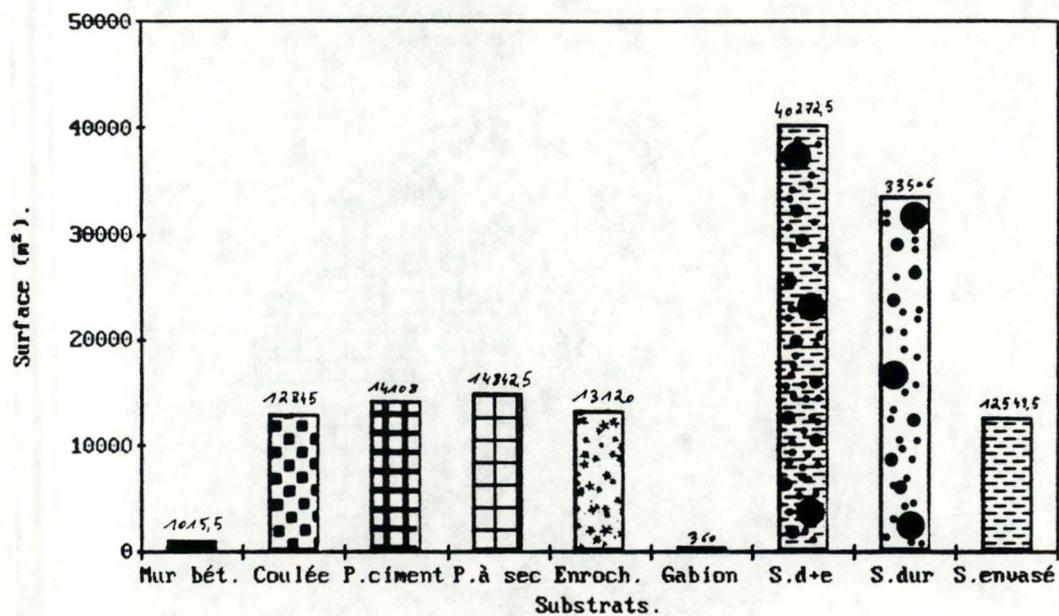
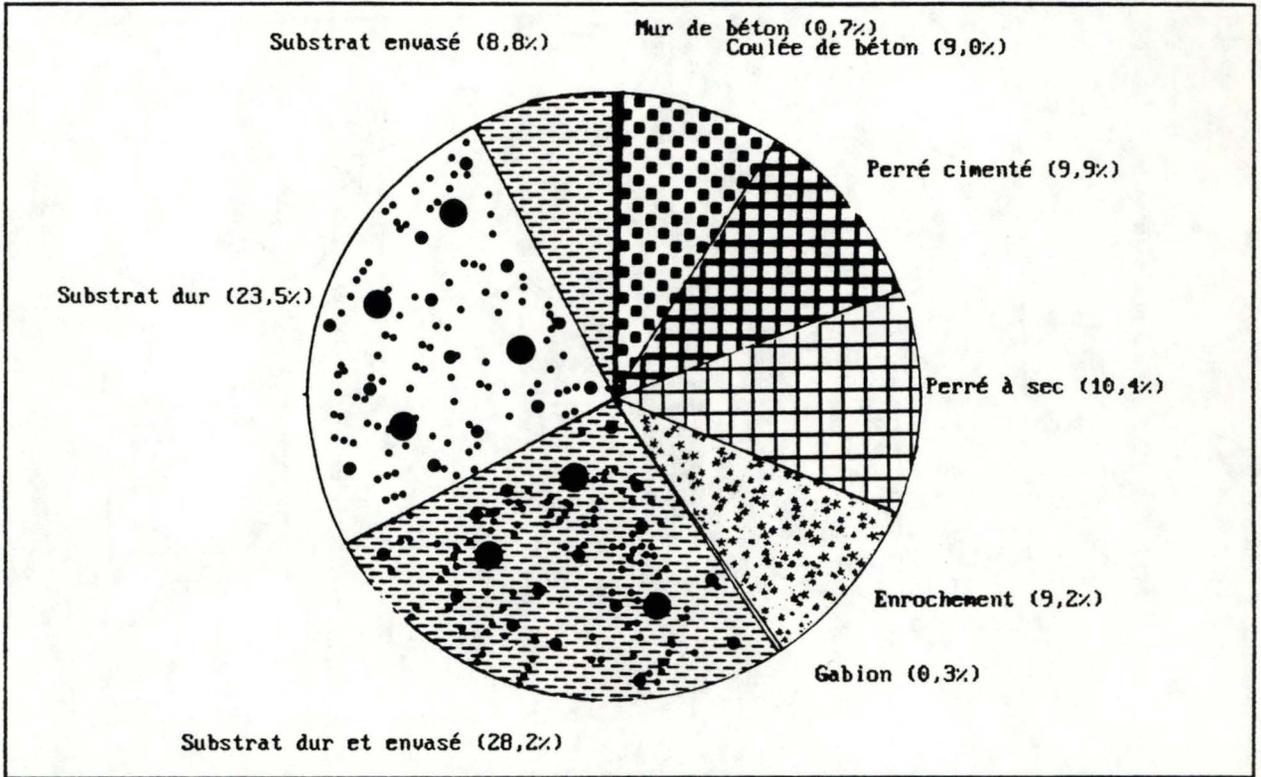


Figure 26: Répartition des différents substrats dans le bief de Waulsort.



3.1.3. Caractéristiques des stations échantillonnées.

Pour chaque station, une vue de profil en travers a été réalisée lorsque la baisse du niveau de l'eau permettait une vue globale de la station (Figures 27a à 27i). Le symbolisme représentant le substrat correspond à celui déjà utilisé précédemment (Tableau XII). Les stations diffèrent nettement de par la granulométrie du substrat, avec une gamme variant du substrat érodé au substrat déposé, elles possèdent également des pentes différentes et des couvertures végétales variées sur le haut de berge (Tableau VIII).

- Station 1 (Figure 27a) : Elle se situe sur la rive droite de l'île Monia, la berge s'enfonce en pente douce dans la Meuse sur quelques mètres puis plonge de façon abrupte à 65° et crée ainsi une dénivellation de plus de deux mètres. Le substrat est constitué de vase meuble dans la partie supérieure de la berge et plus compacte dans le bas avec localement des amas de coquilles vides et cassées. Le courant est faible et devient nul aux abords immédiats de la berge. Le sommet de la berge est entièrement couvert d'une strate arborescente composée essentiellement d'aulnes glutineux dont une partie des racines est découverte par l'érosion.

- Station 2 (Figure 27b) : Sur la rive droite, à quelques 200 mètres en aval du synclinal de Dinant, la berge présente d'importants dépôts de vase sur une pente légèrement inclinée et constituée de pierres, de galets et de blocs dans le bas de la berge. Ce substrat plus dur est colonisé par des algues dans la partie supérieure de la berge. Le courant y est très faible. Sur la berge, une strate arbustive envahit les abords de l'eau.

- Station 3 (Figure 27c) : En face du château de Freyr, la rive droite présente des berges naturelles relativement abruptes dont la base s'enfonce profondément dans la Meuse. Le substrat est à la fois vaseux et caillouteux. Quelques algues mettent à profit les quelques grosses pierres ou les blocs pour se développer à l'abri du courant. La couverture végétale du haut de berge est également formée d'arbres dominants dont les racines sont découvertes par l'eau.

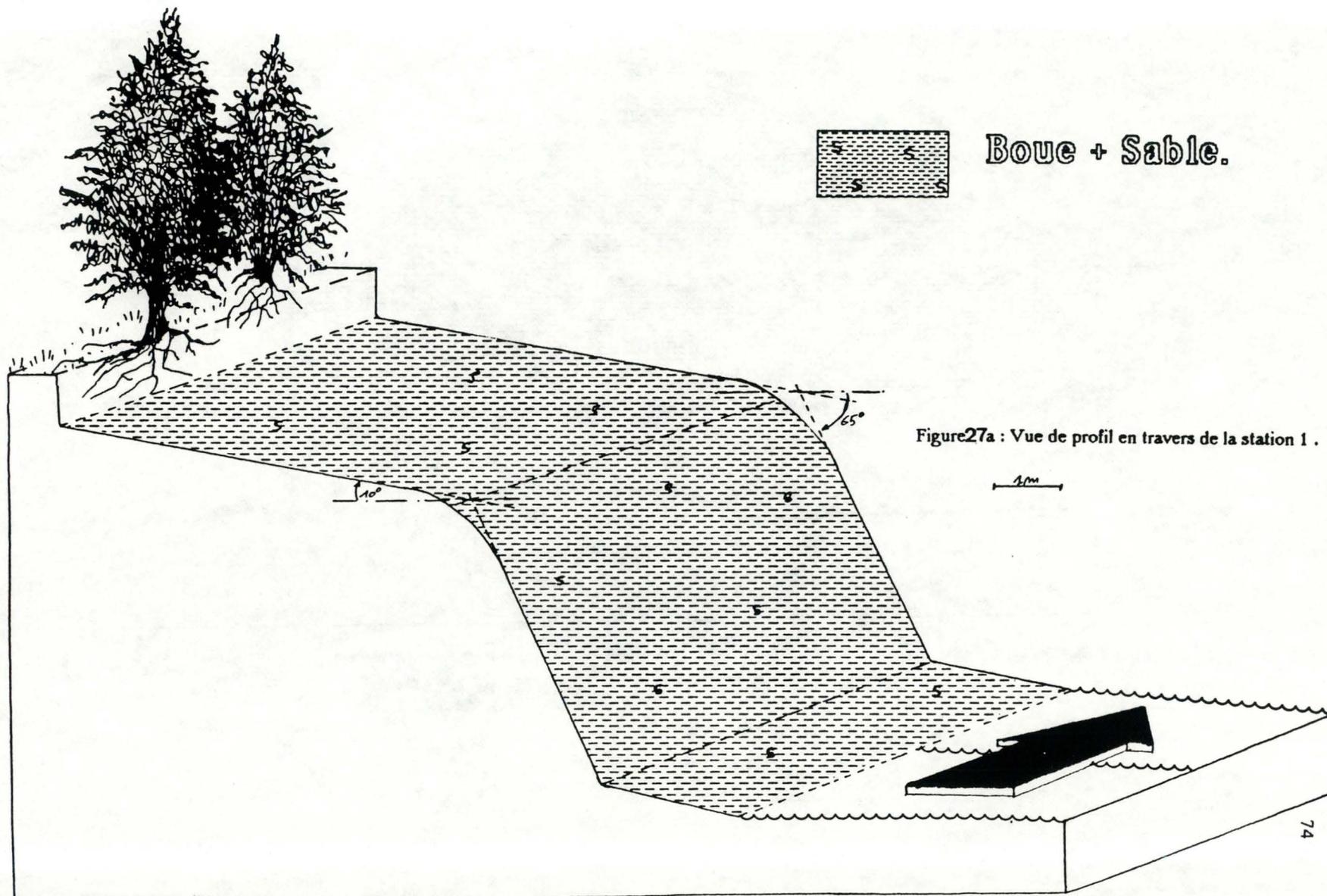
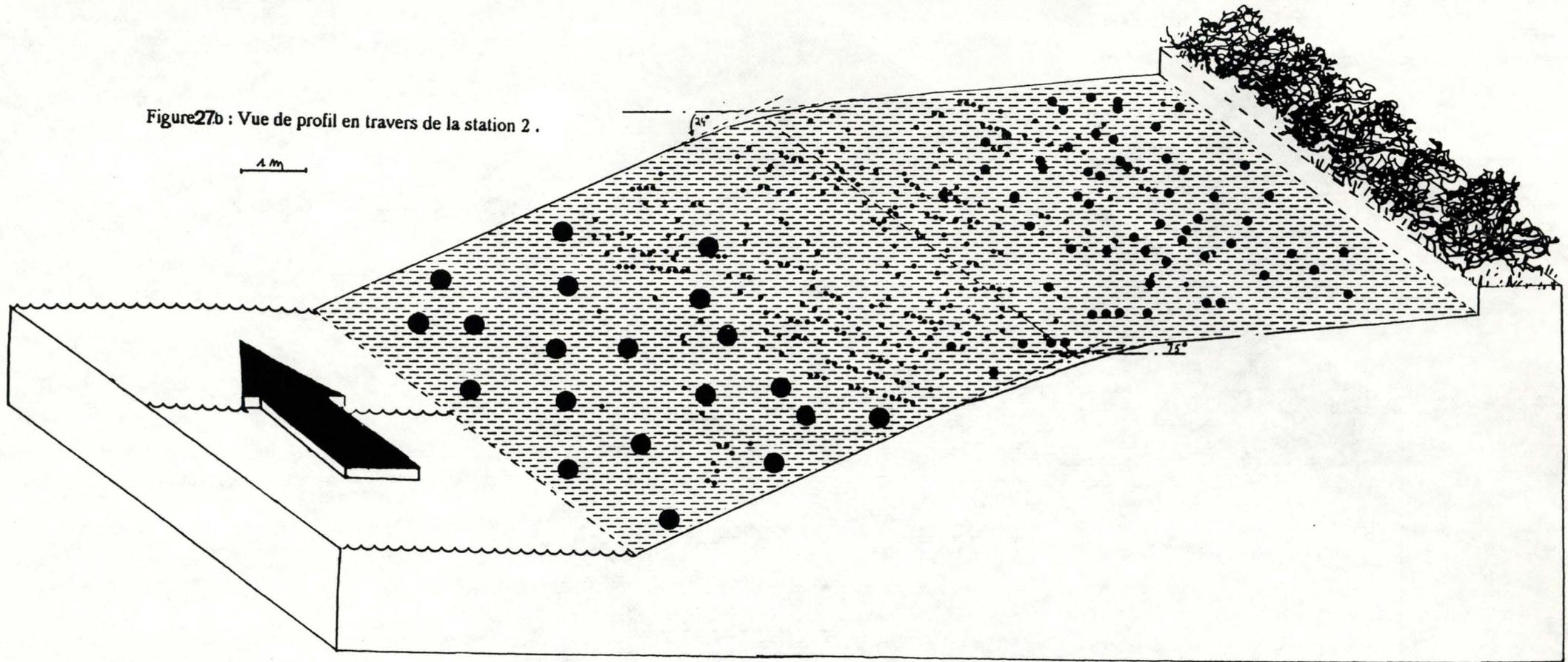
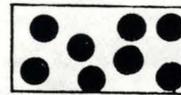


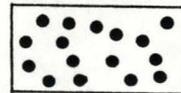
Figure 27b : Vue de profil en travers de la station 2 .



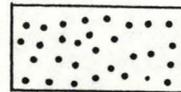
Boue.



Blocs.



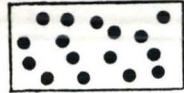
Pierres.



Galets.



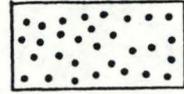
Blocs.



Pierres.

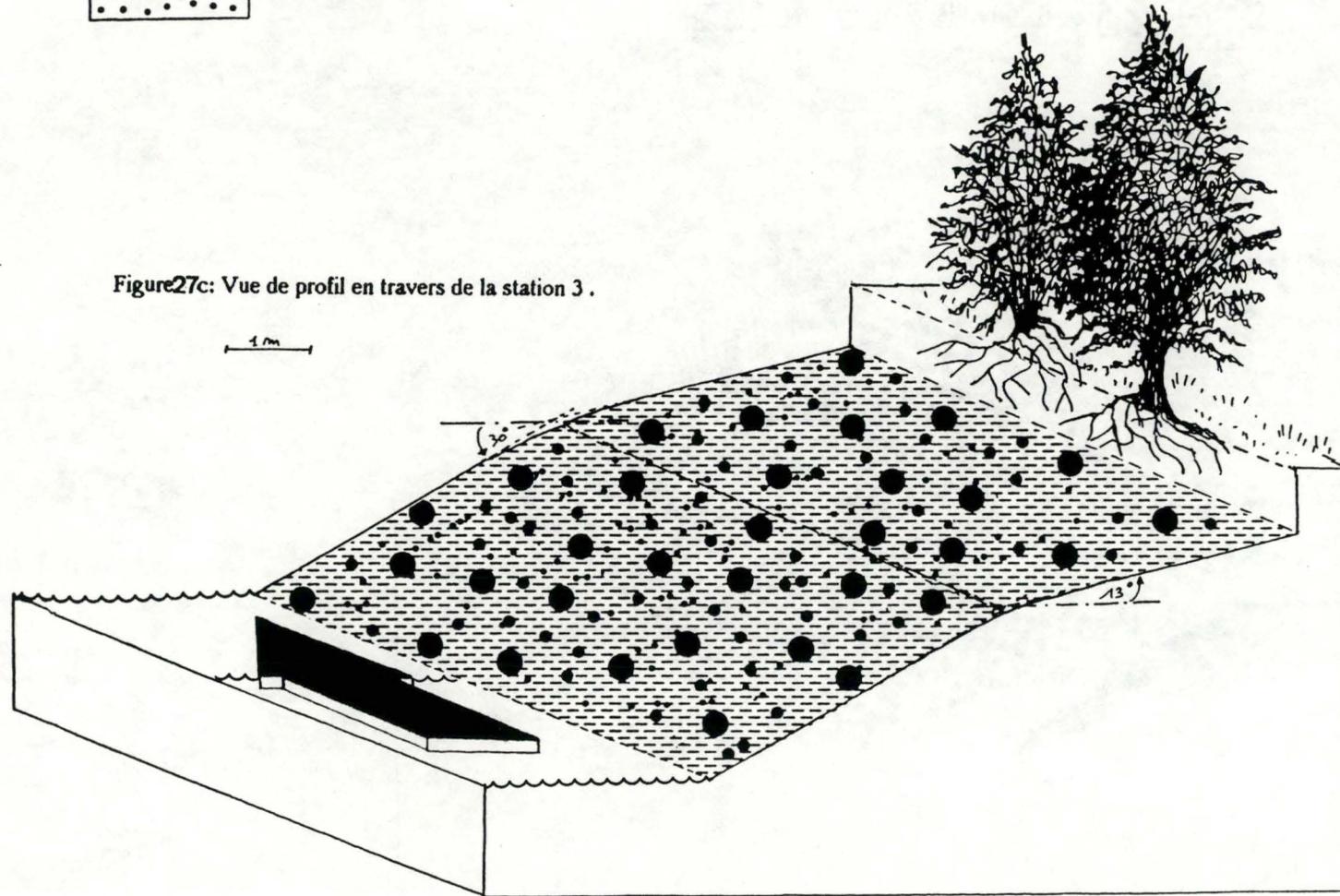


Boue.



Galets.

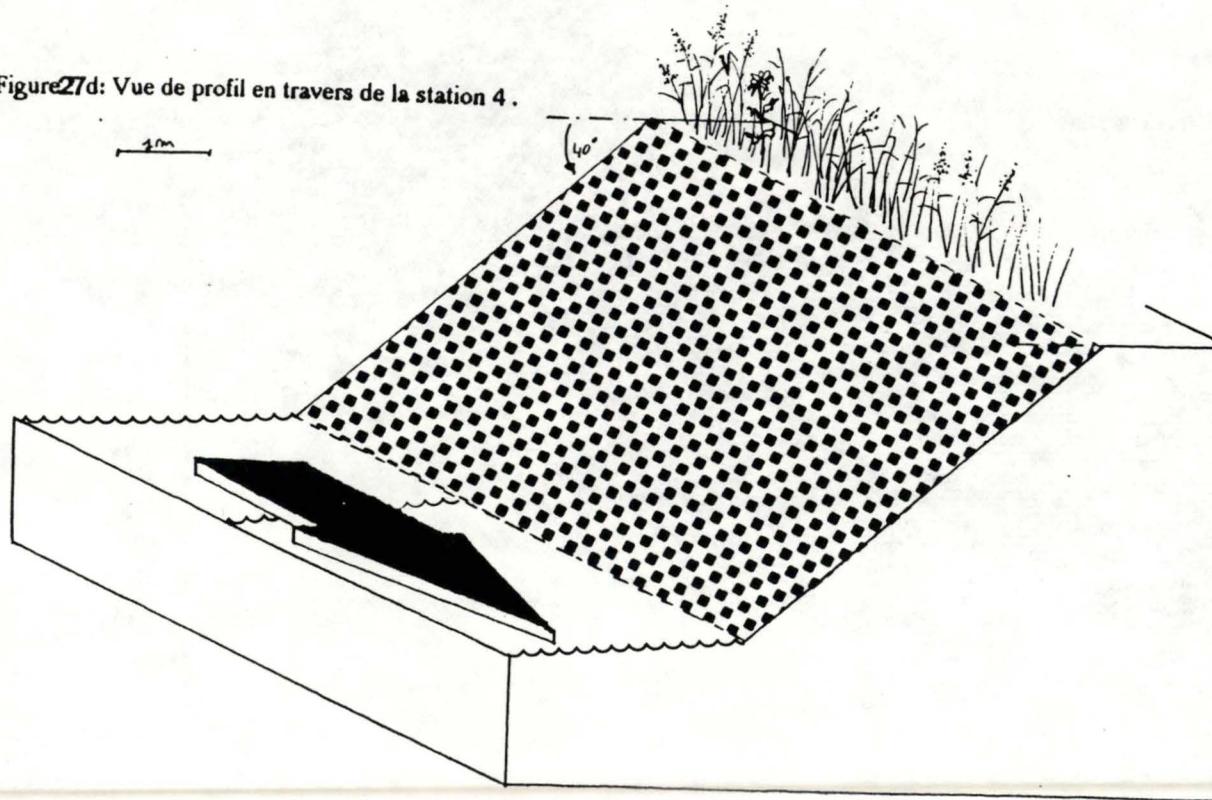
Figure 27c: Vue de profil en travers de la station 3.





Coulée de Béton.

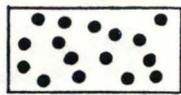
Figure 27d: Vue de profil en travers de la station 4.



- Station 4 (Figure 27d) : Sur la rive gauche, à hauteur de la noue du Colébi, la berge supporte la route, elle est entièrement artificialisée et formée de moellons consolidés par une coulée de béton. La coulée de béton en forte pente offre quelques rugosités retenant du sédiment, mis à profit par quelques espèces. La faible vitesse du courant y contribue également. C'est ainsi que quelques algues et de rares bryophytes s'y développent. Le sommet de la berge est entièrement colonisé par une strate herbacée, semblable à celle que l'on rencontre le long des routes.

- Station 5 (Figure 27e) : Cette station située sur la rive droite, à quelques 500 mètres en amont de la précédente, est formée d'une berge en pente douce qui s'enfonce dans la Meuse. Cette plage naturelle est constituée d'un substrat comportant quelques galets et quelques pierres mais essentiellement vaseux où de nombreux Unionidae fouissent la vase. Les pierres et les galets sont recouverts par des algues et quelques macrophytes aquatiques poussent le long de la berge. La vitesse très faible du courant permet la sédimentation des fines particules. On retrouve la strate herbacée au sommet de la berge qui est contiguë à la prairie voisine.

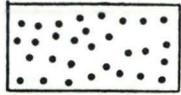
- Station 6 (Figure 27f) : Sur la rive droite, en face du lieu dit "Pauquis", la station présente un ancien perré à sec avec un enrochement à sa base. Ce type de substrat avec ses blocs non rejointoyés offre beaucoup de microhabitats entre et sur les moellons ainsi que sur les végétaux nombreux sur le mur. Dans sa partie basse, la berge est également constituée d'une plage de galets déplacés et ne comporte pas de blocs, à l'exception des enrochements à la base du perré à sec. Le courant est fortement accéléré, ce qui a pour effet de déstabiliser le substrat fin et d'éliminer la végétation. Les abris dans le cours d'eau ont disparus, seuls subsistent quelques abris de berges, réduits du fait de la présence de bancs de galets. Le haut de berge est planté d'arbres, le perré lui-même est envahi par des racines d' *Alnus glutinosa* qui se fauillent entre les moellons.



Pierres.

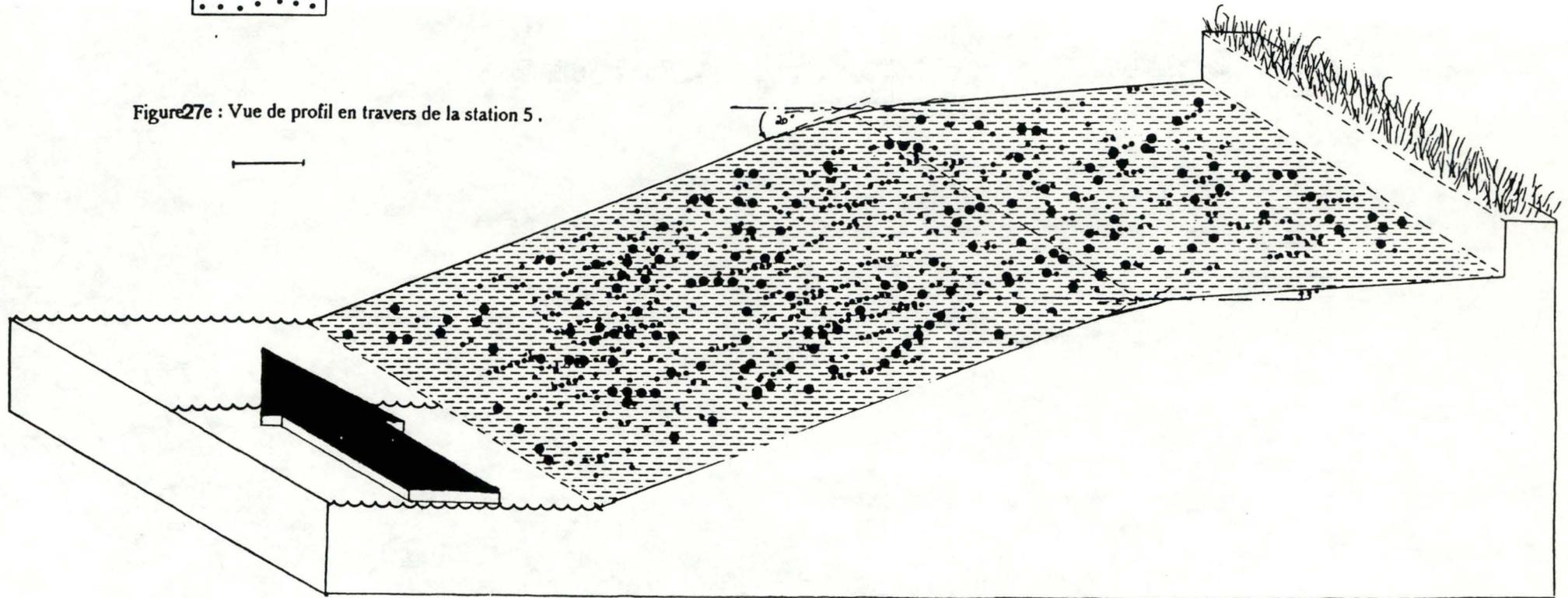


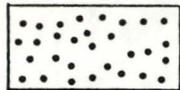
Boue.



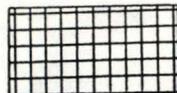
Galets.

Figure 27e : Vue de profil en travers de la station 5 .

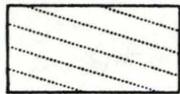




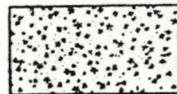
Galets.



Perré Non Cimenté.

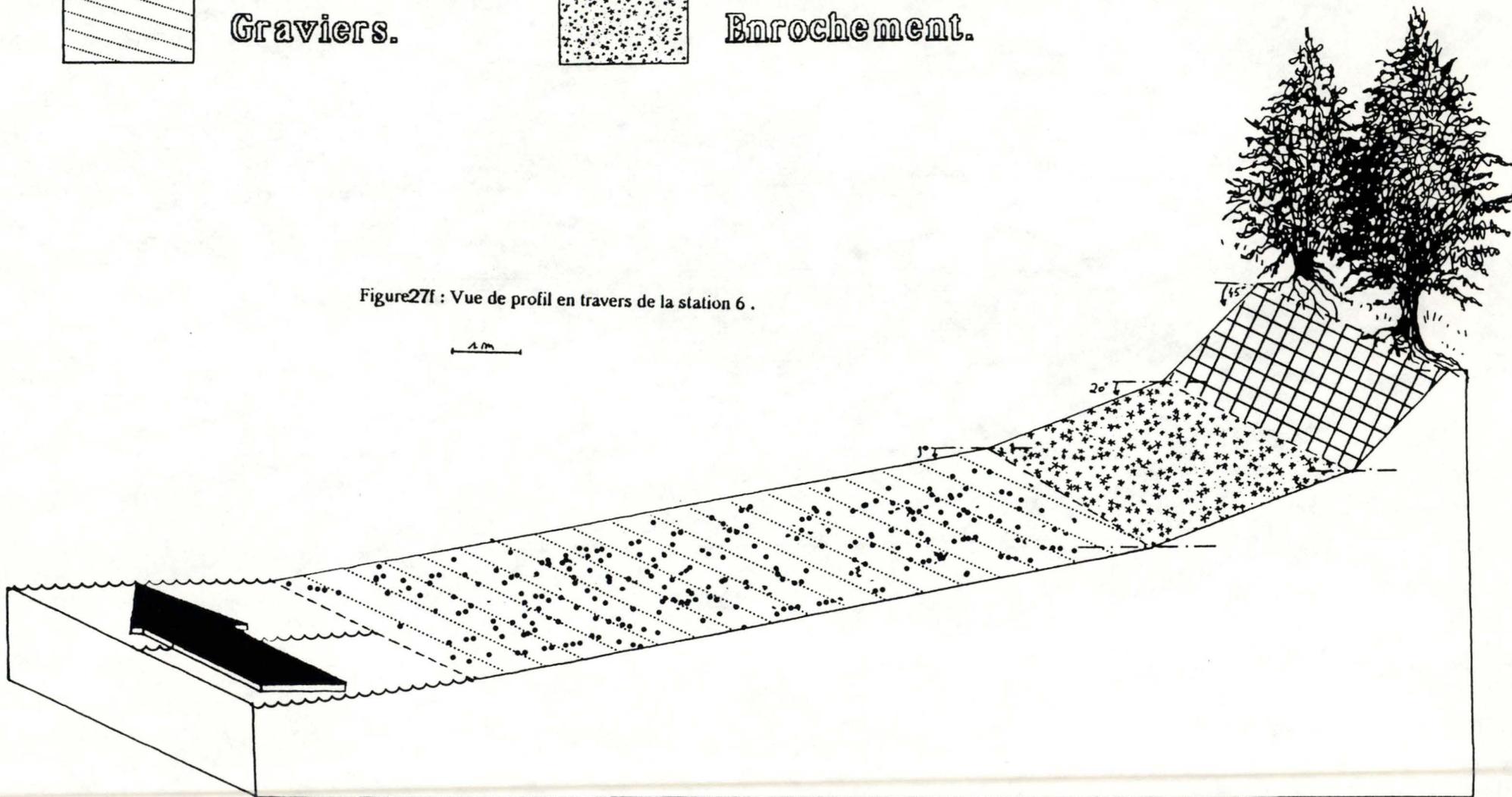
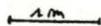


Gravier.



Enrochement.

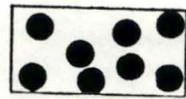
Figure 27f : Vue de profil en travers de la station 6 .



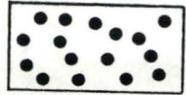
- Station 7 (Figure 27g) : A quelques mètres en aval de l'écluse de Waulsort sur la rive droite, cette station laisse découvrir une importante plage de galets exempte de vase et parsemée de blocs. Quelques phanérogames et algues se développent en bordure de la berge tandis que le haut de berge est couvert par une strate arborescente dense. La vitesse du courant y est élevée, ce qui explique la structure de ce substrat.

- Station 8 (Figure 27h) : L'île de Waulsort présente des berges naturelles en pente moyennement faible dont le substrat est essentiellement constitué de galets. La berge de cette station appartient à ce type de substrat dur et est exposé à des vitesses de courant élevées. Ces vitesses sont encore importantes à cet endroit malgré le radier tout proche qui a pour rôle de "casser" la vitesse d'écoulement des eaux provenant du barrage. A cet endroit, l'île est recouverte d'une strate arborescente avec *Alnus glutinosa* comme espèce dominante.

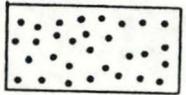
- Station 9 (Figure 27i) : Tout près du barrage et se situant sur l'île, la station est représentée par un perré cimenté. Une maigre végétation sans grand intérêt pousse sur le haut de la berge tandis que quelques colonies d'algues se développent sur les moellons cimentés au ras de l'eau. L'inclinaison importante de cette station implique la colonisation du substrat artificiel par des organismes spécialisés (munis de dispositifs d'adhésion). Le substrat est uniforme et peu diversifié. Une plate-forme au bas de la berge semble être un milieu privilégié pour une certaine sédimentation, en effet le courant y est faible malgré la présence du barrage à quelques mètres de là. Ceci semble être dû à la position légèrement retranchée du perré qui de ce fait n'est pas dans l'axe direct du flux des eaux provenant du barrage mais dans une zone de faibles remous.



Blocs.



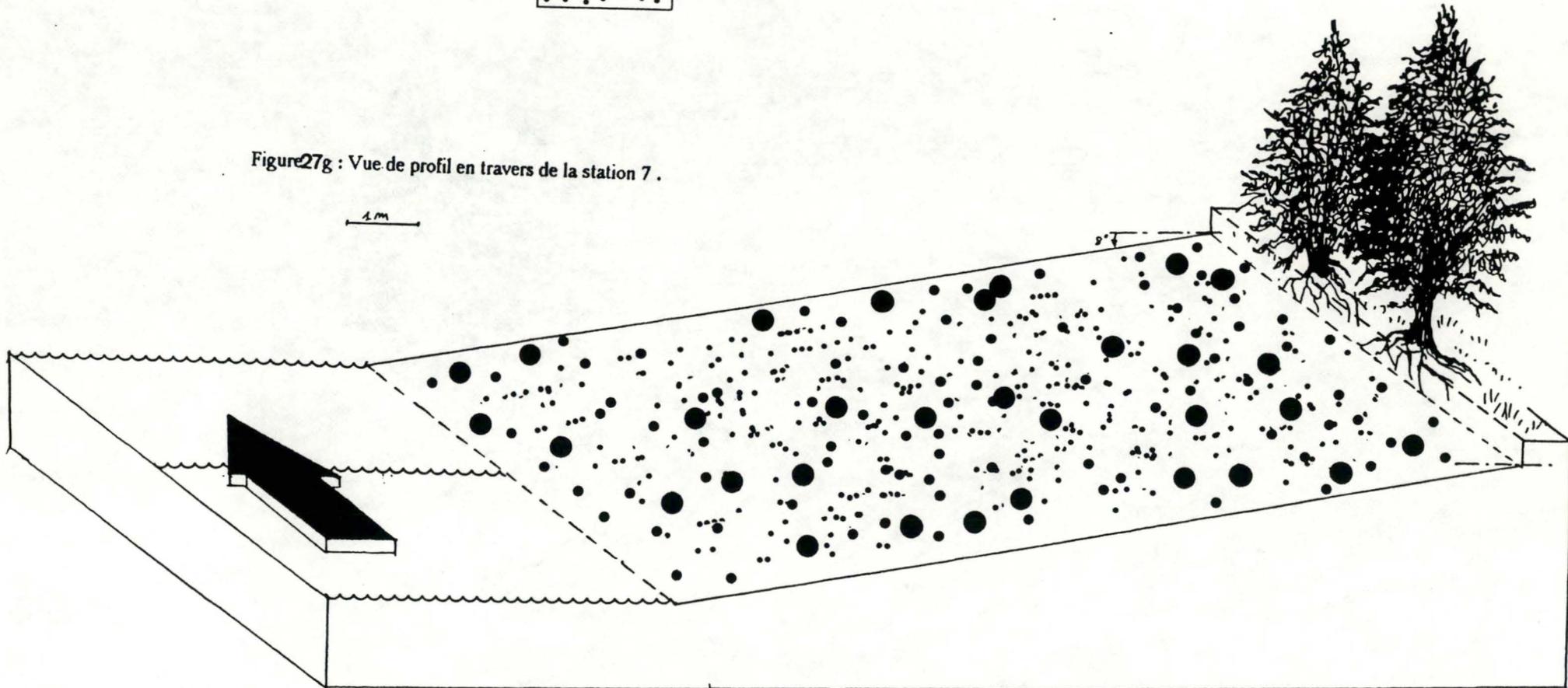
Pierres.

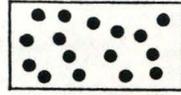


Galets.

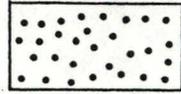
Figure 27g : Vue de profil en travers de la station 7 .

1 m

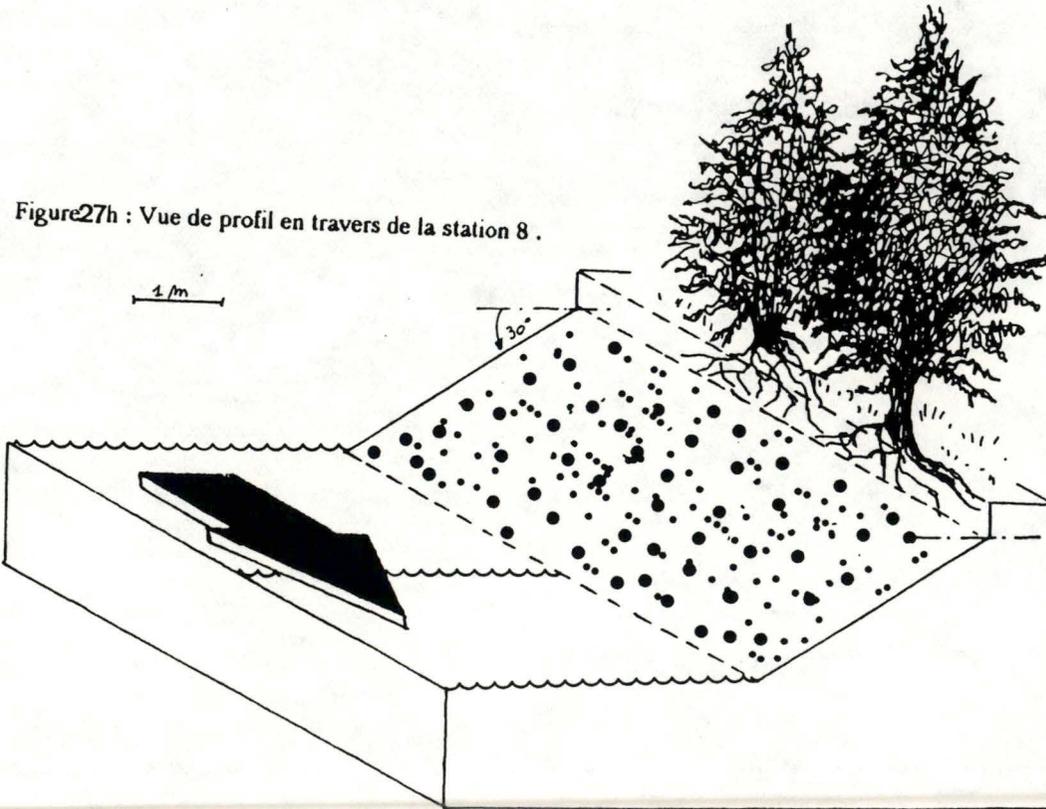


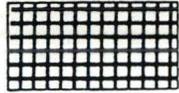


Pierres.



Galets.

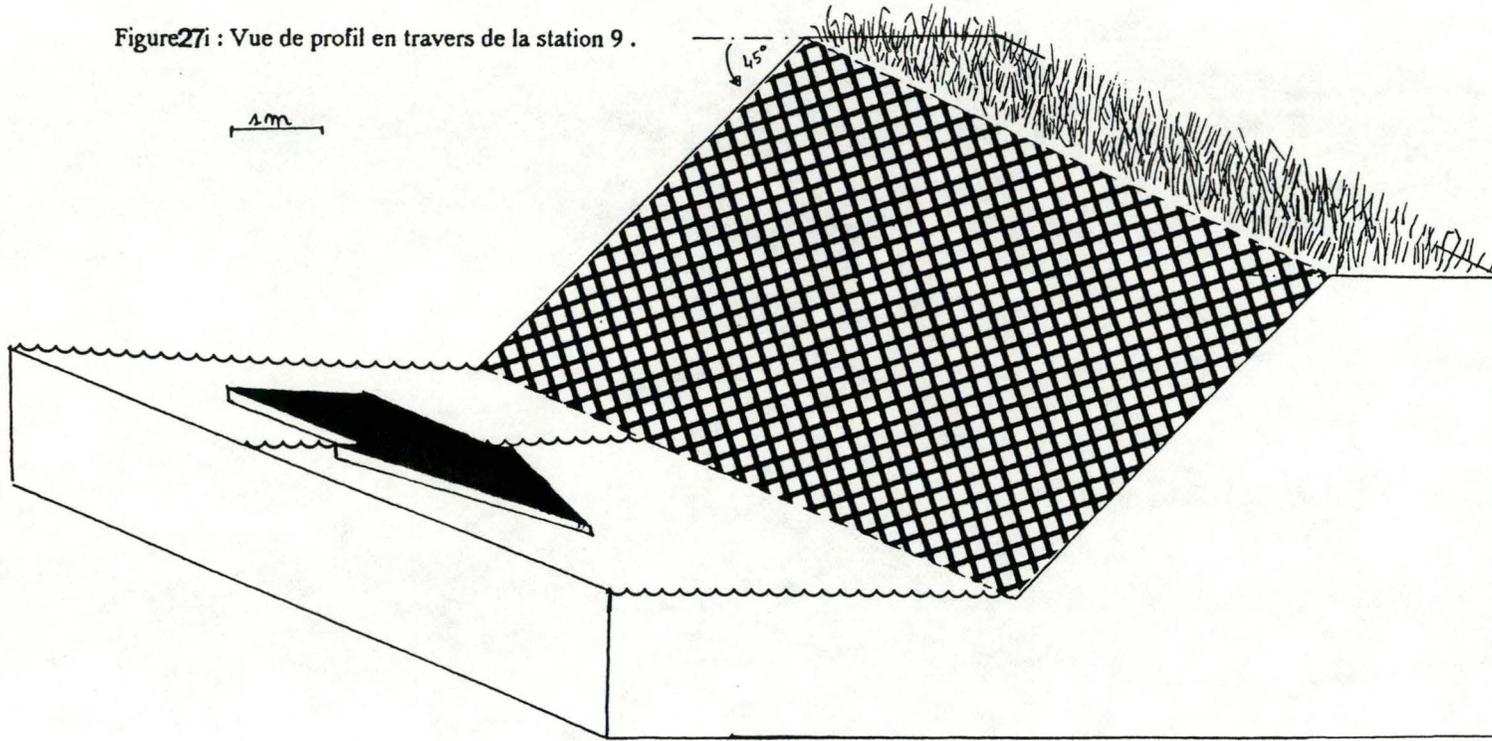




Perré Cimenté.

Figure 27i : Vue de profil en travers de la station 9 .

1 m



Les observations, réalisées "in situ" lors du chômage technique, permettent de typer les différentes stations. Le type auquel appartiennent les stations 6, 7 et 8 est caractérisé par une forte granulométrie et des vitesses élevées de courant. Les stations 1, 2, 3 et 5, sont de granulométrie plus fine avec un substrat vaseux dominant, les vitesses de courant y sont très faibles. Les stations 4 et 9 sont entièrement artificielles en moellons solidement arrimés.

Les milieux à sédimentation présentent dans la plupart des stations des microhabitats plus pauvres en espèces à cause du colmatage du substrat et de la vitesse très faible voire nulle du courant. A l'opposé, les milieux soumis à l'action du courant avec un substrat hétérogène et non colmaté semblent plus diversifiés.

3.2. Inventaire faunistique.

Avant de comparer entre elles les différentes stations du point de vue faunistique, il est utile de dresser une liste systématique des espèces rencontrées pour l'ensemble des stations étudiées (Tableau XIV). Les neuf tableaux (Tableaux XVa à XVI) correspondent aux neuf stations, les neuf échantillons prélevés au sein de chacune des neuf stations sont notés de A à I.

Tableau XIV : Liste des macroinvertébrés prélevés lors du chômage technique à Waulsort, septembre 1989 .

TRICLADES		
Dugesiiidae	<i>Dugesia tigrina</i> (Girard)	
	<i>Dugesia lugubris</i> (Schmidt)	
Planariidae	<i>Polycelis</i> sp.	
Dendrocoelidae	<i>Dendrocoelum lacteum</i> (Müller)	
ANNELIDES OLIGOCHETES		
Lumbriculidae		
Tubificidae	<i>Branchiura sowerbyi</i> Beddard	
Lumbricidae		
ANNELIDES HIRUDINEES		
Erpobdellidae	<i>Erpobdella octoculata</i> (L.)	
Glossiphoniidae	<i>Helobdella stagnalis</i> (L.)	
	<i>Glossiphonia complanata</i> (L.)	
Piscicolidae	<i>Piscicola geometra</i> (L.)	
MOLLUSQUES LAMELLIBRANCHES		
Unionidae	<i>Unio pictorum</i> (L.)	
	<i>Unio crassus</i> (Philipsson)	
	<i>Anodonta anatina</i> (L.)	
Sphaeriidae	<i>Pisidium</i> spp.	
	<i>Sphaerium</i> spp.	
Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas)	
MOLLUSQUES GASTEROPODES		
Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i> spp.	
Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i> (Müller)	
Bithyniidae	<i>Bithynia tentaculata</i> (L.)	
Viviparidae	<i>Viviparus viviparus</i> (L.)	
Neritidae	<i>Theodoxus fluviatilis</i> (L.)	
Valvatidae	<i>Valvata piscinalis</i> (Müller)	
CRUSTACES ISOPODES		
Asellidae	<i>Asellus aquaticus</i> (L.)	
	<i>Proasellus meridianus</i> Racovitza	
CRUSTACES AMPHIPODES		
Gammaridae	<i>Gammarus pulex</i> (L.)	
	<i>Gammarus roeselii</i> (Gervais)	
	<i>Echinogammarus berilloni</i> (Catta)	
Corophiidae	<i>Corophium curvispinum</i> Sars	
CRUSTACES DECAPODES		
Astacidae	<i>Orconectes limosus</i> Rafinesque	
INSECTES EPHEMEROPTERES		
Ephemeridae	<i>Ephemera danica</i> Müller	
Ecdyonuridae	<i>Ecdyonurus</i> sp.	
Caenidae	<i>Caenis</i> spp.	
Baetidae	<i>Baetis</i> spp.	
INSECTES ODONATES		
Oomphidae	<i>Gomphus vulgatissimus</i> (L.)	
Platycnemiidae	<i>Platycnemis pennipes</i> (Pallas)	
Calopterygidae	<i>Calopteryx virgo</i> (L.)	
INSECTES COLEOPTERES		
Elmidae	<i>Elmis</i> spp.	
	<i>Limnius</i> sp.	
Dystiscidae		
INSECTES HETEROPTERES		
Aphelocheiridae	<i>Aphelocheirus aestivalis</i> Fabricius	
INSECTES MEGALOPTERES		
Sialidae	<i>Sialis nigripes</i> (L.)	
INSECTES TRICHOPTERES		
Hydropsychidae	<i>Hydropsyche exocellata</i> Dufour	
	<i>Hydropsyche contubernalis</i> Mc Lachlan	
Polycentropodidae	<i>Neureclipsis bimaculata</i> Pictet	
	<i>Cymus trimaculatus</i> Curtis	
Ecnomidae	<i>Ecnomus tenellus</i> (Rambur)	
Leptoceridae	<i>Ceraclaea</i> spp.	
	<i>Mystacides</i> spp.	
INSECTES DIPTERES		
Chironomidae	Chironominae Chironomini	
	<i>Chironomus reductus</i>	
	<i>Glyptotendipes</i> spp.	
	<i>Microtendipes</i> spp.	
	<i>Dicortendipes</i> spp.	
	Tanypodinae <i>Pentaneura</i> spp.	
	<i>Procladius</i> spp.	
Athericidae	<i>Atherix ibis</i> Fabricius	

Tableau XV A : Liste des macroinvertébrés prélevés à la station 1 (Waulsort, septembre 1989).

Taxa / Echantillons	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Abondance spécifique
<i>Dugesia lugubris</i>			1	1						2
Nématodes		1								1
Lumbriculidae	72	36	171	83	18	282	847	1122	956	3587
Tubificidae	1	3	57	2	1	2	58	76	69	269
<i>Branchiura sowerbyi</i>			4				4	7		20
Lumbricidae										1
<i>Helobdella stagnalis</i>			2				9	5		20
<i>Glossiphonia complanata</i>							1			1
<i>Unio pictorum</i>						1	5		4	10
<i>Unio crassus</i>								1		1
<i>Anodonta anatina</i>			1			1		1	1	5
<i>Pisidium</i> spp.	34	11	5	4	2	25	67	9		157
<i>Sphaerium</i> spp.			10				3			13
<i>Lymnaea</i> spp.			2	1		1				4
<i>Bithynia tentaculata</i>			3	2		1				6
<i>Viviparus viviparus</i>									1	1
<i>Theodoxus fluviatilis</i>				2				3		5
<i>Valvata piscinalis</i>				1						1
<i>Asellus aquaticus</i>			3							3
<i>Gammarus pulex</i>	2	12	1	9	14					38
<i>Gammarus roeselii</i>				1						1
<i>Echinogammarus berilloni</i>								1		1
<i>Corophium curvispinum</i>			16		4		4	2	5	31
<i>Limnias</i> sp.					1				1	2
Dystiscidae				1	1					2
<i>Glyptotendipes</i> spp.	41	33	6	18	36	29	31	49	58	301
<i>Microtendipes</i> spp.	12	14	2	5	11	1	9	18	21	93
<i>Dicrotendipes</i> spp.	8	4		2	4	1	5	13	18	55
<i>Procladius</i> spp.	8	11		15	21	3	3	5	15	81
<i>Chironomus reductus</i>	311	205	68	301	486	32	379	638	745	3165
Nombre de taxa	9	10	16	16	12	12	15	15	14	30
Nombre total d'individus	489	330	352	448	599	379	1426	1950	1904	7877

Tableau XV B : Liste des macroinvertébrés prélevés à la station 2 (Waulsort, septembre 1989).

Taxa / Echantillons	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Abondance spécifique
<i>Dugesia lugubris</i>		1			1			1	1	4
Lumbriculidae	21	54	91	47	30	83	38	53	78	495
Tubificidae			3			4				7
<i>Branchiura sowerbyi</i>	1	1	5	2	1	4	1	2	1	18
Lumbricidae	1		2							3
<i>Helobdella stagnalis</i>			8							8
<i>Glossiphonia complanata</i>			3							3
<i>Unio pictorum</i>				3		1				4
<i>Anodonta anatina</i>						1				1
<i>Pisidium</i> spp.	27	86	128	15	29	32	31	14	16	378
<i>Lymnaea</i> spp.								13		13
<i>Bithynia tentaculata</i>								1		1
<i>Valvata piscinalis</i>	3	2	1				3		1	12
<i>Asellus aquaticus</i>	1							2		6
<i>Gammarus pulex</i>	1	1			1				2	5
<i>Gammarus roeselii</i>							1			1
<i>Echinogammarus berilloni</i>							1			1
<i>Corophium curvispinum</i>		5					1		2	8
<i>Ephemera danica</i>					1					1
<i>Caenis</i> spp.		2								2
<i>Platycnemis pennipes</i>									1	1
<i>Cyrrhus trimaculatus</i>								1		1
<i>Ecnomus tenellus</i>		3					2			5
<i>Glyptotendipes</i> spp.	12	69	43	39	56	32	56	214	51	572
<i>Microtendipes</i> spp.		1			1			3		5
<i>Dicrotendipes</i> spp.	11	25	18	9	14	10	12	5	3	107
<i>Procladius</i> spp.		1			1		2		4	8
<i>Chironomus reductus</i>	294	391	580	118	199	364	118	56	358	2478
Nombre de taxa	10	14	11	7	10	9	12	12	13	28
Nombre total d'individus	372	642	882	233	334	531	266	365	523	4148

TableauXVC : Liste des macroinvertébrés prélevés à la station 3 (Waulsort, septembre 1989).

Taxa / Echantillons	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Abondance spécifique
Dugesia lugubris		21	3	7	27	21		1		80
Nematodes					1					1
Lumbriculidae	30	54	22	29	94	50	6	41	74	400
Tubificidae		5	1	6	5	3		7	4	31
Branchiura sowerbyi		1			1			1		3
Lumbriculidae		1								1
Helobdella stagnalis					1					1
Glossiphonia complanata					1			1		2
Piscicola geometra	1					2				3
Unio pictorum			1	3	1		1		1	7
Pisidium spp.	38	5	65	71	26	16	15	7	15	258
Sphaerium spp.				1			2	1		4
Lymnaea spp.	14			10				1		26
Bithynia tentaculata		4		3						8
Valvata piscinalis		1	1	5		2				9
Asellus aquaticus		1		11	2	13		1		28
Gammarus pulex	2			58	39	30	2	2	1	134
Gammarus roeselli					1					1
Echinogammarus berilloni						1				1
Corophium curvispinum	1	31		2	11	102	7	4		158
Caenis spp.	1	1		1		6				9
Limnius sp.							1		1	2
Dystiscidae						7				7
Aphelocheirus aestivalis							1			1
Sialis nigripes		1					1			2
Ecnomus tenellus		4		3	8	13	2	2		32
Mystacides spp.						3				3
Glyptotendipes spp.	426	127	223	359	373	421	574	402	376	3281
Dicrotendipes spp.	5		1		3	4	11	18	12	54
Microtendipes spp.					1	2	8	15	12	38
Procladius spp.	1			2		1	5	8	3	20
Chironomus reductus	55	27	9	15	17	23	1290	1028	728	3192
Nombre de taxa	11	15	9	17	18	21	15	17	14	32
Nombre total d'individus	574	284	326	586	612	720	1926	1540	1229	7797

TableauXV D : Liste des macroinvertébrés prélevés à la station 4 (Waulsort, septembre 1989).

Taxa / Echantillons	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Abondance spécifique
Dugesia lugubris		1			2				14	17
Lumbriculidae	1	1	2	6	2		13		4	29
Tubificidae									1	1
Helobdella stagnalis							8			8
Sphaerium spp.						1			9	10
Lymnaea spp.		1		1		3				5
Bithynia tentaculata					2	2	5			9
Viviparus viviparus				1	2					3
Asellus aquaticus	1	31		2		2	1	2		39
Gammarus pulex	1	1	4	1						7
Corophium curvispinum	51	26	48	7	6	8	3	5	5	159
Ephemera danica							2			2
Caenis spp.				1					1	2
Limnius sp.							1			1
Cyrrnus trimaculatus	7	2	3							12
Ecnomus tenellus	1		3	2	2		2	2	1	13
Glyptotendipes spp.	21	35	42	81	86	40	107	14	144	570
Microtendipes spp.	2	1	2	22	17	6	16	5	12	83
Dicrotendipes spp.	3	1	5	11	7	2	6	7	3	45
Chironomus reductus	1	5	1	8	33	5	38	42	69	202
Nombre de taxa	10	11	9	12	10	9	12	7	11	20
Nombre total d'individus	89	105	110	143	159	69	202	77	263	1217

Tableau X V E : Liste des macroinvertébrés prélevés à la station 5 (Waulsort, septembre 1989). 83

Taxa / Echantillons	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Abondance spécifique
Dugesia lugubris		69	27		4		2		6	108
Lumbriculidae	75	23	29	46	68	35	208	233	180	897
Tubificidae	3	4	1	2	5	1	7	3	10	36
Branchiura sowerbyi		1		5	3	2	5	4	2	22
Lumbriculidae				1		2		1		1
Pisicicola geometra				1						3
Unio pictorum	1	3		1			5		6	16
Unio crassus					1					1
Anodonta anatina				1					1	2
Pisidium spp.	46	22	48	96	37	10	55	22	23	359
Sphaerium spp.		4			1					5
Bithynia tentaculata	1									1
Viviparus viviparus	4	1								5
Theodoxus fluviatilis	2						1			3
Valvata piscinalis	2			1	1			9		14
Asellus aquaticus		35	11	1		42	5		11	105
Gammarus pulex		5		2	2	2	1	1	18	31
Echinogammarus berilloni									1	1
Corophium curvispinum		7	1	2		8	5		2	25
Orconectes limosus							1			1
Caenis spp.	1								2	3
Gomphus vulgatissimus								1		1
Cyrnus trimaculatus	1								1	2
Ecnomus tenellus									2	2
Mystacides spp.									1	1
Glyptotendipes spp.	130	196	132	58	27	194	145	23	176	1081
Microtendipes spp.	8	16	18	2	1	15	8		14	82
Dicrotendipes spp.	3	5	2			3	5		7	25
Pentaneura spp.				1					1	2
Chironomus reductus	2	3	1	14	4	1	6	1	23	55
Nombre de taxa	14	15	11	15	12	12	15	10	20	30
Nombre total d'individus	279	394	271	233	154	315	459	298	487	2890

Tableau X V F : Liste des macroinvertébrés prélevés à la station 6 (Waulsort, septembre 1989).

Taxa / Echantillons	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Abondance spécifique
Dugesia lugubris	37		73	30	33	6	46	17	79	321
Polycelis sp.		1								1
Dendrocoelum lactum		1	1		2					4
Nematodes						1			1	2
Lumbriculidae	20	23	56	241	101	104	71	5	141	762
Tubificidae		1	3	78	23	8	22	1	56	192
Branchiura sowerbyi	1		6	5	2	88	3		5	110
Lumbriculidae		1		1		5		111	6	124
Erpobdella octoculata				6		5	1		1	13
Helobdella stagnalis	1	2	1		1	17			2	24
Glossiphonia complanata			1	2	2	3	1	1	4	14
Unio pictorum					2					2
Unio crassus					1					1
Anodonta anatina	1									1
Pisidium spp.		3	2	1	2	4	1		24	37
Sphaerium spp.		2		36	37	21		4	9	109
Bithynia tentaculata	2		5	4			1			12
Asellus aquaticus	61	129	216	8	12	17	4		9	456
Proasellus meridianus	3	3	2	2	1	1	1		2	13
Gammarus pulex	27	49	26	2	5	1		1	3	114
Echinogammarus berilloni				5					1	6
Corophium curvispinum	116	82	78	266	106	2	185	242	1139	2216
Orconectes limosus				4						4
Ephemera danica		1						1		2
Caenis spp.	1	2		1	2	1	4	1	11	23
Baetis spp.							1			1
Platycnemis pennipes									1	1
Limnius sp.						1				1
Sialis nigripes	1	1		3	1	2	1	1	1	11
Neuriclipis bimaculata				1						1
Cyrnus trimaculatus	1		2		2	1	1			7
Ecnomus tenellus	4	6	4	30	23	7	4		42	121
Glyptotendipes spp.	442	330	382	173	374	154	84	19	95	2053
Microtendipes spp.	46	23	34	21	9	23	11	2	76	245
Dicrotendipes spp.	9	2	5		4			3	8	31
Pentaneura spp.	2								4	6
Procladius spp.	11		8	4	5	1			2	31
Chironomus reductus	1	2	6	5	11	37	22		3	87
Nombre de taxa	20	20	19	24	24	24	19	15	26	38
Nombre total d'individus	787	664	909	929	761	510	464	410	1725	7159

Tableau XV G : Liste des macroinvertébrés prélevés à la station 7 (Naulsort, septembre 1989).

Taxa / Echantillons	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Abondance spécifique
<i>Dugesia tigrina</i>							1	1		2
<i>Dugesia lugubris</i>		1		6	83		277	158	124	649
<i>Dendrocoelum lactum</i>		1								1
Nematodes		1				1		1		3
Lumbriculidae	173	341	168	262	121	6	103	446	87	1707
Tubificidae	20	20	17	47	17	1	37	51	27	237
<i>Branchiura sowerbyi</i>	2	1	1	3	2		2	4	1	16
Lumbricidae		15		5	11		15	5	7	58
<i>Erpobdella octoculata</i>	2	1	1	1	1		3	2	4	15
<i>Helobdella stagnalis</i>	22		7						1	30
<i>Glossiphonia complanata</i>		1					1	1	2	5
<i>Pisicicola geometra</i>		2								2
<i>Unio pictorum</i>	1			2			1			4
<i>Anodonta anatina</i>	5	2					1	1		9
<i>Pisidium</i> spp.	3	104	25	17	2	6	1	3		161
<i>Sphaerium</i> spp.	2	38	3	16	32	5	10	43	19	168
<i>Dreissena polymorpha</i>							1			1
<i>Lymnaea</i> spp.	6	2				3				11
<i>Bithynia tentaculata</i>	6	6	4				2	1	2	21
<i>Viviparus viviparus</i>				1						1
<i>Theodoxus fluviatilis</i>		1					1	1	2	5
<i>Valvata piscinalis</i>	1									1
<i>Asellus aquaticus</i>	3	57	24		5	7	5	4	3	108
<i>Proasellus meridianus</i>		2	1	1	1		1	4		10
<i>Gammarus pulex</i>	8	39	9	4	4			13	12	85
<i>Echinogammarus berilloni</i>	1				2			1	1	5
<i>Corophium curvispinum</i>	3	3	4	118	18	471	1018	883	943	3461
<i>Orconectes limosus</i>								2		2
<i>Ephemera danica</i>							1			1
<i>Caenis</i> spp.	5	1	2	7	2	7	3	1	1	29
<i>Baetis</i> spp.	4									4
<i>Platycnemis pennipes</i>								3		3
<i>Limnius</i> sp.				1						1
Dystiscidae									1	1
<i>Sialis nigripes</i>		5		1	2			2		10
<i>Cyrnus trimaculatus</i>	2	1		7		7				17
<i>Ecnomus tenellus</i>	4		2	29	8	94	6	32	12	187
<i>Ceraclea</i> spp.						1	2		2	5
<i>Mystacides</i> spp.				2						2
<i>Glyptotendipes</i> spp.	573	183	115	551	305	193	84	134	17	2155
<i>Microtendipes</i> spp.	49	11	15	67	42	25	16	18	62	305
<i>Dicrotendipes</i> spp.	12		2	17	2	10	3	12	3	61
<i>Pentaneura</i> spp.	6	2		3				1		12
<i>Chironomus reductus</i>		4			11					15
Nombre de taxa	24	27	17	22	20	15	25	28	22	44
Nombre total d'individus	913	845	400	1164	671	837	1595	1828	1333	9586

Tableau XV H : Liste des macroinvertébrés prélevés à la station 8 (Waulsort, septembre 1989).

Taxa / Echantillons	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Abondance spécifique
<i>Dugesia tigrina</i>				2						2
<i>Dugesia lugubris</i>	243	372	121	84	192	14	256	339	493	2114
<i>Dendrocoelum lactum</i>		2							1	3
Nematodes							1			1
Lumbriculidae	89	49	151	57	41	88	65	191	49	780
Tubificidae	11	2	9	9	11	37	14	16	19	128
<i>Branchiura sowerbyi</i>	6	2	4	7	8	7	8	9	10	61
Lumbriculidae	2							1		3
<i>Erpobdella octoculata</i>	2	4	5	4	3	5	8	4	3	38
<i>Glossiphonia complanata</i>			1	1		1	1		2	6
<i>Pisidium</i> spp.	1		1	14	4	13	2		4	39
<i>Sphaerium</i> spp.	3		6	6	7	50	45	19	26	162
<i>Dreissena polymorpha</i>				1					2	3
<i>Ancyclus fluviatilis</i>				3						3
<i>Bithynia tentaculata</i>			1			1		1	4	7
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	10	8	7				14	2	6	47
<i>Valvata piscinalis</i>				1						1
<i>Asellus aquaticus</i>	6	14	1	2	5	11	5	6	10	60
<i>Proasellus meridianus</i>	1			1		1	1	1	1	7
<i>Gammarus pulex</i>	6	39	2		3	9	9	5	16	89
<i>Echinogammarus berilloni</i>		6				2	1	5	4	18
<i>Corophium curvispinum</i>	29	35	21	122	368	712	423	389	637	2736
<i>Orconectes limosus</i>						1				1
<i>Ephemera danica</i>	2		1		1	2	1	1	1	9
<i>Ecdyonurus</i> sp.						1				1
<i>Caenis</i> spp.	3		1	7	4	22	12	5	20	74
<i>Platycnemis pennipes</i>	4	9		3	8	3	5	6	16	54
<i>Calopteryx virgo</i>							4			4
<i>Limnius</i> sp.					1		1	1		3
<i>Aphelocheirus aestivalis</i>								1		1
<i>Hydropsyche contubernalis</i>					3	5	4	19	17	48
<i>Hydropsyche exocellata</i>								2	1	3
<i>Neuriclipis bimaculata</i>	2	1	1		2	4	1	3	4	18
<i>Cyrnus trimaculatus</i>						1			2	3
<i>Ecnomus tenellus</i>		24	16	30	66	115	109	88	95	543
<i>Ceraclea</i> spp.	1	1	1		3	1	1		1	9
<i>Mystacides</i> spp.								1	3	5
<i>Glyptotendipes</i> spp.	902	796	1232	441	852	538	1123	504	255	6643
<i>Microtendipes</i> spp.	54	39	81	30	63	41	74	55	37	474
<i>Dicrotendipes</i> spp.		5		3						8
<i>Atherix ibis</i>						1			1	2
Nombre de taxa	20	18	20	21	21	28	27	26	31	41
Nombre total d'individus	1377	1408	1663	828	1646	1686	2189	1674	1740	14211

Tableau XV I : Liste des macroinvertébrés prélevés à la station 9 (Waulsort, septembre 1989).

Taxa / Echantillons	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Abondance spécifique
<i>Dugesia lugubris</i>	2	2			2		1	37	26	70
Nematodes						1				1
Lumbriculidae		1	1	1	2	2	3	4	14	28
Tubificidae		1							2	3
<i>Eryobdella octoculata</i>								4	2	6
<i>Glossiphonia complanata</i>								2		2
<i>Sphaerium</i> spp.							1	4	1	6
<i>Bithynia tentaculata</i>									1	1
<i>Theodoxus fluviatilis</i>								1		1
<i>Asellus aquaticus</i>		1		1				3	1	6
<i>Gammarus pulex</i>		3							2	5
<i>Corophium curvispinum</i>	96	289	111	555	1013	1507	97	216	187	4071
<i>Ecdynonurus</i> sp.					1					1
<i>Caenis</i> spp.					4	2		5	8	19
<i>Baetis</i> spp.					3	1	3	1		8
<i>Platycnemis pennipes</i>								1	2	3
<i>Elmis</i> spp.									1	1
<i>Limnius</i> sp.				1	1					2
<i>Aphelocheirus aestivalis</i>							2	3	3	8
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	2	5			8	2	5	23	10	55
<i>Hydropsyche exocellata</i>								1	1	2
<i>Ecnomus tenellus</i>						1		1	8	10
<i>Glyptotendipes</i> spp.	4	28	9	9	21	34	7	3	20	135
<i>Microtendipes</i> spp.		1				1			1	3
<i>Dicrotendipes</i> spp.	2	7		2	6	7	2	1	2	29
<i>Pentaneura</i> spp.	1							1		2
<i>Procladius</i> spp.							2			2
<i>Atherix ibis</i>						2	1			3
Nombre de taxa	6	10	3	6	10	12	12	19	19	28
Nombre total d'individus	107	338	121	569	1061	1560	124	311	292	4483

3.3. Etude quantitative.

3.3.1. Comparaisons des différentes stations.

Le tableau XVI et la figure 28 donnent l'abondance totale aux différentes stations. Le matériel traité concerne 59368 individus répartis selon les neuf stations.

Les deux types de berge présentant la plus forte colonisation en nombre d'individus sont les stations à substrat nettement pierreux, la station 7 avec 9586 individus et la station 8 avec 14211 individus. Les valeurs obtenues pour les stations 1, 3 et 6 sont proches avec un nombre d'individus variant de 7000 à 8000 et celles des stations 2, 5 et 9 comptent moins de 4500 individus par station. Le résultat exceptionnel du perré cimenté doit être nuancé. En effet, les *Corophium curvispinum* représentent près de 90 % des individus. Lorsque l'on ne considère pas cette espèce, la station n'est que relativement peu colonisée et retombe au niveau des stations les moins peuplées.

Une seule station est vraiment très peu colonisée, celle du perré recouvert d'une coulée de béton situé le long de la route. Les prélèvements réalisés à cette station ne contenaient que 1217 individus.

Une analyse de la diversité taxonomique confirme et complète les observations précédentes (Figure 29). Les stations présentant la plus grande diversité taxonomique sont encore une fois celles à substrat pierreux, les stations 7 et 8 avec respectivement 44 et 41 taxa, l'ancien perré de la station 6 possède un substrat partiellement du même type et possède une faune comprenant 38 taxa. La station 4, celle du perré à coulée de béton est de nouveau la moins variée avec 20 taxa. Les stations restantes correspondent toutes à un faciès de milieu lentique et comprennent un substrat principalement vaseux, constitué de sédiments (stations 1, 2, 3, 5 et 9). La station 9 avec son perré cimenté est légèrement vaseuse à sa base, sur la plate-forme mais reste malgré tout un substrat dur.

En conclusion, les communautés de macroinvertébrés benthiques, nettement diversifiées et représentatives des milieux à substrat érodé (graviers,

Tableau XVI : Tableau de synthèse regroupant l'abondance des macroinvertébrés au sein des neuf stations (Waulsort, septembre 1989).

Taxa / Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Abondance spécifique totale.
Dugesia tigrina							2	2		4
Dugesia lugubris	2	4	80	17	108	321	649	2114	70	3365
Polycelis sp.						1				1
Dendrocoelum lactum						4	1	3		8
Nematodes	1		1			2	3	1	1	9
Lumbriculidae	3587	495	400	29	897	762	1707	780	28	8685
Tubificidae	269	7	31	1	36	192	237	128	3	904
Branchiura sowerbyi	20	18	3		22	110	16	61		250
Lumbricidae	1	3	1		1	124	58	3		191
Erpobdella octoculata						13	15	38	6	72
Melobdella stagnalis	20	8	1	8		24	30			91
Glossiphonia complanata	1	3	2			14	5	6	2	33
Piscicola geometra			3		3		2			8
Unio pictorum	10	4	7		16	2	4			43
Unio crassus	1				1	1				3
Anodonta anatina	5	1			2	1	9			18
Pisidium spp.	157	378	258		359	37	161	39		1389
Sphaerium spp.	13		4	10	5	109	168	162	6	477
Dreissena polymorpha							1	3		4
Lymnaea spp.	4	13	26	5			11			59
Ancylus fluviatilis								3		3
Bithynia tentaculata	6	1	8	9	1	12	21	7	1	66
Viviparus viviparus	1			3	5		1			10
Theodoxus fluviatilis	5				3		5	47	1	61
Valvata piscinalis	1	12	9		14		1	1		38
Asellus aquaticus	3	6	28	39	105	456	108	60	6	811
Proasellus meridianus						13	10	7		30
Gammarus pulex	38	5	134	7	31	114	85	89	5	508
Gammarus roeselii	1	1	1							3
Echinogammarus berilloni	1	1	1		1	6	5	18		33
Corophium curvispinum	31	8	158	159	25	2216	3461	2736	4071	12865
Orconectes limosus					1	4	2	1		8
Ephemera danica		1		2		2	1	9		15
Ecdyonurus sp.								1	1	2
Caenis spp.		2	9	2	3	23	29	74	19	161
Baetis spp.						1	4		8	13
Gomphus vulgatissimus					1					1
Platycnemis pennipes		1				1	3	54	3	62
Calopteryx virgo								4		4
Elmis spp.										1
Limnius sp.	2		2	1		1	1	3	2	12
Dystiscidae	2		7				1			10
Aphelocheirus aestivalis			1					1	8	10
Sialis nigripes			2			11	10			23
Hydropsyche contubernalis								48	55	103
Hydropsyche exocellata								3	2	5
Neuriclipis bimaculata						1		18		19
Cyrnus trimaculatus		1		12	2	7	17	3		42
Ecnomus tenellus		5	32	13	2	121	187	543	10	913
Ceraclea spp.							5	9		14
Mystacides spp.			3				2	5		11
Glyptotendipes spp.	301	572	3281	570	1081	2053	2155	6643	135	16791
Microtendipes spp.	93	5	54	83	82	245	305	474	3	1344
Dicrotendipes spp.	55	107	38	45	25	31	61		29	391
Pentareura spp.					2	6	12	8		30
Procladius spp.	81	8	20			31			2	142
Chironomus reductus	3165	2478	3192	202	55	87	15			9194
Atherix ibis								2	3	5
Nombre total d'individus	7877	4148	7797	1217	2890	7159	9586	14211	4483	59368

Figure 28 : Nombre total d'individus récolté à chaque station (Waulsort 89)

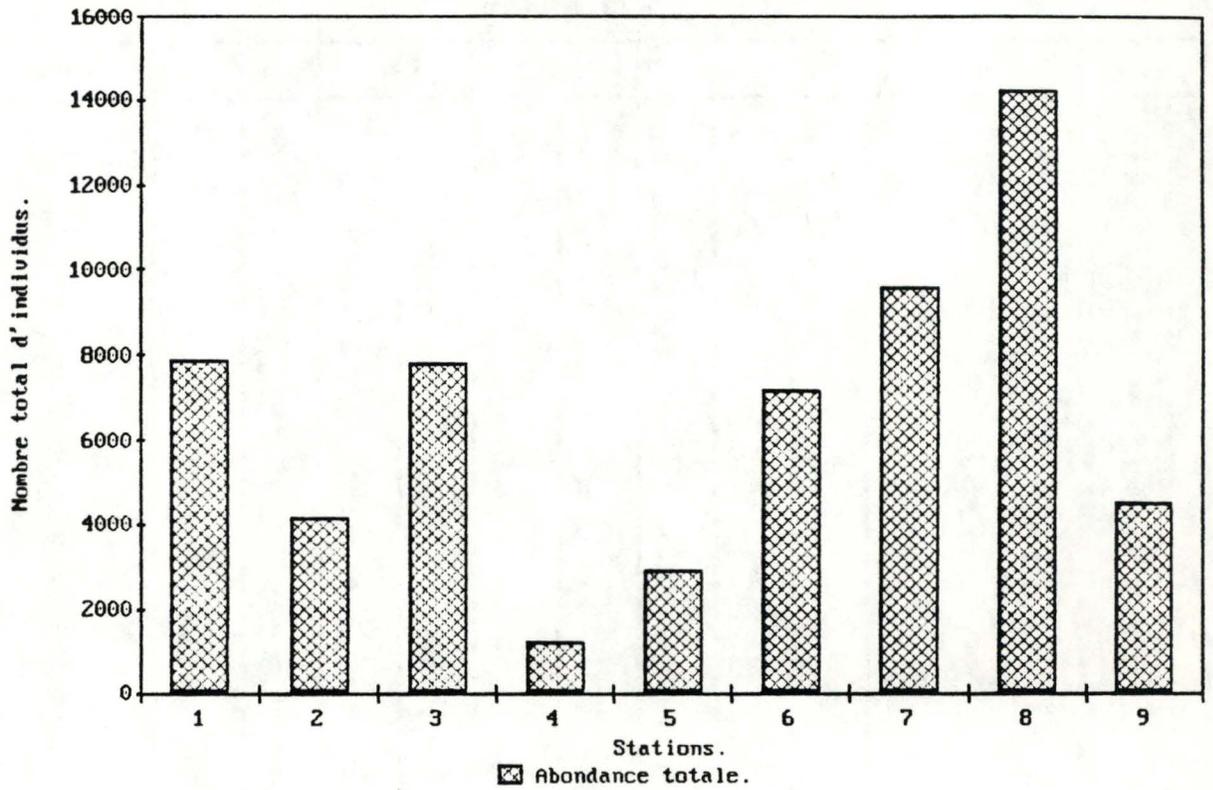
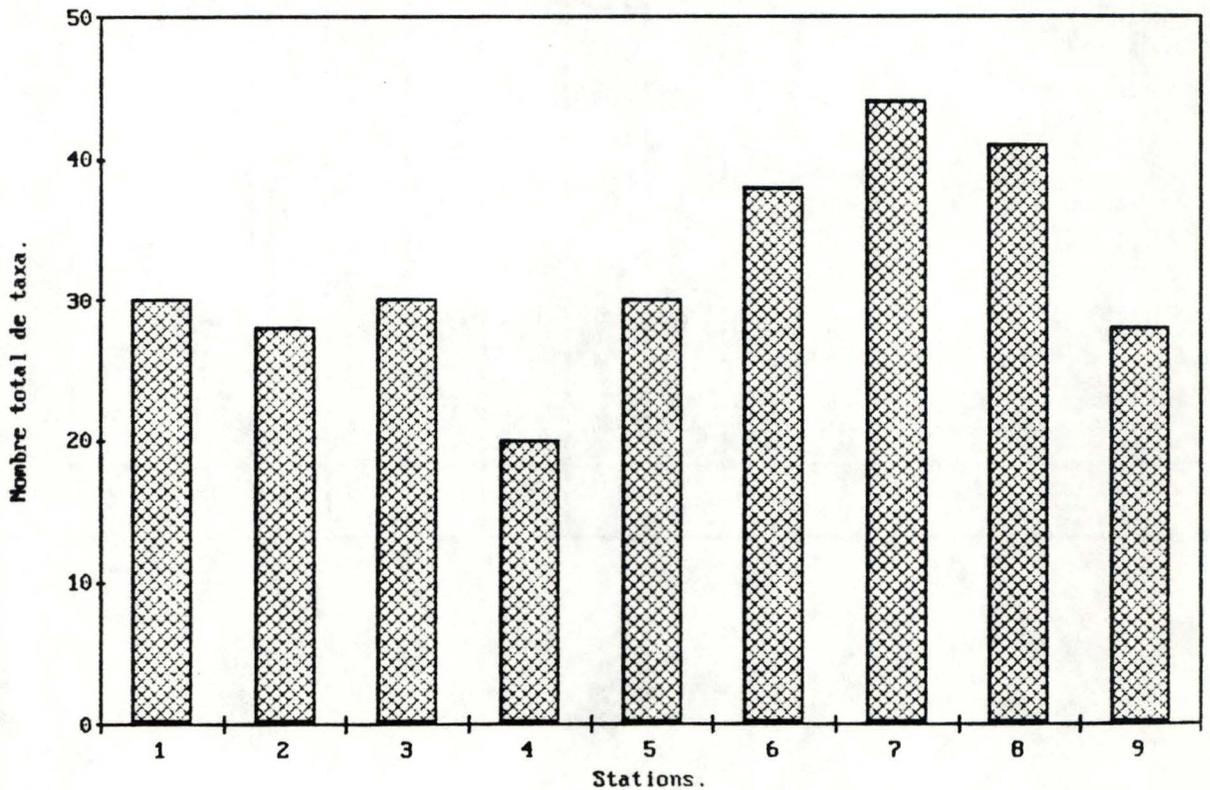


Figure 29 : Nombre total de taxa récolté à chaque station (Waulsort 89)



galets, pierres et blocs) rencontrés sur le premier kilomètre en aval du barrage de Waulsort (stations 6, 7 et 8), se modifient au fur et à mesure que l'on approche de l'écluse d'Anseremme. Les espèces rhéophiles font place à des espèces moins exigeantes caractéristiques des milieux à substrat sédimenté (stations 1, 2, 3 et 5). Si l'on compare l'ensemble des stations à substrat déposé et celles à substrat érodé, on constate une différence entre ces deux types de substrat. Sur les berges envasées, le nombre de taxa se réduit avec disparition de certaines espèces, par contre, les stations situées sur les berges empierrées présentent une variété taxonomique où dominent les organismes rhéophiles aux dépens des communautés limnophiles.

3.3.1.1. L'indice de Shannon-Weaver.

L'analyse globale des stations révèle (Tableau XVII et figure 30) que l'indice de diversité de Shannon-Weaver le plus faible ($H' = 0,52$) est celui du perré cimenté près du barrage (station 9). Il est supérieur mais toujours compris entre 1 et 2 dans l'ensemble des autres stations. Seule la plage de galets en pente douce de la station 6 se révèle intéressante du point de vue diversité faunistique avec l'indice le plus élevé ($H' = 2,08$).

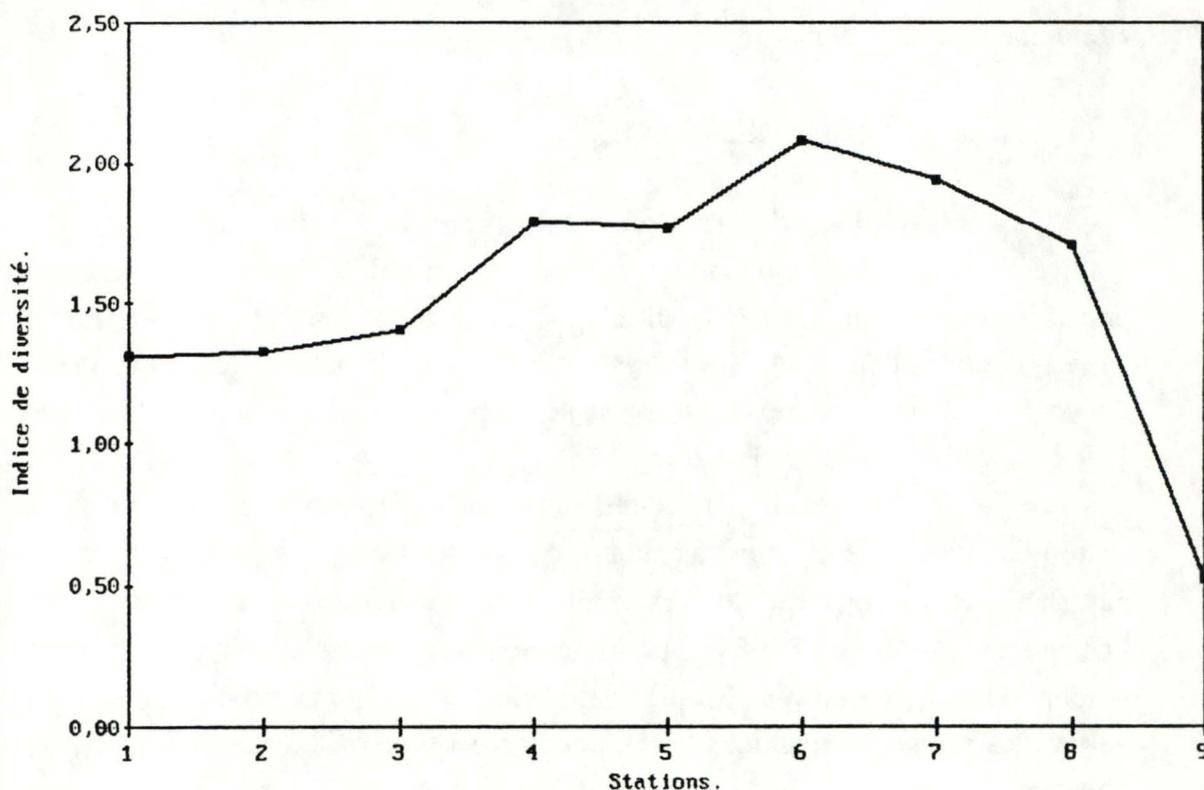
Cette valeur élevée de l'indice reflète la forte hétérogénéité du substrat de la station 6. En effet, son substrat montre des particularités que l'on ne retrouve pas dans les stations qui lui ressemblent au point de vue du substrat, en l'occurrence les stations 7 et 8 qui pourtant montrent un nombre d'individus et un nombre de taxa plus élevés. En plus des stations 7 et 8 qui ne possèdent que des galets, des pierres et quelques blocs pour cette dernière, la station 6 présente, non seulement une plage de galets avec du gravier, mais aussi, un perré non cimenté avec un enrochement à sa base. Ces structures hétérogènes par excellence représentent un type de microhabitat très apprécié par les macroinvertébrés benthiques qui y trouvent refuge et nourriture.

Tout à fait à l'opposé de ce substrat hétérogène, on trouve le substrat homogène type c'est-à-dire le perré cimenté de la station 9 qui ne permet guère la colonisation par les macroinvertébrés.

Tableau XVII : Indice de Shannon-Weaver calculé pour chaque échantillon et globalement pour chaque station.

Stations/Echantillons	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Global
Station 1	1,22	1,36	1,60	1,16	0,84	0,96	1,19	1,08	1,14	1,31
Station 2	0,86	1,29	1,15	1,37	1,27	1,06	1,56	1,33	1,08	1,33
Station 3	0,98	1,72	0,98	1,45	1,42	1,58	0,81	0,95	1,05	1,41
Station 4	1,31	1,56	1,38	1,51	1,43	1,47	1,56	1,40	1,35	1,79
Station 5	1,45	1,70	1,55	1,59	1,57	1,34	1,48	0,87	1,74	1,77
Station 6	1,57	1,59	1,77	1,98	1,80	2,14	1,83	1,20	1,42	2,08
Station 7	1,37	1,89	1,73	1,69	1,81	1,33	1,27	1,61	1,21	1,94
Station 8	1,21	1,36	1,03	1,66	1,50	1,67	1,60	1,88	1,85	1,71
Station 9	0,49	0,62	0,31	0,14	0,26	0,19	0,98	1,23	1,48	0,52

Figure 30 : Evolution de l'indice de diversité de Shannon-Weaver.



Les substrats envasés se maintiennent entre ces deux extrêmes, avec une hétérogénéité d'autant plus grande lorsqu'ils comportent des galets, pierres ou blocs.

3.3.1.2. L'analyse factorielle des correspondances.

Les données ont été encodées telles quelles, sous forme quantitative, et disposées directement en tableaux grâce au logiciel Microsoft-Excell, tournant sur Macintosh, afin d'en permettre une vérification aisée (Tableaux XVIII et XVIII'). Le tableau de données établi a été ensuite transféré sur l'ordinateur central VAX/VMS, grâce au programme Kermit du logiciel Versaterm-pro. Le traitement des données a été réalisé sur la configuration centrale du système informatique des Facultés Universitaires de Namur. L'A.F.C. a été réalisée grâce aux procédures mises au point par DEPIERREUX et ORBAN-FERAUGE, 1989. Les procédures en langage APL et FORTRAN (pour le calcul des valeurs propres), permettent la réalisation d'A.F.C et d'A.C.P. L'A.F.C. a été effectuée sur la matrice des données après transformation logarithmique.

La première étape de notre analyse consiste à localiser la projection des profils des relevés dans les premiers plans obtenus par A.F.C. afin de voir s'ils sont dispersés dans l'ensemble de l'espace de dimensions réduites formé ou s'ils s'y disposent sous forme de croissant. Suivant les cas, une interprétation des axes en tant que facteur ou des croissants en tant qu'expression de gradients écologiques est recherchée sur base de nos connaissances et sur base de la littérature. Une fois la position des profils des échantillons interprétée, nous analysons les graphiques des profils correspondants des taxa. Les taxa apparemment les plus caractéristiques des différents groupes d'échantillons obtenus par regroupement sont repérés. Finalement la vérification de la concordance des axes ou gradients avec les connaissances de l'écologie de quelques taxa types est réalisée.

- Paramètres généraux de l'A.F.C.

La décroissance des valeurs propres (Tableau XIV et figure 31) est progressive après le troisième facteur. En effet, la rupture se marque entre le troisième et le quatrième facteur, ce qui nous incite à interpréter la distribution des profils dans l'espace réduit des trois premières dimensions. La variabilité exprimée par les trois premiers axes est respectivement de 17,56, 9,09 et 5,93 % de la variabilité totale des données, ce qui fait que la variabilité exprimée dans l'espace réduit à ces trois premières dimensions est de 32,5 %. Cette variabilité n'est pas négligeable vu le nombre de descripteurs en cause, on peut supposer que cette variabilité exprimée traduise une part d'information interprétable.

- Interprétation de l'espace réduit des échantillons.

Le groupement des profils des 81 échantillons selon leur position dans les trois premières dimensions de l'espace réduit a permis de dissocier quelques groupes d'échantillons. Ces tendances sont dans la mesure du possible délimitées dans les représentations des profils des échantillons dans les trois premiers plans de l'espace réduit (Figures 32, 33, 34).

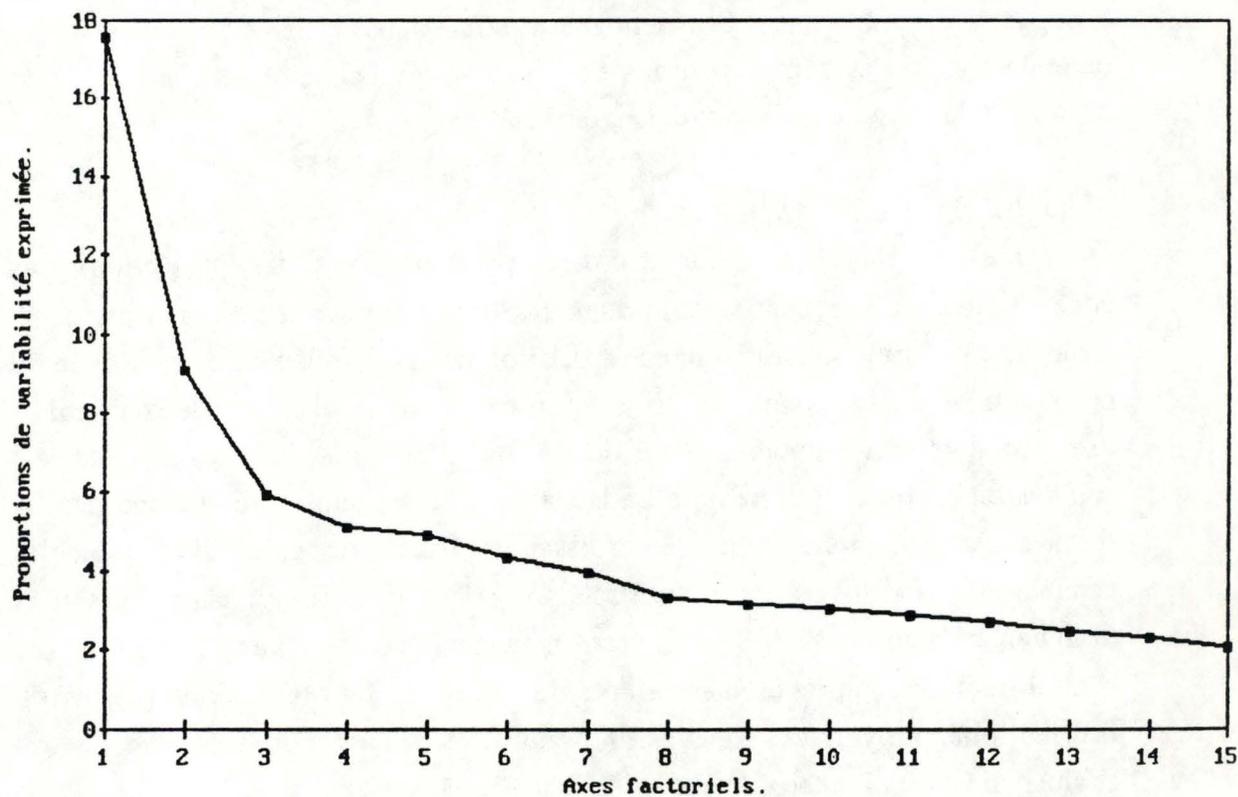
- Plan 1/2 (Figure 32)

Dans le plan formé par les deux premiers axes, les projections des échantillons se distribuent suivant une structure en croissant très bien marquée. Cette structure rend illusoire une interprétation des axes indépendante de celle du croissant. A une extrémité du croissant formé dans le plan des deux premiers axes, se situe un premier groupe de 9 échantillons très distincts et nettement séparés des autres. Il correspond à la station 9, avec son perré cimenté proche du barrage. A l'autre extrémité du croissant, se trouve rassemblé l'ensemble des échantillons réalisés sur un substrat possédant des composantes vaseuses dominantes (stations 1, 2, 3 et 5), assez nettement groupés entre eux. Le noyau central du croissant, légèrement à côté du centre de gravité et donc proche du profil global moyen des relevés, présente des stations dont le substrat est exclusivement caillouteux (stations 6, 7 et 8). Toutefois les échantillons de la station 8 semblent se rapprocher d'avantage du groupe des échantillons de la

Axes factoriels	Valeurs propres	Proportions de variabilité exprimée (%)	Cumul des proportions de variabilité exprimée (%)
1	0,293	17,56	17,56
2	0,152	9,09	26,65
3	0,099	5,93	32,58
4	0,084	5,06	37,64
5	0,081	4,87	42,51
6	0,072	4,3	46,81
7	0,066	3,95	50,76
8	0,055	3,3	54,06
9	0,053	3,16	57,22
10	0,050	3,01	60,23
11	0,048	2,85	63,08
12	0,045	2,71	65,79
13	0,041	2,46	68,25
14	0,038	2,28	70,53
15	0,035	2,07	72,6

Tableau XIX : Décroissance des valeurs propres et des variabilités exprimées, et cumul de la variabilité exprimée par les 15 premiers facteurs, dans l'A.F.C. du tableau de données.

Figure 31 : Evolution des proportions de variabilité exprimée (15 facteurs).



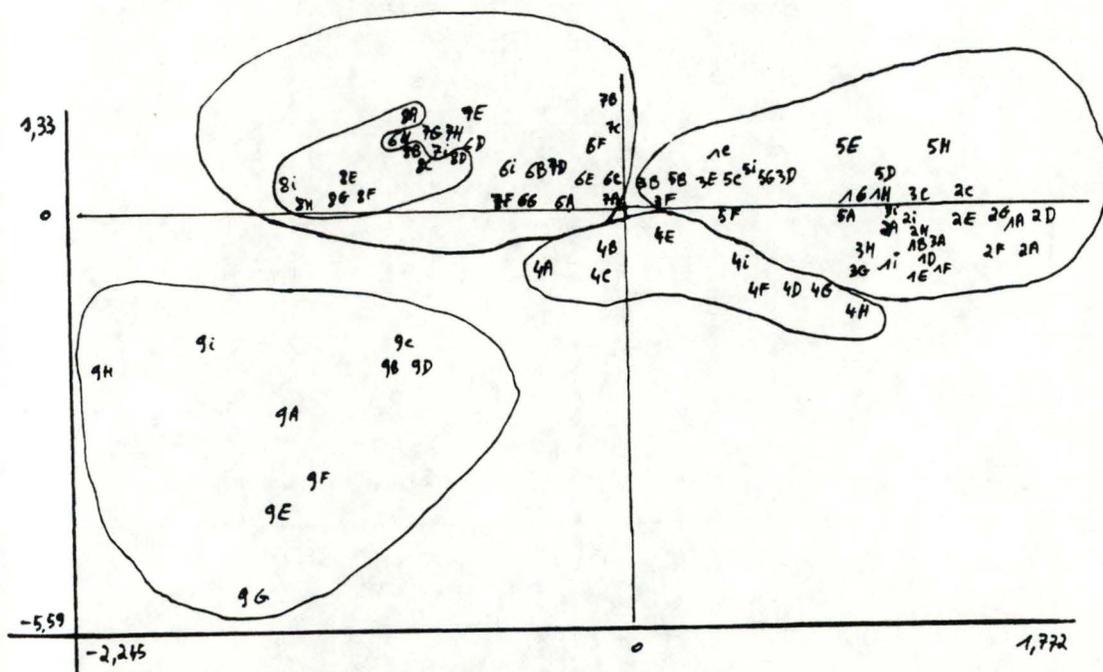


Figure 32: Graphique des projections des profils des 81 échantillons du tableau de données dans le plan des axes factoriels 1 et 2 de l'A.F.C.

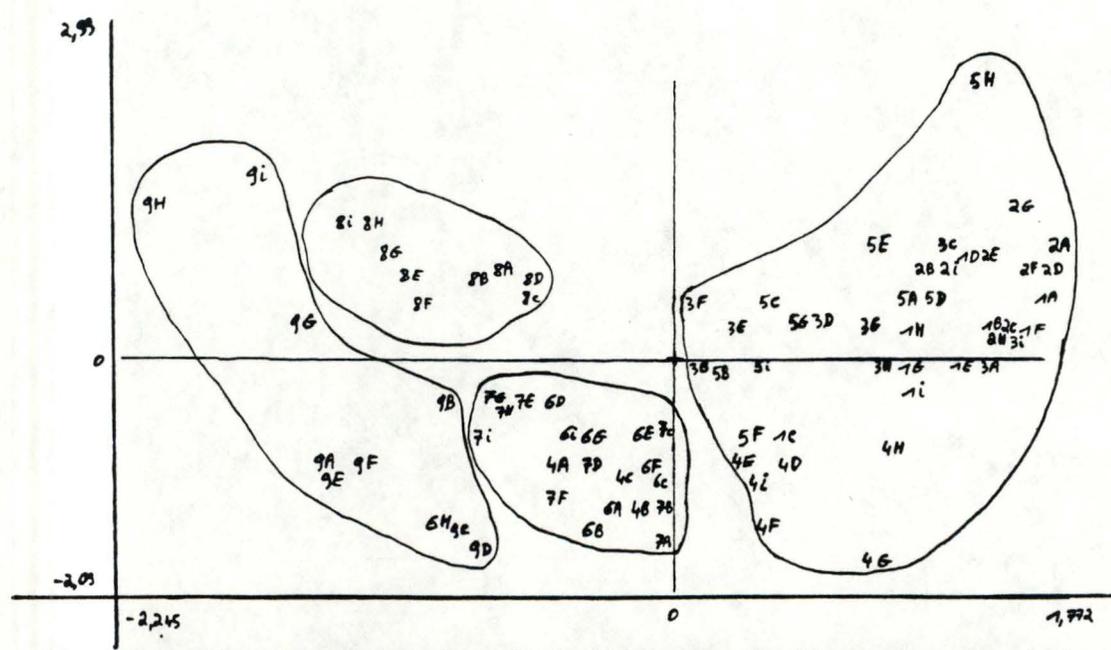


Figure 33: Graphique des projections des profils des 81 échantillons du tableau de données dans le plan des axes factoriels 1 et 3 de l'A.F.C.

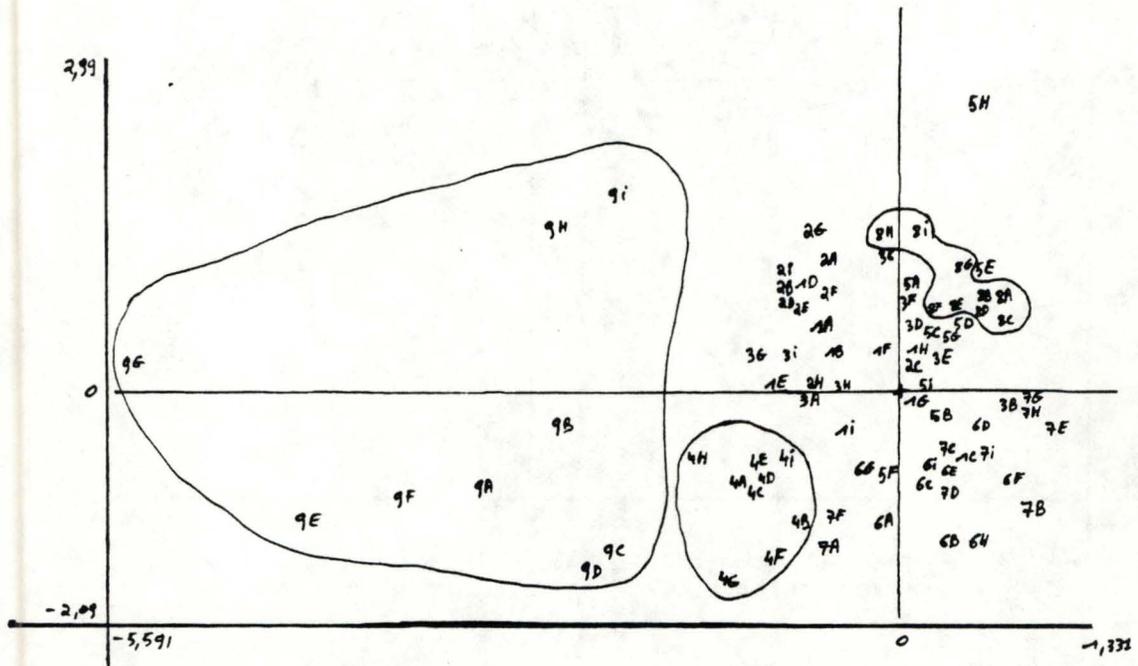


Figure 34: Graphique des projections des profils des 81 échantillons du tableau de données dans le plan des axes factoriels 2 et 3 de l'A.F.C.

station 9, autrement dit, de se rapprocher spatialement des substrats proches du barrage qui sont soumis à l'érosion. Les échantillons de la station 4 tendent à évoluer légèrement à l'écart mais présentent de façon intermédiaire une tendance à un substrat partiellement envasé.

Il semble donc évident que le gradient constitué dans le plan des deux premiers axes traduit globalement l'évolution longitudinale du substrat dans le bief de Waulsort.

- Plan 1/3 (Figure 33)

Les profils des échantillons dans le plan formé par les axes 1 et 3 s'y distribuent sous forme d'une structure en croissant bien développée. A une extrémité du croissant, nettement dissociés du reste, on trouve les échantillons des stations 8 et 9, à l'autre, les stations 1, 2, 3 et 5 déjà citées. Entre les deux, en partant de cette dernière extrémité, d'abord la station 4 avec son perré recouvert d'une coulée de béton sur laquelle se dépose une maigre couche de sédiments fins, puis des stations appartenant à un substrat à tendance caillouteuse.

Il n'y a aucun doute, le croissant observé dans ce plan 1/3 correspond à l'évolution longitudinale du substrat dans le bief de Waulsort. Compte tenu de cette interprétation, la position de plusieurs échantillons de l'ancien perré (6H) et du perré avec coulée de béton (4A, 4B et 4C) semble quelque peu étonnante. On devrait s'attendre à retrouver ces échantillons plus vers l'extrémité correspondant à la tendance envasée, près des échantillons représentant ces mêmes stations. A part l'échantillon 6H, pour lequel nous ne voyons pas d'explication plausible, si ce n'est la possibilité d'avoir été prélevé sur un substrat dur localement uniforme, les échantillons 4A, 4B et 4C ont la particularité commune de se trouver au sommet du perré recouvert d'une coulée de béton. Le sommet de cette berge ne présente pas de sédimentation sur la partie supérieure de la berge, à l'inverse des échantillons prélevés sur la même berge mais dans la partie inférieure qui eux possèdent une fine couche de sédimentation. L'existence d'une fine couche de sédiments dans le bas du perré semble avoir un effet marqué en rapprochant ces échantillons (4D à 4I), des substrats à composantes envasées, au contraire les échantillons 4A, 4B et 4C tendent à se rapprocher des substrats durs.

- Plan 2/3 (Figure 34)

La distribution des profils dans le plan défini par les axes 2 et 3 ne fournit aucune indication importante supplémentaire. Ce plan dissocie nettement du reste, les échantillons de la station 9, représentée par le perré cimenté situé près du barrage. C'est aussi le seul des trois plans envisagés qui regroupe distinctement les échantillons de la station 4 tout en les séparant des autres, ce qui confirme la situation paradoxale de cette station, reflétant en grande partie la sédimentation somme toute modérée sur les parties rugueuses de la coulée de béton.

Il semble que l'examen de ce plan 2/3 permette de mieux visualiser la structure tridimensionnelle de la position des échantillons, c'est la raison de l'écart apparent de la station 8 des autres substrats à tendance caillouteuse (stations 6 et 7).

- Interprétation de l'espace réduit des taxa.

Ce paragraphe vise à donner un aperçu des structures observées pour les profils des taxa dans les trois premières dimensions de l'espace réduit, en correspondance avec celles décrites pour les échantillons (Figures 35, 36, 37). Les abréviations utilisées pour les taxa se trouvent à l'annexe 2 dans le tableau XXII.

- Plan 1/2 (Figure 35)

La projection des profils des 58 taxa dans le plan des deux premiers axes de l'espace réduit, se fait selon un croissant. En correspondance avec les échantillons de la station 9, sept taxa se trouvent regroupés et bien séparés du reste du croissant, il s'agit surtout d'espèces rhéophiles. L'autre extrémité du croissant est constituée d'un groupe de taxa distincts correspondant aux échantillons réalisés sur un substrat montrant un envasement important. Un autre groupe de taxa peut être mis en évidence entre ces deux extrêmes, ce sont ceux appartenant aux substrats caillouteux. Les taxa non entourés se situant entre les deux semblent présenter des caractéristiques intermédiaires.

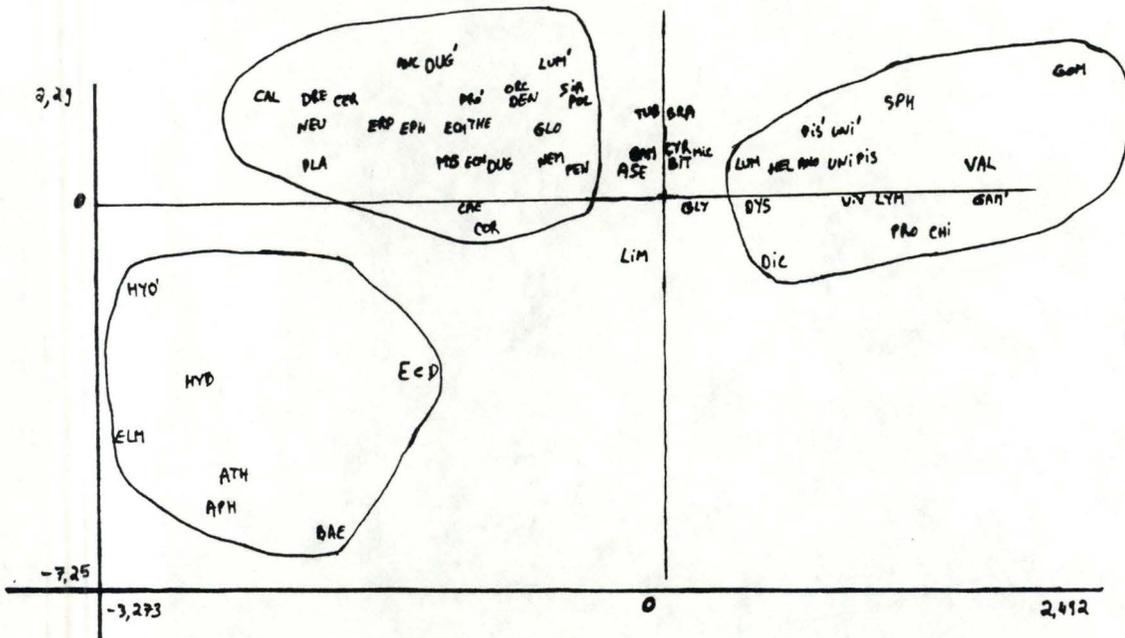


Figure 35: Graphique des projections des profils des 58 taxa du tableau de données dans le plan des axes factoriels 1 et 2 de l'A.F.C.

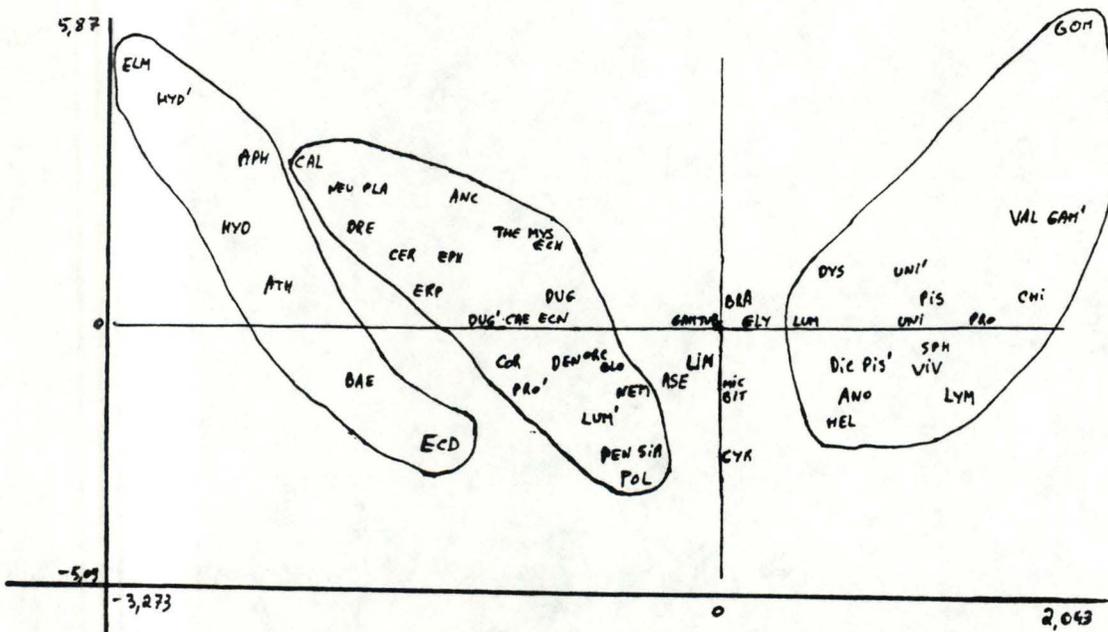


Figure 36: Graphique des projections des profils des 58 taxa du tableau de données dans le plan des axes factoriels 1 et 3 de l'A.F.C.

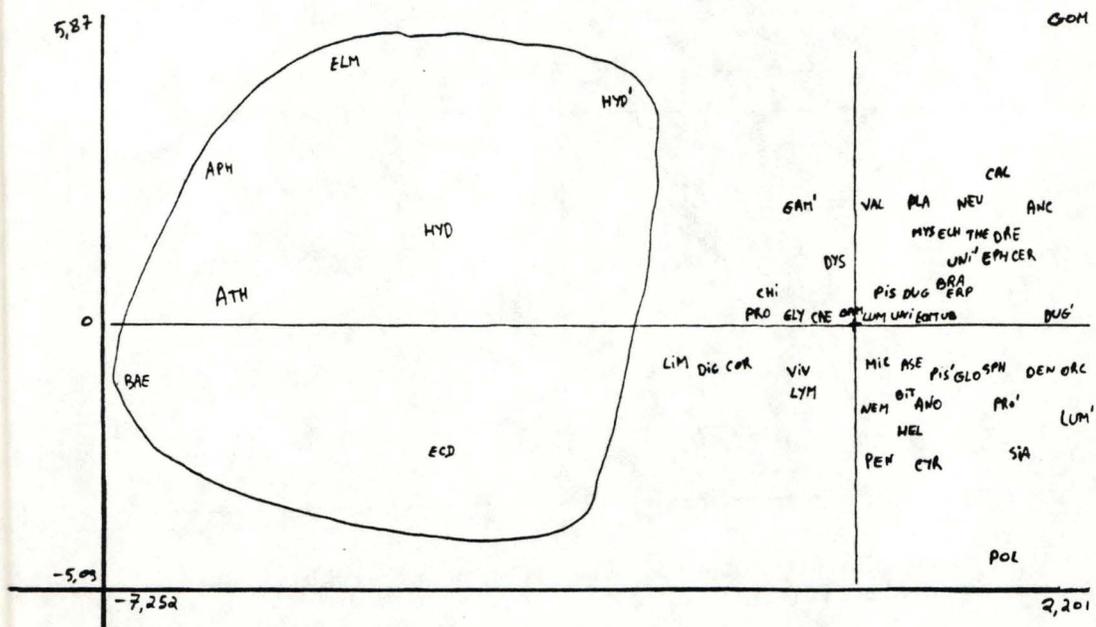


Figure 37: Graphique des projections des profils des 58 taxa du tableau de données dans le plan des axes factoriels 2 et 3 de l'A.F.C.

- Plan 1/3 (Figure 36)

La structure observée dans le plan 1/3 correspond très bien à celle observée pour les échantillons dans le plan correspondant. Les différents taxa s'y succèdent assez régulièrement, les taxa typiquement rhéophiles occupent une position extrême du croissant. A l'autre extrémité, se trouvent les taxa à tendance limnophile, évoluant sur les substrats déposés. Entre les deux, les taxa occupent des substrats de berges caillouteuses. On retrouve les taxa non entourés qui présentent des caractéristiques partagées entre les deux tendances.

D'après notre interprétation de ce croissant, les taxa s'y présentent dans l'ordre de leur succession longitudinale, avec toutefois certaines particularités dues aux substrats intermédiaires.

- Plan 2/3 (Figure 37)

Le plan des axes 2 et 3 dissocie surtout du reste des taxa, les taxa rhéophiles. Par contre, les autres groupements sont plutôt moins bien distincts que dans les plans précédents.

- Interprétation écologique.

Ce paragraphe aborde l'interprétation des structures observées faisant appel à la fois à des informations sur les échantillons et sur les taxa qui les peuplent. En première approche, la structure en croissant observée dans le plan des trois premiers axes de l'espace réduit est considérée comme le reflet de la répartition des substrats tout le long du bief de Waulsort.

Parmi les différents taxa correspondant à l'extrémité 'substrat envasé' observée dans les plans 1/2 et 1/3, les Mollusques Lamellibranches, à l'exception de *Dreissena polymorpha*, ont en commun la caractéristique d'être des espèces qui affectionnent les substrats meubles dans lesquels elles trouvent refuge et se développent.

Les autres taxa, surtout *Chironomus reductus*, *Procladius* spp., et *Dicrotendipes* spp. dont les profils sont très bien représentés dans les plans 1/2 et 1/3, sont particulièrement bien adaptés aux substrats typiquement envasés. Il en est de même pour les Lumbriculidae.

Le cas des autres taxa associés à l'autre extrémité du gradient est nettement plus clair tous ces taxa sont considérés comme typiquement rhéophiles, affectionnant des substrats fortement érodés en l'occurrence le perré cimenté près du barrage où la teneur en oxygène dissous joue également un rôle primordial dans la répartition des espèces. Ce sont les *Hydropsyche* spp., les *Elmis* spp., l'*Atheryx ibis*, les *Ecdyonurus* sp., les *Baetis* spp. et l'*Aphelocheirus aestivalis*.

Les modifications de la communauté benthique du bief de Waulsort sont beaucoup moins évidentes, mais les tendances générales peuvent cependant être mises en évidence. Les insectes Odonates, *Calopteryx virgo* de même que *Platycnemis pennipes* tendent à coloniser les plages de galets et de pierres des stations 7 et 8 surtout. C'est également le cas des Trichoptères à fourreau des genres *Mystacydes* spp. et *Ceraclea* spp. à la station 8.

L'*Ancylus fluviatilis* vit également sur un substrat érodé, son profil hydrodynamique y contribue de même que son mode de nutrition qui consiste à racler la couche biologique vivant sur les pierres.

Parmi les Hirudinées, *Erpobdella octoculata* semble affectionner les substrats pierreux et les milieux plus ou moins bien oxygénés.

Lorsque l'on s'éloigne progressivement des profils correspondant à des milieux à substrat dur, on découvre les différents taxa qui vivent sur des substrats intermédiaires constitués de graviers et de petits galets. La station 6 en est un exemple, l'ancien perré à sec présente ce substrat où l'on retrouve l'écrevisse *Orconectes limosus*, le Trichoptère sans fourreau *Ecnomus tenellus* et certaines Hirudinées comme *Glossiphonia complanata*. Les planaires s'y trouvent aussi et *Dugesia lugubris* semble se cacher sous les galets.

Corophium curvispinum et *Caenis* spp. ont tendance à se rapprocher davantage d'un substrat dur mais présentant des traces de sédimentation.

La progression des types de substrat glisse ensuite vers des caractéristiques principalement vaseuses mais présentant des éléments grossiers, ce substrat intermédiaire constitue un support apprécié par les Gammare et les Aselles de même que par les Tubificidae. Il est probable que la présence de débris végétaux provenant notamment des arbres en bordure des stations correspondantes influence la répartition sur le substrat.

Glyptotendipes spp. et *Microtendipes* spp. sont des Chironomidae préférant les substrats vaseux ayant la particularité de présenter une composante plus dure du substrat.

En général, les résultats obtenus par l'A.F.C. correspondent aux diverses informations existantes dans la littérature, ceci se vérifie surtout pour les taxa extrêmes. On constate donc un effet de l'évolution longitudinale du substrat à travers le bief de Waulsort en accord avec la variation de la microdistribution des macroinvertébrés benthiques. Cette évolution longitudinale du substrat est à mettre en relation avec la vitesse du courant qui diminue progressivement pour finalement devenir très faible, voire nulle après le premier kilomètre en aval du barrage de Waulsort. La structure du substrat est donc directement fonction de cette diminution de vitesse du courant.

3.3.1.3. Estimation de la densité et de la biomasse.

Notre intérêt s'est porté sur quelques taxa parmi les plus représentatifs de la biocénose. Le calcul de densité dans un intervalle de confiance de 95 % de différents taxa bien représentés est réalisé lorsque la variance est plus élevée que la moyenne. En effet, on observe pour la majorité des taxa abondants dans chaque station, une variance nettement supérieure à la moyenne ($S^2 > \bar{X}$) (Annexe 3). Ceci suggère que leur distribution est agrégative, c'est-à-dire que les individus sont répartis par groupes. Comme le montrent les tableaux XXa à XXi et les figures 38a à 38i, la densité de population varie fortement entre les différents substrats, de plus, la structure des biocénoses montre des modifications importantes.

Tableau XX : Biomasses (g de poids frais par m²) et Densités (nombre d'individus par m²)
calculées sur la moyenne de neuf échantillons par station.

98

TableauXXA : Biomasses (g/m²) et Densités (ind/m²) prélevées à la station 1 (Waulsort, septembre 1989).

Taxa	g/m ²	ind/m ²	ind/m ² avec 95 % C.L.
* DugesIIDae	0,00	2	5 ↔ 0
Lumbriculidae	3,99	3986	5627 ↔ 560
* Tubificidae	0,51	321	427 ↔ 20
Lumbricidae	0,23	1	
Helobdella stagnalis	0,14	22	
Glossiphonia complanata	0,03	1	
Pisidium spp.	1,16	174	252 ↔ 25
Sphaerium spp.	1,27	14	
Lymnaea spp.	0,06	4	
Bithynia tentaculata	0,75	7	
Theodoxus fluviatilis	0,68	6	
Valvata piscinalis	0,02	1	
* Asellidae	0,01	3	7 ↔ 0
* Gammaridae	0,33	44	64 ↔ 3
Corophium curvispinum	0,02	34	50 ↔ 2
* Chironomidae	0,71	589	875 ↔ 273
Chironomus reductus	26,73	3517	5552 ↔ 1119

TableauXXB : Biomasses (g/m²) et densités (ind/m²) prélevées à la station 2 (Waulsort, septembre 1989).

Taxa	g/m ²	ind/m ²	ind/m ² avec 95 % C.L.
* DugesIIDae	0,01	4	8 ↔ 0
Lumbriculidae	0,55	550	726 ↔ 343
* Tubificidae	0,04	28	40 ↔ 9
Lumbricidae	0,70	3	
Helobdella stagnalis	0,06	9	
Glossiphonia complanata	0,10	3	
Pisidium spp.	2,79	420	566 ↔ 173
Lymnaea spp.	0,19	14	
Bithynia tentaculata	0,13	1	
Valvata piscinalis	0,27	13	
* Asellidae	0,02	7	11 ↔ 0
* Gammaridae	0,06	8	13 ↔ 1
Corophium curvispinum	0,01	9	15 ↔ 0
Ephemera danica	0,04	1	
Caenis spp.	0,00	2	5 ↔ 0
Platycnemis pennipes	0,01	1	
Ecnomus tenellus	0,00	6	10 ↔ 0
* Chironomidae	0,92	769	1028 ↔ 397
Chironomus reductus	20,93	2753	3967 ↔ 1252

TableauXXC : Biomasses (g/m²) et Densités (ind/m²) prélevées à la station 3 (Waulsort, septembre 1989).

Taxa	g/m ²	ind/m ²	ind/m ² avec 95 % C.L.
* DugesIIDae	0,20	89	127 ↔ 5
Lumbriculidae	0,44	444	657 ↔ 194
* Tubificidae	0,06	38	61 ↔ 9
Lumbricidae	0,23	1	
Helobdella stagnalis	0,01	1	
Glossiphonia complanata	0,06	2	
Pisidium spp.	1,91	287	411 ↔ 101
Sphaerium spp.	0,39	4	
Lymnaea spp.	0,38	29	
Bithynia tentaculata	1,00	9	
Valvata piscinalis	0,20	10	
* Asellidae	0,08	31	42 ↔ 0
* Gammaridae	1,13	151	178 ↔ 6
Corophium curvispinum	0,11	176	189 ↔ 8
Caenis spp.	0,00	10	16 ↔ 0
Sialis nigripes	0,09	2	
Ecnomus tenellus	0,02	36	54 ↔ 4
* Leptoceridae	0,00	3	
* Chironomidae	4,52	3770	4963 ↔ 2452
Chironomus reductus	26,95	3547	3530 ↔ 161

TableauXXD : Biomasses (g/m²) et Densités (ind/m²) prélevées à la station 4 (Waulsort, septembre 1989).

Taxa	g/m ²	ind/m ²	ind/m ² avec 95 % C.L.
* Dugesidae	0,04	19	23 ↔ 0
Lumbriculidae	0,03	32	48 ↔ 5
* Tubificidae	0,00	1	3 ↔ 0
Helobdella stagnalis	0,06	9	
Sphaerium spp.	0,98	11	
Lymnaea spp.	0,07	6	
Bithynia tentaculata	1,13	10	
* Asellidae	0,11	43	47 ↔ 1
* Gammaridae	0,06	8	13 ↔ 0
Corophium curvispinum	0,11	177	242 ↔ 47
Ephemera danica	0,07	2	
Caenis spp.	0,00	2	5 ↔ 0
Ecnomus tenellus	0,01	14	23 ↔ 5
* Chironomidae	0,93	776	1084 ↔ 364
Chironomus reductus	1,71	224	331 ↔ 32

TableauXXE : Biomasses (g/m²) et Densités (ind/m²) prélevées à la station 5 (Waulsort, septembre 1989).

Taxa	g/m ²	ind/m ²	ind/m ² avec 95 % C.L.
* Dugesidae	0,26	120	122 ↔ 1
Lumbriculidae	1,00	997	1407 ↔ 363
* Tubificidae	0,10	64	93 ↔ 30
Lumbriculidae	0,23	1	
Pisidium spp.	2,65	399	553 ↔ 199
Sphaerium spp.	0,49	6	
Bithynia tentaculata	0,13	1	
Theodoxus fluviatilis	0,41	3	
Valvata piscinalis	0,31	16	
* Asellidae	0,31	117	158 ↔ 6
* Gammaridae	0,27	36	48 ↔ 4
Corophium curvispinum	0,02	28	44 ↔ 4
Caenis spp.	0,00	3	7 ↔ 0
Ecnomus tenellus	0,00	2	5 ↔ 0
* Leptoceridae	0,00	1	
* Chironomidae	1,59	1322	2004 ↔ 523
Chironomus reductus	0,46	61	85 ↔ 14

TableauXXF : Biomasses (g/m²) et Densités (ind/m²) prélevées à la station 6 (Waulsort, septembre 1989).

Taxa	g/m ²	ind/m ²	ind/m ² avec 95 % C.L.
* Dugesidae	0,78	357	637 ↔ 67
Lumbriculidae	0,85	847	1317 ↔ 218
* Tubificidae	0,54	336	499 ↔ 31
Lumbriculidae	29,07	138	
Erpobdella octoculata	1,15	14	
Helobdella stagnalis	0,17	27	
Glossiphonia complanata	0,45	16	
Pisidium spp.	0,27	41	53 ↔ 4
Sphaerium spp.	10,66	121	
Bithynia tentaculata	0,17	13	
* Asellidae	1,37	521	683 ↔ 44
* Gammaridae	1,00	133	186 ↔ 14
Corophium curvispinum	1,48	2462	3896 ↔ 326
Ephemera danica	0,07	2	
Caenis spp.	0,01	26	37 ↔ 6
Platycnemis pennipes	0,01	1	
Sialis nigripes	0,51	12	
Ecnomus tenellus	0,07	134	190 ↔ 32
* Chironomidae	3,15	2629	4107 ↔ 952
Chironomus reductus	0,73	97	137 ↔ 15

Tableau XXG : Biomasses (g/m²) et Densités (ind/m²) prélevées à la station 7 (Waulsort, septembre 1989).

Taxa	g/m ²	ind/m ²	ind/m ² avec 95 % C.L.
* DugesIIDae	1,59	723	801 ↔ 9
Lumbriculidae	1,90	1897	3258 ↔ 492
* Tubificidae	0,45	281	463 ↔ 93
Lumbriculidae	13,60	64	
Erpobdella octoculata	1,33	17	
Helobdella stagnalis	0,21	33	
Glossiphonia complanata	0,16	6	
Pisidium spp.	1,19	179	198 ↔ 13
Sphaerium spp.	16,43	187	
Lymnaea spp.	0,16	12	
Bithynia tentaculata	2,64	23	
Theodoxus fluviatilis	0,68	6	
Valvata piscinalis	0,02	1	
* Asellidae	0,34	131	171 ↔ 28
* Gammaridae	0,75	100	154 ↔ 9
Corophium curvispinum	2,31	3846	5044 ↔ 100
Ephemera danica	0,04	1	
Caenis spp.	0,01	32	47 ↔ 13
Platycnemis pennipes	0,03	3	
Sialis nigripes	0,47	11	
Ecnomus tenellus	0,10	208	283 ↔ 25
* Leptoceridae	0,01	8	
* Chironomidae	3,38	2814	3882 ↔ 1239
Chironomus reductus	0,13	17	22 ↔ -2

Tableau XXH : Biomasses (g/m²) et Densités (ind/m²) prélevées à la station 8 (Waulsort, septembre 1989).

Taxa	g/m ²	ind/m ²	ind/m ² avec 95 % C.L.
* DugesIIDae	5,17	2351	3846 ↔ 742
Lumbriculidae	0,87	867	1140 ↔ 504
* Tubificidae	0,34	210	296 ↔ 110
Lumbriculidae	0,7	3	
Erpobdella octoculata	3,36	42	
Glossiphonia complanata	0,19	7	
Pisidium spp.	0,29	43	64 ↔ 6
Sphaerium spp.	15,84	180	
Bithynia tentaculata	0,88	8	
Theodoxus fluviatilis	6,42	52	
Valvata piscinalis	0,02	1	
* Asellidae	0,2	74	108 ↔ 35
* Gammaridae	0,89	119	178 ↔ 23
Corophium curvispinum	1,82	3040	4769 ↔ 546
Ephemera danica	0,33	10	
Caenis spp.	0,03	82	126 ↔ 17
Platycnemis pennipes	0,57	60	
Ecnomus tenellus	0,3	603	1138 ↔ 102
* Leptoceridae	0,01	14	
* Chironomidae	9,5	7917	10453 ↔ 4954

Tableau XXI : Biomasses (g/m²) et Densités (ind/m²) prélevées à la station 9 (Waulsort, septembre 1989).

Taxa	g/m ²	ind/m ²	ind/m ² avec 95 % C.L.
* DugesIIDae	0,17	78	86 ↔ 2
Lumbriculidae	0,03	31	44 ↔ 7
* Tubificidae	0,01	3	7 ↔ 0
Erpobdella octoculata	0,53	7	
Glossiphonia complanata	0,06	2	
Sphaerium spp.	0,59	7	
Bithynia tentaculata	0,01	1	
Theodoxus fluviatilis	0,14	1	
* Asellidae	0,02	7	12 ↔ 0
* Gammaridae	0,04	6	10 ↔ 0
Corophium curvispinum	2,71	4523	6119 ↔ 1273
Caenis spp.	0,01	21	33 ↔ 0
Platycnemis pennipes	0,03	3	
Ecnomus tenellus	0,01	11	16 ↔ 0
* Chironomidae	0,23	190	268 ↔ 84

Figure 38A : Biomasses et densités des taxa représentatifs de la station 1.

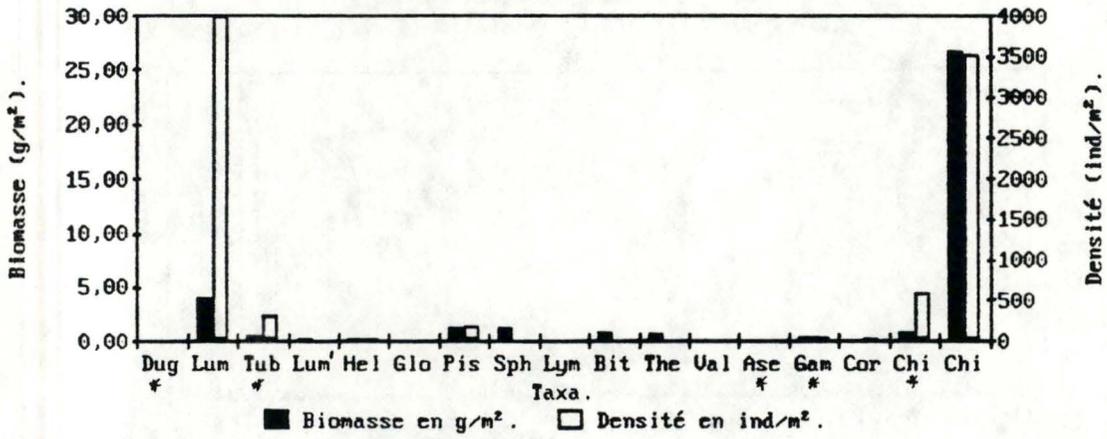


Figure 38B : Biomasses et densités des taxa représentatifs de la station 2.

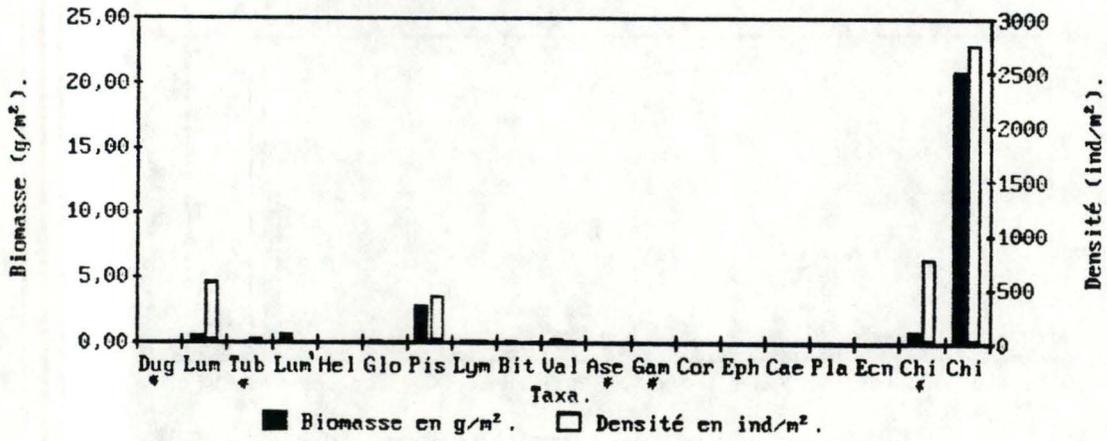


Figure 38C : Biomasses et densités des taxa représentatifs de la station 3.

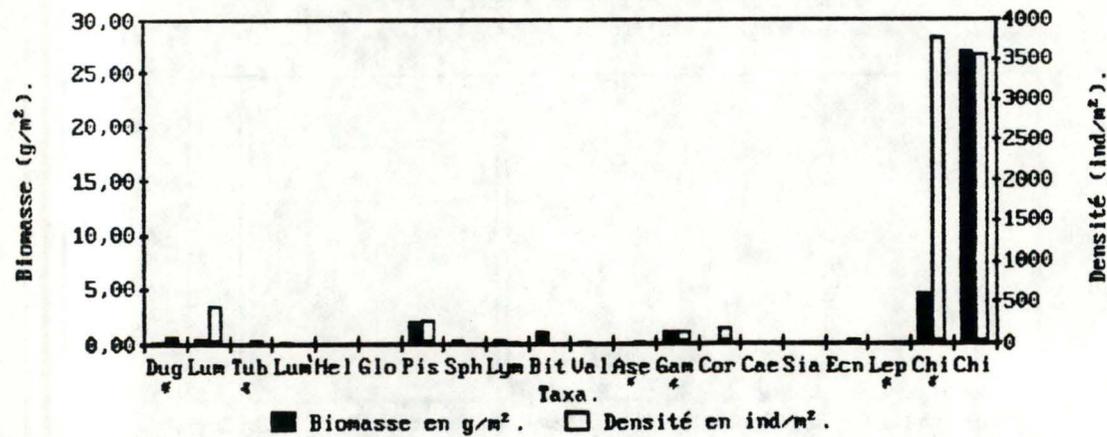


Figure 38D : Biomasses et densités des taxa représentatifs de la station 4.

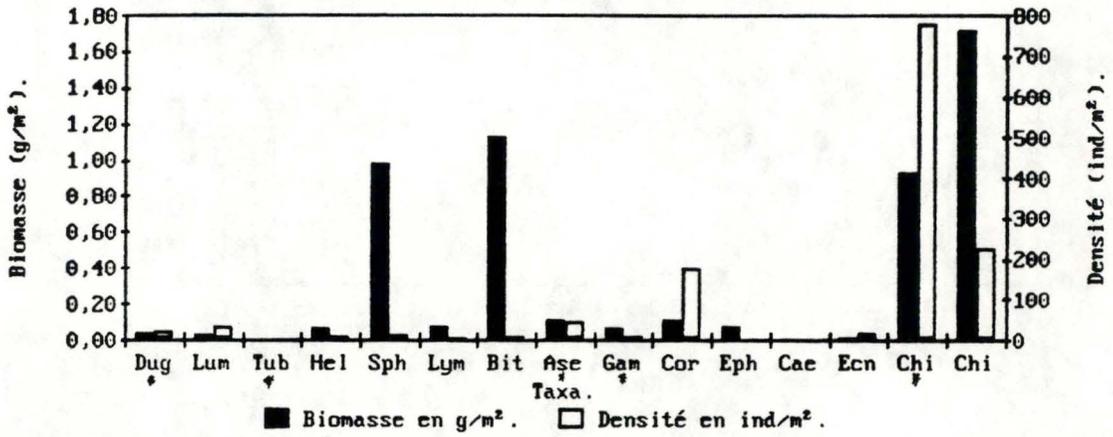


Figure 38E : Biomasses et densités des taxa représentatifs de la station 5.

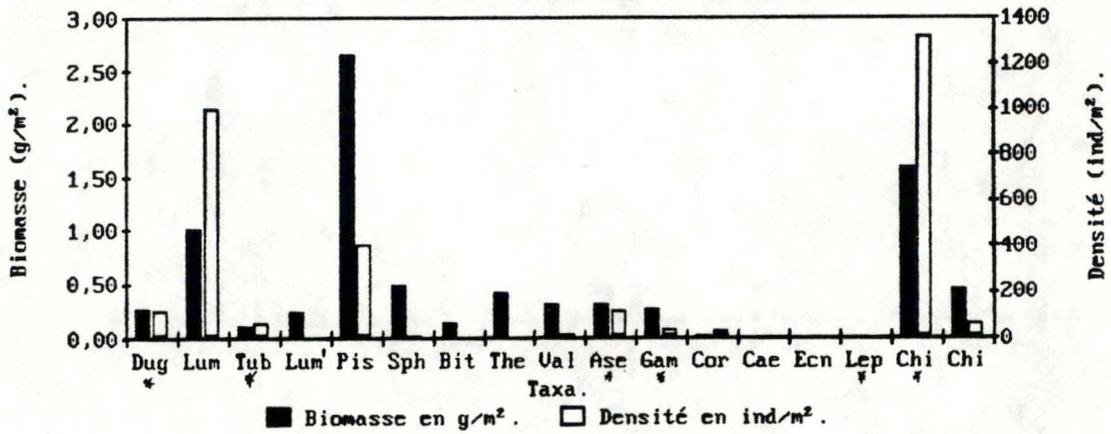


Figure 38F : Biomasses et densités des taxa représentatifs de la station 6.

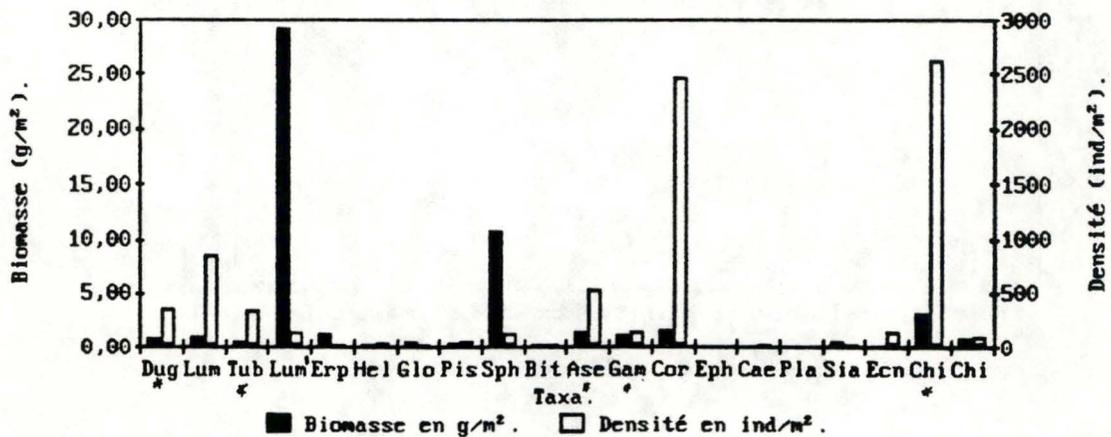


Figure 38G : Biomasses et densités des taxa représentatifs de la station 7.

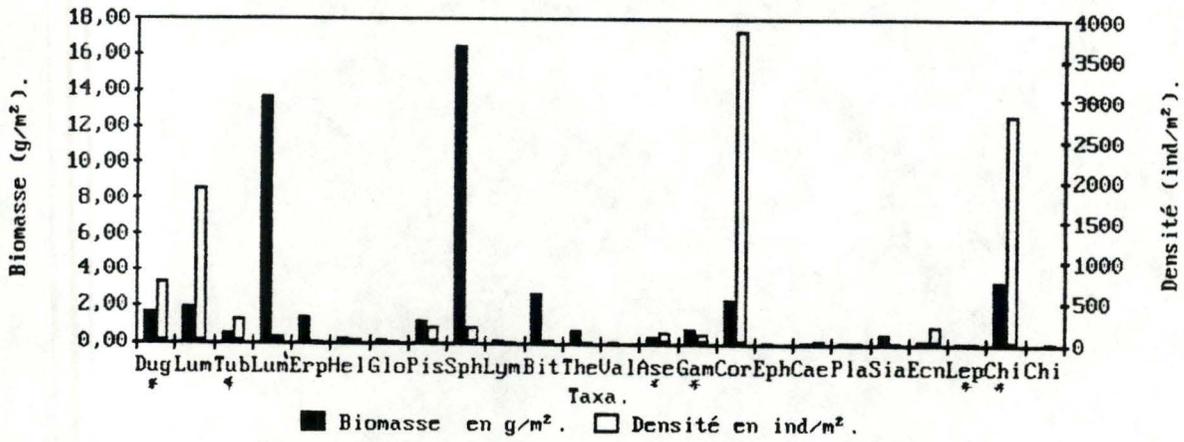


Figure 38H : Biomasses et densités des taxa représentatifs de la station 8.

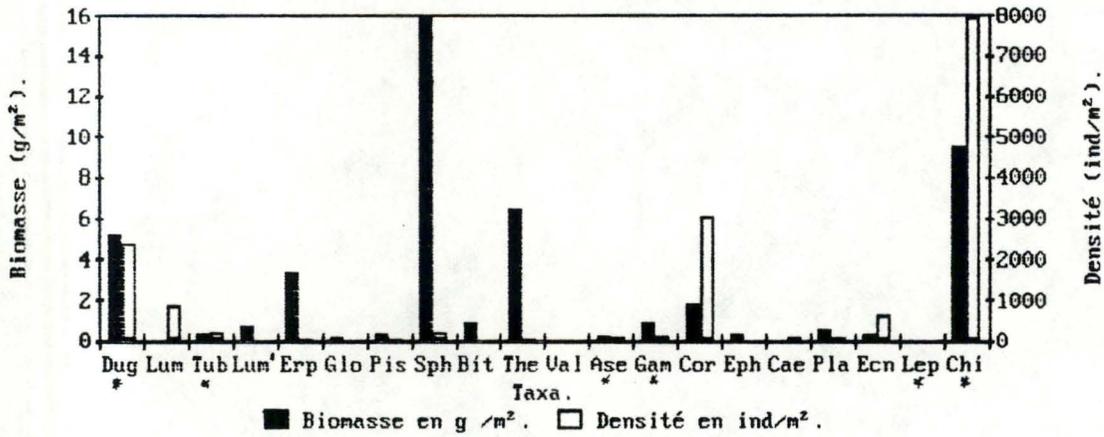
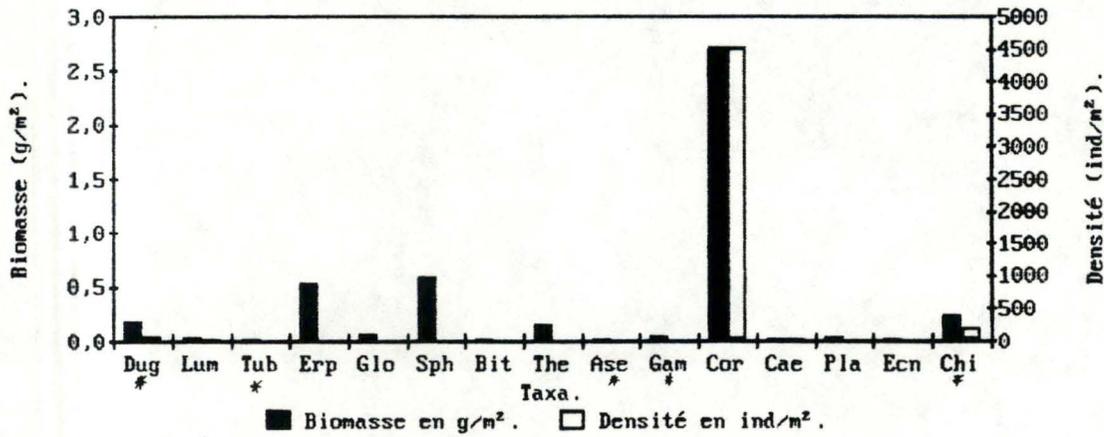


Figure 38I : Biomasses et densités des taxa représentatifs de la station 9.



Afin de mieux cerner l'importance relative des différents groupes dans l'estimation de la biomasse, certaines espèces sont regroupées en famille. Il faut signaler que les abréviations utilisées pour caractériser ces familles sont les mêmes que celles des espèces (Tableau XXII). Ces familles sont marquées d'une astérisque (*). Les genres *Ceraclea* spp. et *Mystacides* spp. sont regroupés sous la famille des Leptoceridae et les Chironomidae sont tous regroupés sous la même famille, à l'exception des *Chironomus reductus* qui constituent une biomasse importante, mesurée séparément. Une biomasse formolée moyenne par station a été établie. Les tableaux XXa à XXi et les figures 38a à 38i donnent la biomasse formolée moyenne en g/m². Nous n'avons pris en considération que les groupes bien représentés.

Dans les milieux envasés (Figures 38a, 38b, 38c), les Chironomidae et les Lumbriculidae forment des communautés benthiques très denses. La biomasse suit cette densité et est répartie entre les différents taxa y compris l'espèce *Chironomus reductus* avec plus de 20 g/m² et les autres Chironomidae. Toutefois, ces derniers ne représentent qu'une faible biomasse par rapport à celle de *Chironomus reductus*. Les Bivalves représentent également une part non négligeable de la biomasse et de la densité. La station 5 (Figure 38e), à l'inverse des autres substrats envasés, privilégie au point de vue de la biomasse, les Chironomidae (*Chironomus reductus* non compris) et les *Pisidium* spp. ainsi que quelques autres Bivalves. Ceci est à mettre en parallèle avec l'existence de la plage envasée en pente douce de cette station qui offre un support adéquat aux Mollusques Bivalves. Cette caractéristique semble également convenir aux crustacés Asellidae et Gammaridae qui montrent également une biomasse non négligeable.

Sur les substrats à composantes dures (Figures 38f, 38g, 38h), malgré la nette dominance au point de vue de la densité, des *Corophium curvispinum* et des Chironomidae par rapport aux Bivalves et particulièrement *Sphaerium* spp., les biomasses montrent quant à elles, une évolution opposée à celle des densités pour ces mêmes taxa. En effet, les Bivalves pesés avec leur coquille, représentent une biomasse beaucoup plus élevée que celle des Chironomidae

(*Chironomus reductus* non compris) ou des *Corophium curvispinum* qui participent très faiblement au point de vue de la biomasse. Les Dugesiiidae prennent une part non négligeable de la densité et de la biomasse, surtout à la station 8 (Figure 38h) avec sa plage de galets qui procure un substrat adéquat à ces Planaires. Les Lumbricidae, représentés par des individus de grandes tailles, prennent part à la biomasse de façon remarquable aux stations 6 et 7 (Figures 38f et 38g).

La station 4 (Figure 38d) avec son perré recouvert d'une coulée de béton, présente des biomasses moins importantes que celles des autres stations, toutefois, les Chironomidae et les Mollusques imposent leurs biomasses. À la station 9 (Figure 38i) sur le perré cimenté, les *Corophium curvispinum* dominent en densité et en biomasse, quelques rares Sangsues contribuent faiblement à la biomasse de ce type de substrat. Il en est de même pour les *Sphaerium* spp. Au niveau du peuplement global d'invertébrés, les mêmes phénomènes s'observent sur les substrats artificiels, réduction qualitative par disparition de certaines familles, réduction quantitative par diminution de la densité et de la biomasse globale.

En conclusion, la biomasse moyenne formolée des macroinvertébrés tend à être plus grande dans les stations à substrat envasés que celle se trouvant dans les substrats essentiellement durs et érodés. La modification du substrat et son artificialisation au point de vue des berges, entraîne une diminution du potentiel de la biomasse et de ce fait, une productivité moindre. La proportion des taxa à bonne productivité c'est-à-dire à temps de génération court (comme les Chironomidae par exemple), est plus grande dans les substrats partiellement ou totalement envasés.

3.3.2. Abondance totale et relative aux différentes stations.

3.3.2.1. Analyse de la structure des communautés benthiques.

Le traitement des données vise à montrer l'hétérogénéité de la faune des stations étudiées. Une faune hétérogène implique une diversité faunistique élevée. Les tableaux (Tableaux XVa à XVI) donnent pour chaque station, le nombre d'individus récoltés pour chaque taxon (Annexe 2). Il peut être intéressant de connaître la structure de la population, avec ses taxa dominants pour caractériser le substrat.

Les trois premières stations (stations 1, 2 et 3) à substrat essentiellement envasé, présentent des diagrammes similaires (Figures 39A, 39B, 39C), on y retrouve les mêmes espèces dominantes toutefois le nombre d'individus au sein de chaque espèce dominante varie selon la station considérée. Ces stations sont caractérisées par une faune dominée par les Lumbriculidae, les *Pisidium* spp., et deux espèces de Chironomidae, *Glyptotendipes* spp. et *Chironomus reductus*. Ce type de structure de la faune est rencontré au niveau des stations présentant un substrat envasé dominant. On comprend aisément cette distribution lorsque l'on se réfère aux adaptations au substrat de ces biocénoses typiques des zones lenticques d'un grand cours d'eau. Les trois stations présentent des faciès lenticques accentués surtout aux abords immédiats de la rive. Les microhabitats rencontrés consistent notamment en boue plus ou moins compacte avec quelques galets, pierres et blocs, constituant un substrat dur sur le substrat boueux. Les Chironomidae constituent une partie importante de la faune de ces berges en Meuse.

A l'opposé des substrats envasés, les stations à substrat entièrement dur (stations 6, 7 et 8) présentent des diagrammes légèrement différents quant aux taxa dominants (Figures 39F, 39G, 39H). Ces derniers sont surtout *Dugesia lugubris*, les Lumbriculidae, *Corophium curvispinum* et *Glyptotendipes* spp., *Asellus aquaticus* n'étant dominant qu'à la station 6. De nouveau, les mêmes espèces dominent avec des variations du nombre d'individus au sein de chaque espèce. Il semble que l'abondance des Chironomidae soit due presque exclusivement à *Glyptotendipes* spp. qui domine sur substrat dur,

Figure 39a: Structure de la communauté d'invertébrés benthiques (station 1).

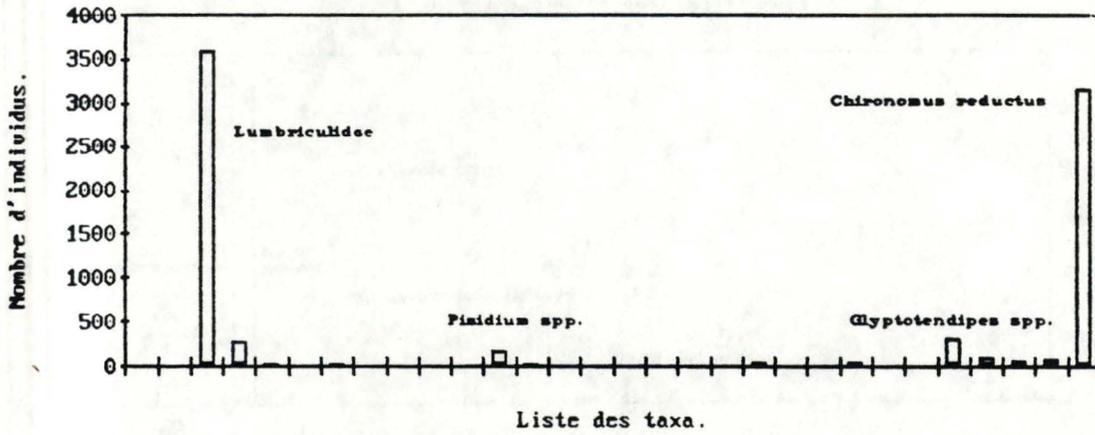


Figure 39b: Structure de la communauté d'invertébrés benthiques (station 2).

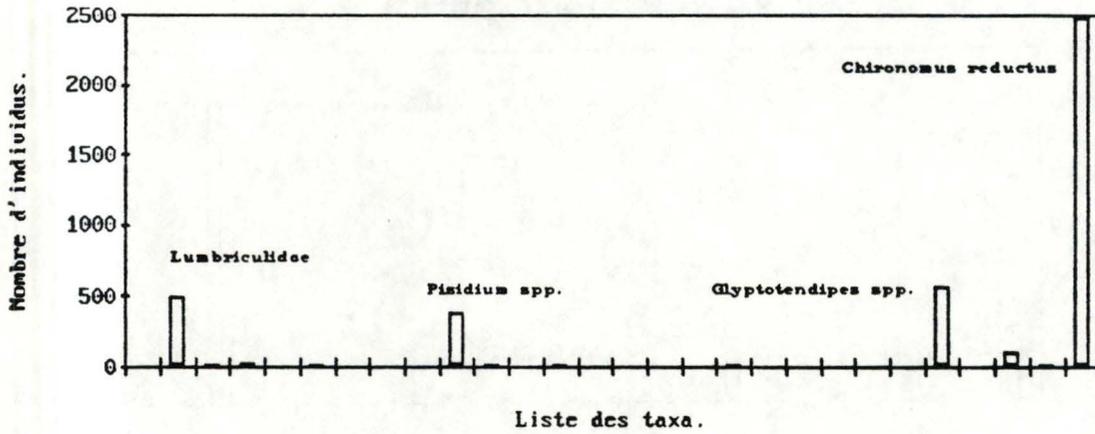


Figure 39c: Structure de la communauté d'invertébrés benthiques (station 3).

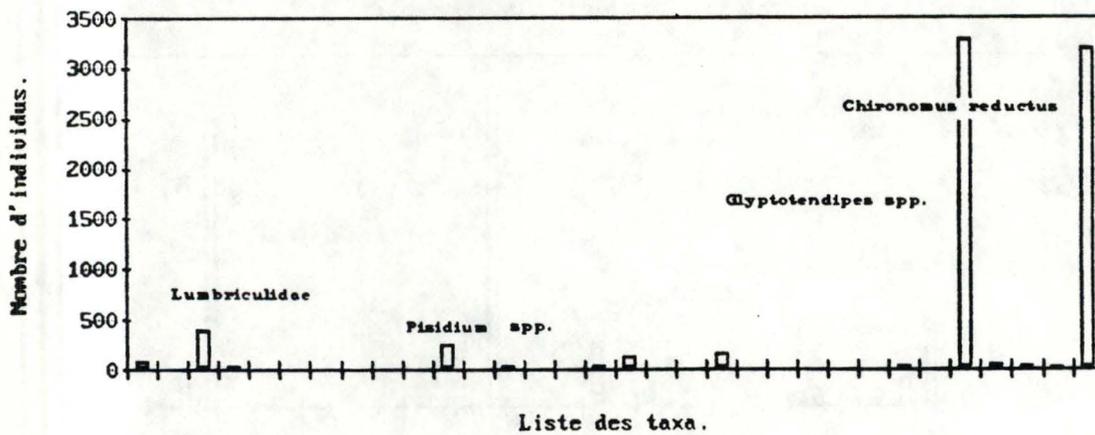


Figure 39d: Structure de la communauté d'invertébrés benthiques (station 4).

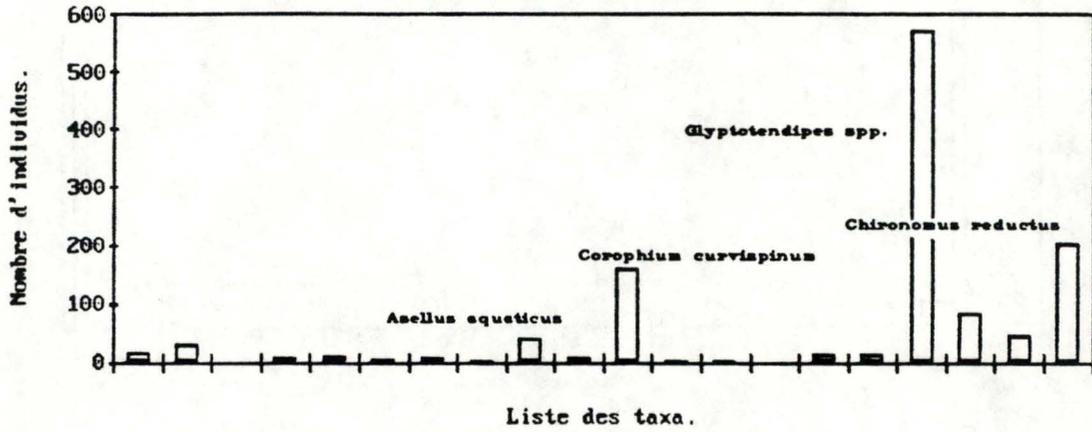


Figure 39e: Structure de la communauté d'invertébrés benthiques (station 5).

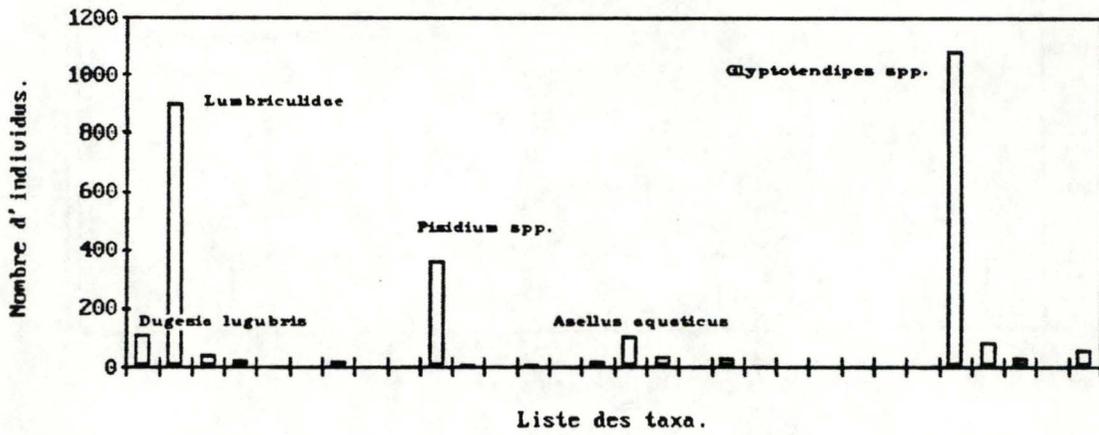


Figure 39f: Structure de la communauté d'invertébrés benthiques (station 6).

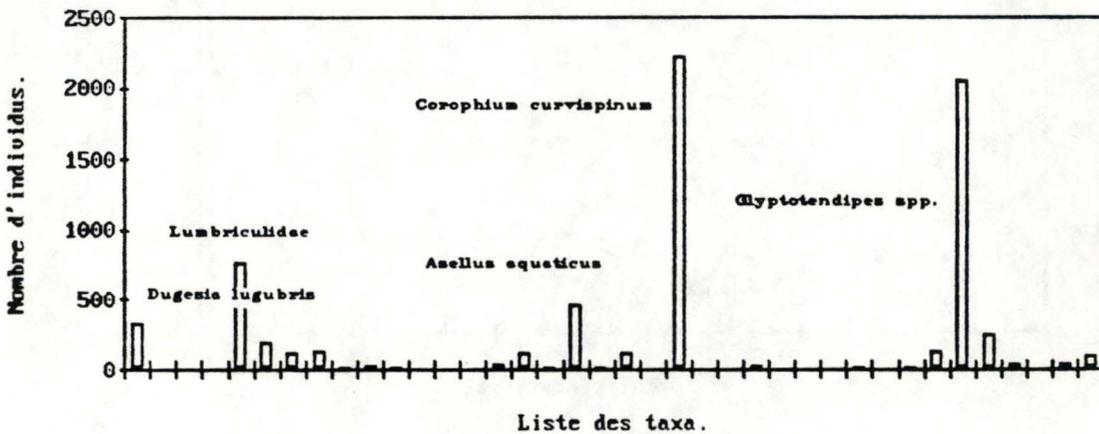


Figure 39g: Structure de la communauté d'invertébrés benthiques (station 7).

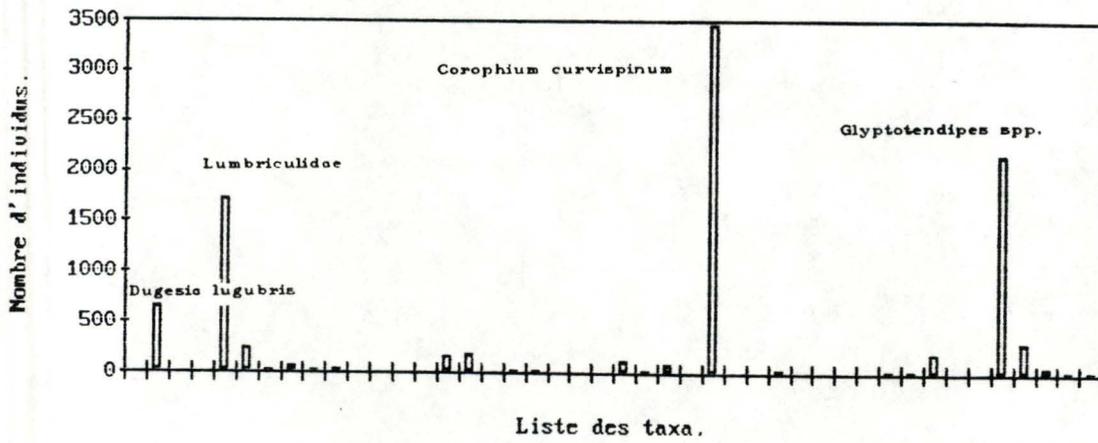


Figure 39h: Structure de la communauté d'invertébrés benthiques (station 8).

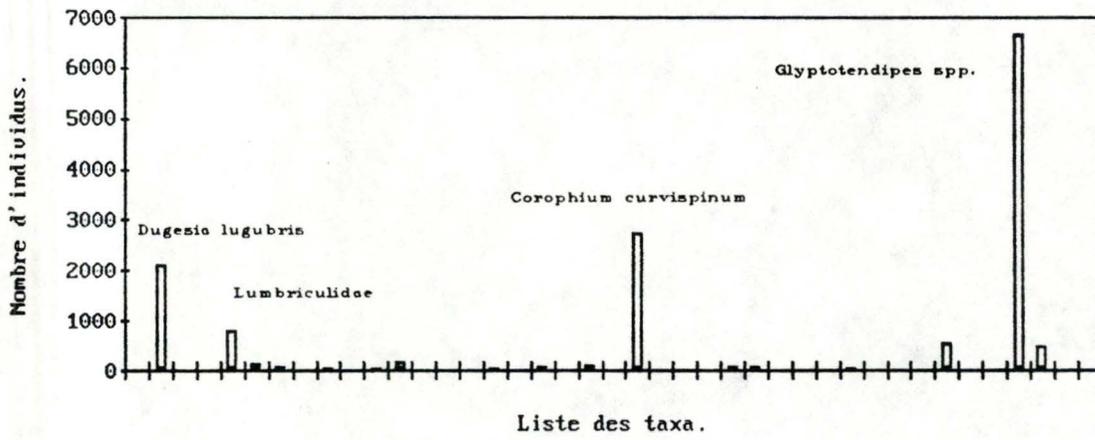
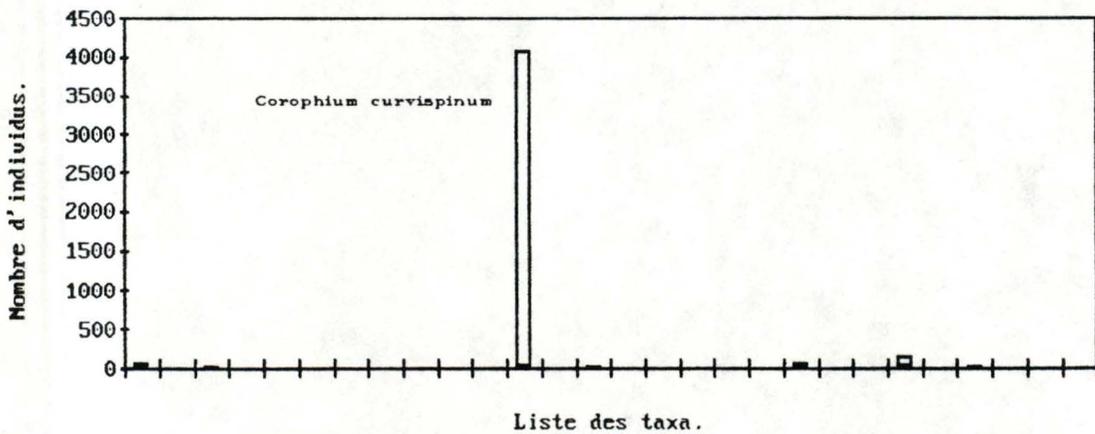


Figure 39i: Structure de la communauté d'invertébrés benthiques (station 9).



Chironomus reductus se cantonnant aux substrats typiquement envasés qui lui offrent un milieu adéquat pour son développement et un milieu moins fréquenté par d'autres espèces plus tolérantes.

Le diagramme de la station 5 (Figure 39E) présente une variante dans la dominance de certains taxa. On retrouve les Lumbriculidae, les *Pisidium* spp., et *Glyptotendipes* spp. en très grand nombre. De plus il faut mentionner l'augmentation des individus appartenant aux espèces *Dugesia lugubris* et *Asellus aquaticus* et la réduction du nombre de *Chironomus reductus*. Ces variations sont à mettre en relation avec le substrat qui se modifie petit à petit le long du bief et tend à présenter des substrats durs dominants aux dépens des substrats envasés.

Les stations 4 et 9, entièrement artificielles, sont de loin les moins bien fréquentées par les différents taxa. De toute évidence, seul *Corophium curvispinum* semble apprécier le mur cimenté oblique (station 9), substrat relativement peu colonisé par les autres espèces (Figure 39I). Enfin la station 4 présente un perré recouvert d'une coulée de béton qui se voit envahie de Chironomidae et du crustacé amphipode *Corophium curvispinum* en moins grand nombre. *Asellus aquaticus* y est présent (Figure 39D). La mince couche de sédiments déposée sur le béton rugueux du perré offre un maigre support à ces organismes.

Le taxon qui semble être dominant, car présent de façon significative dans les huit premières stations au niveau des berges de la Meuse, est la famille des Chironomidae. Cette famille de Diptères est peu exigeante quant aux conditions offertes par le milieu et peut par conséquent coloniser tous les substrats. On remarquera cependant la préférence des *Chironomus reductus* pour un substrat typiquement envasé, et celle des *Glyptotendipes* spp. pour un substrat essentiellement dur.

3.3.2.2. Comparaison des stations en fonction des groupes taxonomiques.

Les groupes qui représentent l'ensemble de la faune, sont les Triclades, les Oligochètes, les Hirudinées, les Bivalves, les Gastéropodes, les Isopodes, les

Amphipodes, les Décapodes, les Ephéméroptères, les Odonates, les Coléoptères, les Hétéroptères, les Mégaloptères, les Trichoptères et les Diptères (Tableaux XXIII et XXIII'). Ce paragraphe a pour objectif de comparer le nombre d'individus récoltés pour chaque groupe taxonomique, et le pourcentage de ce groupe de taxa au sein de la population de la station afin de nuancer les résultats précédents.

- Les Triclades (Figures 40a et 40b) : Le site pour lequel la proportion de Triclades est la plus grande est sans aucun doute, la plage de galets de la station 8. Que ce soit pour le nombre d'individus récoltés (2119 individus) ou la proportion de Triclades dans la faune de la station, c'est la zone la plus colonisée. Près de 15 % des individus récoltés sur ce substrat sont des Triclades et plus particulièrement *Dugesia lugubris*. Les stations suivantes dans le préférendum des Triclades sont les stations à substrat composé d'éléments durs tels que les galets, pierres et blocs c'est-à-dire les stations 6 et 7. Ces dernières présentent la même diversité de Triclades avec quatre taxa, comme pour la station 8, tout en ayant respectivement 4,5 % et 7 % de la population.

- Les Oligochètes (Figures 41a et 41b) : Le diagramme concernant ce groupe montre la place importante prise par les Oligochètes à la station 1 (50 %) et à la station 5 (33 %). Ce résultat est fonction du milieu typiquement vaseux, idéal pour les taxa limnophiles et limnivores. Quelques stations sont peu recolonisées, le perré recouvert d'un coulée de béton (2,5 %) et le mur cimenté (0,5 %). Ces deux stations n'ont aucune zone profonde à substrat meuble, vitale pour les Oligochètes. Les autres stations présentent au niveau du substrat des caractéristiques intermédiaires et par conséquent des proportions d'Oligochètes intermédiaires.

Tableau de synthèse des données rassemblées en grands groupes taxonomiques
 Tableau XXIII: (Waulsort, septembre 1989).

Taxa / Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Abondance totale
<i>Dugesia tigrina</i>							2	2		4
<i>Dugesia lugubris</i>	2	4	80	17	108	321	649	2114	70	3365
<i>Polycelis</i> sp.						1				1
<i>Dendrocoelum lactum</i>						4	1	3		8
TRICLADES	2	4	80	17	108	326	652	2119	70	3378
Lumbriculidae	3587	495	400	29	897	762	1707	780	28	8685
Tubificidae	269	7	31	1	36	192	237	128	3	904
<i>Branchiura sowerbyi</i>	20	18	3		22	110	16	61		250
Lumbricidae	1	3	1		1	124	58	3		191
OLIGOCHETES	3877	523	435	30	956	1188	2018	972	31	10030
<i>Eprobdeella octoculata</i>						13	15	38	6	72
<i>Helobdella stagnalis</i>	20	8	1	8		24	30			91
<i>Glossiphonia complanata</i>	1	3	2			14	5	6	2	33
<i>Piscicola geometra</i>			3		3		2			8
HIRUDINEES	21	11	6	8	3	51	52	44	8	204
<i>Unio pictorum</i>	10	4	7		16	2	4			43
<i>Unio crassus</i>	1				1	1				3
<i>Anodonta anatina</i>	5	1			2	1	9			18
<i>Pisidium</i> spp.	157	378	258		359	37	161	39		1389
<i>Sphaerium</i> spp.	13		4	10	5	109	168	162	6	477
<i>Dreissena polymorpha</i>							1	3		4
BIVALVES	186	383	269	10	383	150	343	204	6	1934
<i>Lymnaea</i> spp.	4	13	26	5			11			59
<i>Ancylus fluviatilis</i>								3		3
<i>Bithynia tentaculata</i>	6	1	8	9	1	12	21	7	1	66
<i>Viviparus viviparus</i>	1			3	5		1			10
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	5				3		5	47	1	61
<i>Valvata piscinalis</i>	1	12	9		14		1	1		38
GASTEROPODES	17	26	43	17	23	12	39	58	2	237
<i>Asellus aquaticus</i>	3	6	28	39	105	456	108	60	6	811
<i>Proasellus meridianus</i>						13	10	7		30
ISOPODES	3	6	28	39	105	469	118	67	6	841
<i>Gammarus pulex</i>	38	5	134	7	31	114	85	89	5	508
<i>Gammarus roeselii</i>	1	1	1							3
<i>Echinogammarus berilloni</i>	1	1	1		1	6	5	18		33
<i>Corophium curvispinum</i>	31	8	158	159	25	2216	3461	2736	4071	12865
AMPHIPODES	71	15	294	166	57	2336	3551	2843	4076	13409
<i>Orconectes limosus</i>					1	4	2	1		8
DECAPODES	0	0	0	0	1	4	2	1	0	8

Tableau de synthèse des données rassemblées en grands groupes taxonomiques
 Tableau X XIII: (Waulsort, septembre 1989).

Taxa / Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Abondance totale
<i>Ephemera danica</i>		1		2		2	1	9		15
<i>Ecdyonurus</i> sp.								1	1	2
<i>Caenis</i> spp.		2	9	2	3	23	29	74	19	161
<i>Baetis</i> spp.						1	4		8	13
EPHEMEROPTÈRES	0	3	9	4	3	26	34	84	28	191
<i>Gomphus vulgatissimus</i>					1					1
<i>Platycnemis pennipes</i>		1				1	3	54	3	62
<i>Calopteryx virgo</i>								4		4
ODONATES	0	1	0	0	1	1	3	58	3	67
<i>Elmis</i> spp.									1	1
<i>Limnius</i> sp.	2		2	1		1	1	3	2	12
Dystiscidae	2		7				1			10
COLEOPTÈRES	4	0	9	1	0	1	2	3	3	23
<i>Aphelocheirus aestivalis</i>			1					1	8	10
HETEROPTÈRES	0	0	1	0	0	0	0	1	8	10
<i>Sialis nigripes</i>			2			11	10			23
MEGALOPTÈRES	0	0	2	0	0	11	10	0	0	23
<i>Hydropsyche contubernalis</i>								48	55	103
<i>Hydropsyche exocellata</i>								3	2	5
<i>Neuriclipis bimaculata</i>						1		18		19
<i>Cynurus trimaculatus</i>		1		12	2	7	17	3		42
<i>Ecnomus tenellus</i>		5	32	13	2	121	187	543	10	913
<i>Ceraclea</i> spp.							5	9		14
<i>Mystacides</i> spp.			3		1		2	5		11
TRICHOPTÈRES	0	6	35	25	5	129	211	629	67	1107
<i>Glyptotendipes</i> spp.	301	572	3281	570	1081	2053	2155	6643	135	16791
<i>Microtendipes</i> spp.	93	5	54	83	82	245	305	474	3	1344
<i>Dicrotendipes</i> spp.	55	107	38	45	25	31	61		29	391
<i>Pentareura</i> spp.					2	6	12	8	2	30
<i>Procladius</i> spp.	81	8	20			31			2	142
<i>Chironomus reductus</i>	3165	2478	3192	202	55	87	15			9194
<i>Atherix ibis</i>								2	3	5
DIPTÈRES	3695	3170	6585	900	1245	2453	2548	7127	174	27897

Figure 40a: Nombre de Triclares dans les différentes stations.

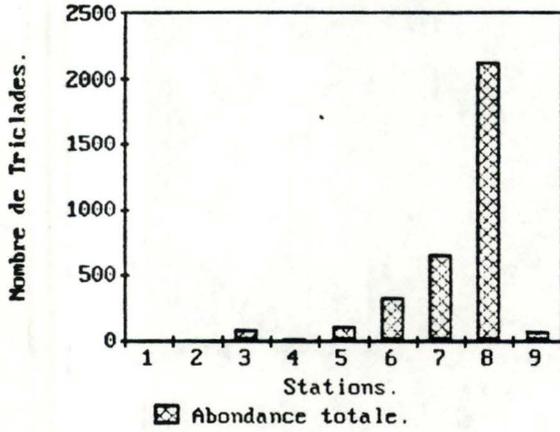


Figure 40b: Proportions de Triclares dans les différentes stations.

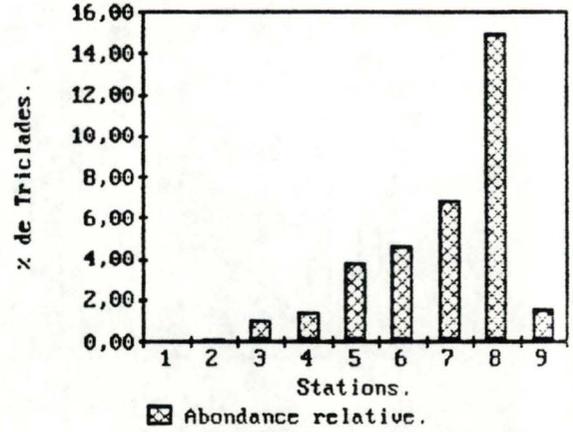


Figure 41a: Nombre d'Oligochètes dans les différentes stations.

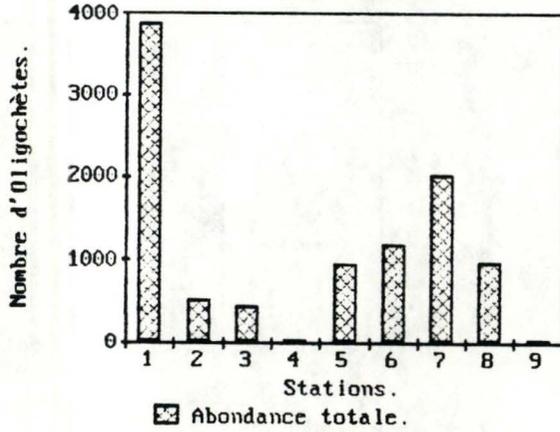


Figure 41b: Proportions d'Oligochètes dans les différentes stations.

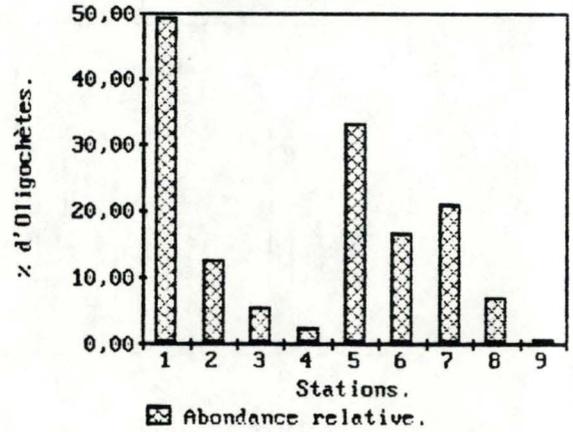


Figure 42a: Nombre d'Hirudinées dans les différentes stations.

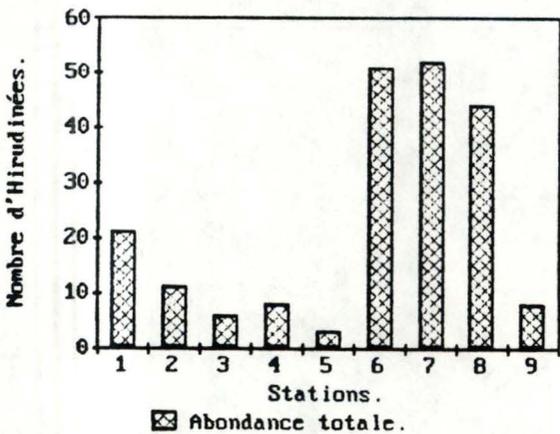


Figure 42b: Proportions d'Hirudinées dans les différentes stations.

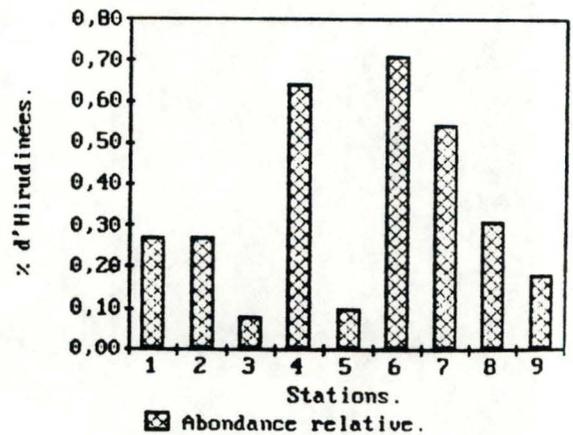


Figure 43a: Nombre de Bivalves dans les différentes stations.

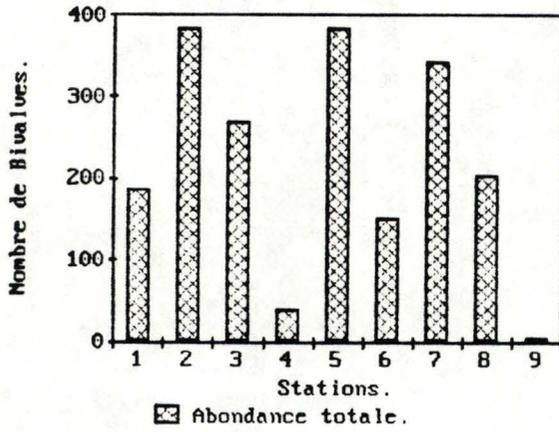


Figure 43b: Proportions de Bivalves dans les différentes stations.

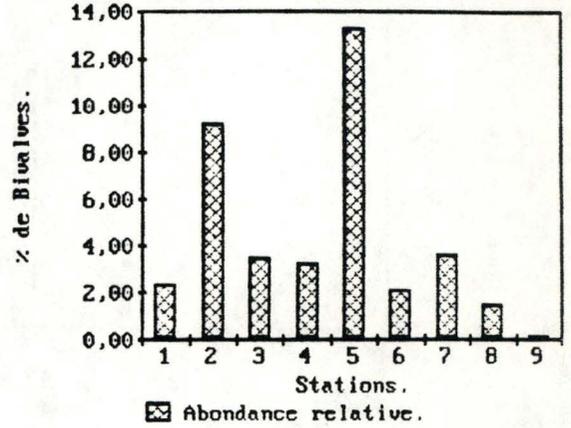


Figure 44a: Nombre de Gastéropodes dans les différentes stations.

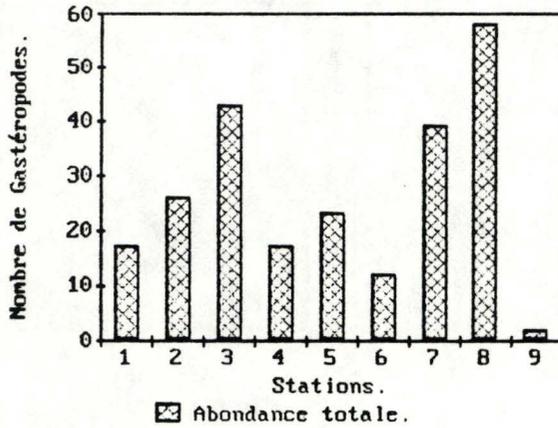


Figure 44b: Proportions de Gastéropodes dans les différentes stations.

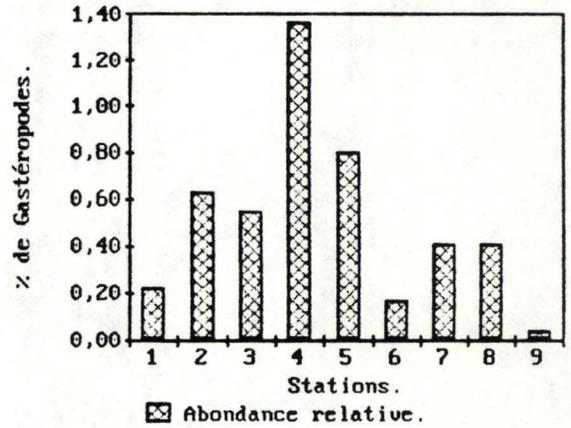


Figure 45a: Nombre d'Isopodes dans les différentes stations.

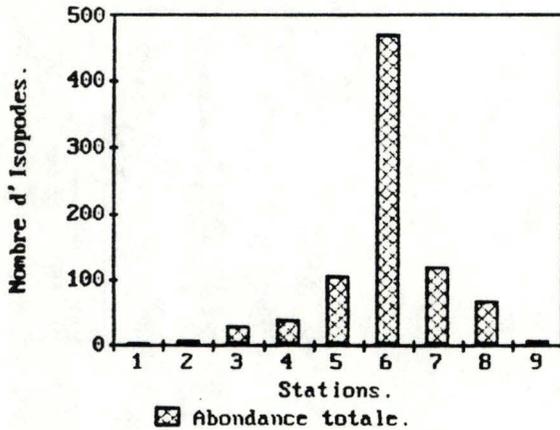
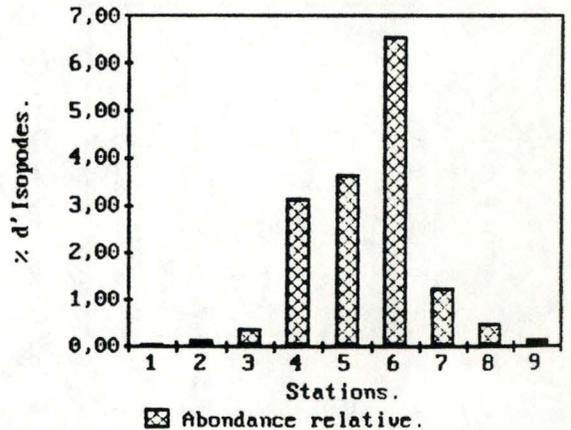


Figure 45b: Proportions d'Isopodes dans les différentes stations.



- Les Hirudinées (Figures 42a et 42b) : Les substrats naturels entièrement durs forment les stations contenant le plus de Sangsues. Ce taxon représente respectivement 0,50 %, 0,70 % et 0,30 % de la faune des stations 6, 7 et 8. La proportion des Hirudinées est également élevée à la station 4 avec 0,65 % mais cette proportion ne représente que 8 individus sur le perré à coulée de béton. Ce groupe est absent ou peu représenté aux autres stations.

- Les Bivalves (Figures 43a et 43b) : La plage naturelle vaseuse le long de la prairie est particulièrement colonisée, c'est le site à Unionidae par excellence. Cette cinquième station présente une faune comprenant 13 % de Bivalves dont *Pisidium* spp. en grande proportion. La station 2, de substrat plus ou moins similaire montre une proportion moins importante mais tout de même conséquente par rapport aux autres stations. Ceci est sans doute dû à sa pente plus inclinée. Ce sont des milieux avec un faible courant suffisant pour les filtreurs. Les substrats artificiels semblent tout à fait inadéquats pour les Bivalves.

- Les Gastéropodes (Figures 44a et 44b) : Toutes les stations semblent se partager la distribution des Gastéropodes avec un léger préférendum pour les substrats partiellement envasés. Une microflore servant de nourriture et un substrat constitué de galets, de pierres et de blocs, correspondent aux biotopes favorables à la majorité des Gastéropodes. L'importance prise par ce groupe à la station 4 n'est qu'apparente, on y compte seulement 17 individus, les perrés (stations 4, 6 et 9) semblent donc ne pas convenir à ces Mollusques.

- Les Isopodes (Figures 45a et 45b) : Ce taxon colonise surtout le perré à sec (6,5 % de la faune). Il est certain que la structure du substrat à cette sixième station, présente des caractéristiques adéquates au développement de ce groupe, à savoir, un faciès lentique, des végétaux en bordure de berge fournissant un apport considérable de nourriture lors de la chute des feuilles et une plage de graviers et de galets.

- Les Amphipodes (Figures 46a et 46b) : Quatre stations sont occupées par un nombre important de ces crustacés. La caractéristique commune des stations 6, 7, 8 et 9 est sans doute le substrat caillouteux et le perré cimenté près du barrage. On compte des variations de 2000 à 4000 individus selon la station considérée et c'est surtout *Corophium curvispinum* qui abonde au dépend des Gammaridae. Il est à noter que plus de 90 % des individus de la station 9 sont des *Corophium curvispinum*.

- Les Décapodes (Figures 47a et 47b) : Etant donné le nombre peu élevé d'individus récoltés, il faut être prudent dans l'interprétation. Toutefois, la tendance à coloniser les substrats faits de galets, de pierres et de blocs c'est-à-dire les habitats présentant de nombreuses caches tels que les enrochements, se dessine de façon remarquable.

- Les Ephéméroptères (Figures 48a et 48b) : C'est à la station 8 que le substrat est le plus colonisé avec 84 individus. *Caenis* spp. semble être le taxon qui domine. Il semble également que ce substrat fait de galets soit favorable à ce groupe. Car les autres stations au substrat de même texture présentent de façon indéniable un nombre d'individus plus ou moins élevé, alors que les substrats envasés semblent défavorables à ce taxon. Notons la proportion des *Caenis* spp. et des *Baetis* spp. à la station 9 avec 28 individus.

- Les Odonates (Figures 49a et 49b) : La distribution du taxon est typique : on ne retrouve *Calopteryx virgo* et *Platycnemis pennipes* en forte abondance qu'à la station 8. Il est évident que d'une part, le substrat caillouteux et que d'autre part la proximité du barrage sont deux facteurs influençant cette distribution.

- Les Coléoptères (Figures 50a et 50b) : L'abondance de ces insectes à la station 3 est évident sans pour cela entraîner une nette préférence pour ce substrat étant donné le faible nombre d'individus récoltés dans chaque station. Les deux types de substrat, envasés et pierreux sont colonisés.

Figure 46a: Nombre d'Amphipodes dans les différentes stations.

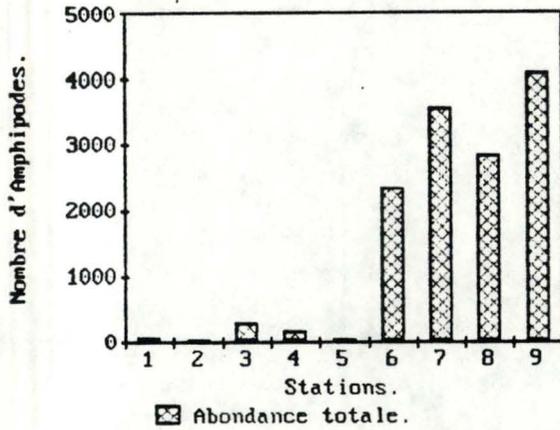


Figure 46b: Proportions d'Amphipodes dans les différentes stations.

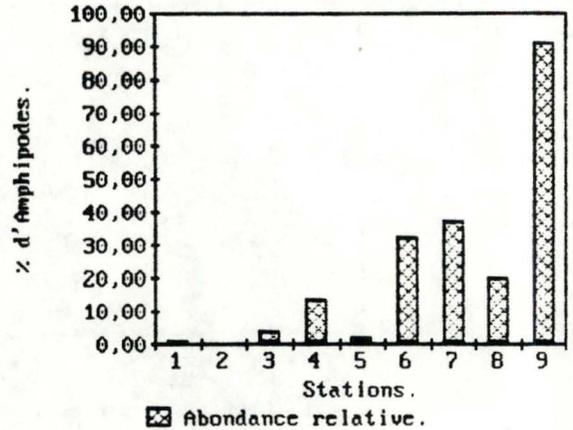


Figure 47a: Nombre de Décapodes dans les différentes stations.

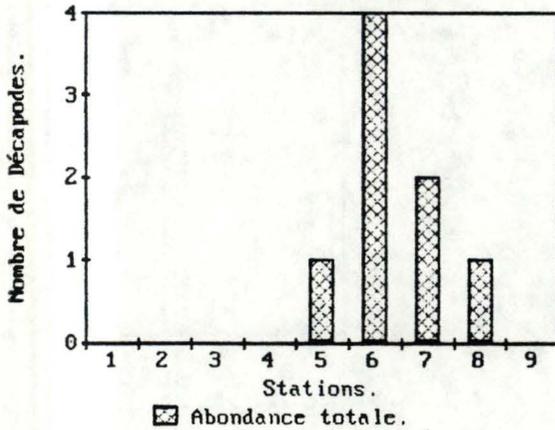


Figure 47b: Proportions de Décapodes dans les différentes stations.

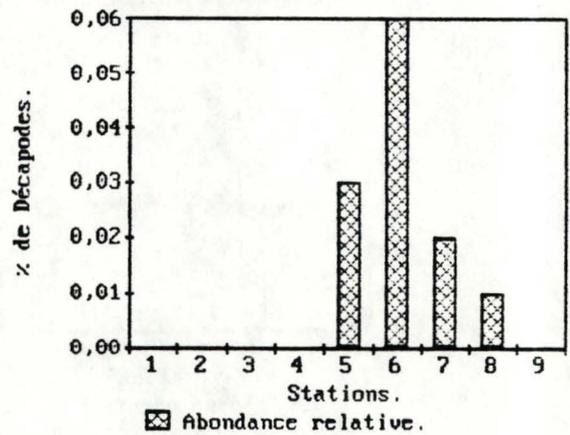


Figure 48a: Nombre d'Ephéméroptères dans les différentes stations.

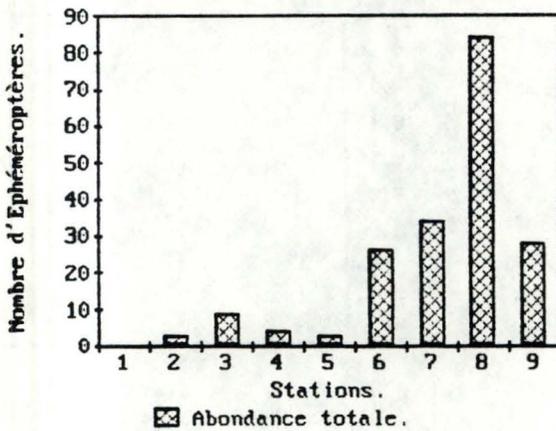


Figure 48b: Proportions d'Ephéméroptères dans les différentes stations.

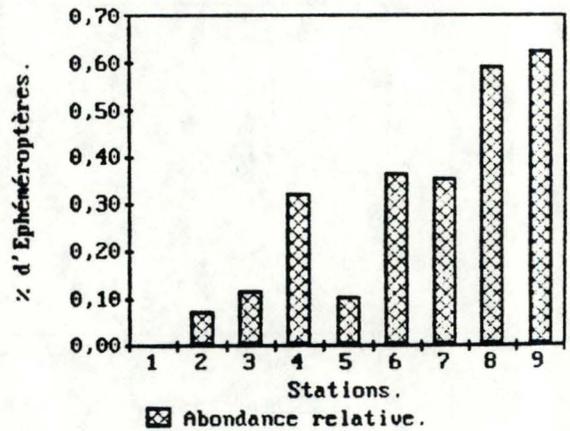


Figure 49a: Nombre d'Odonates dans les différentes stations.

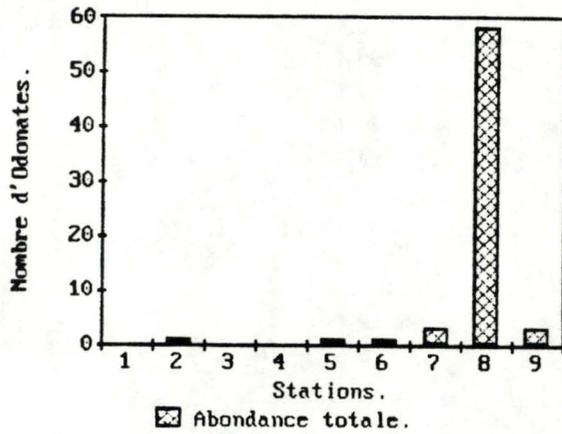


Figure 49b: Proportions d'Odonates dans les différentes stations.

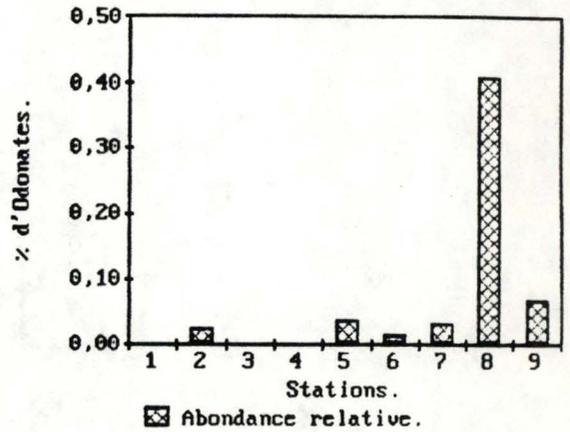


Figure 50a: Nombre de Coléoptères dans les différentes stations.

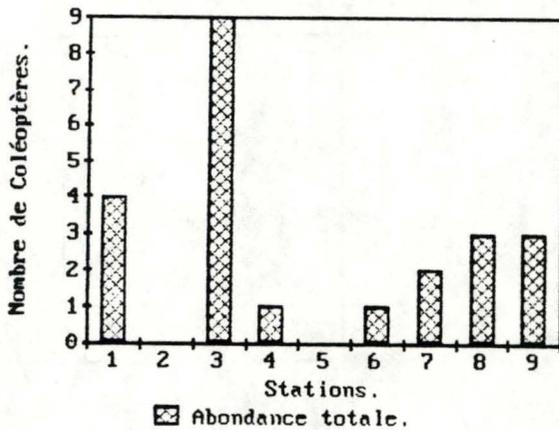


Figure 50b: Proportions de Coléoptères dans les différentes stations.

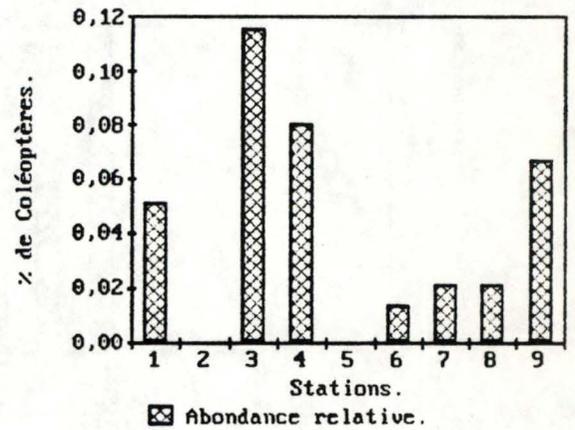


Figure 51a: Nombre d'Hétéroptères dans les différentes stations.

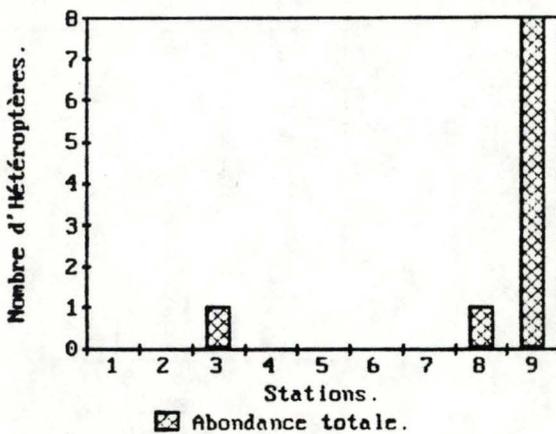
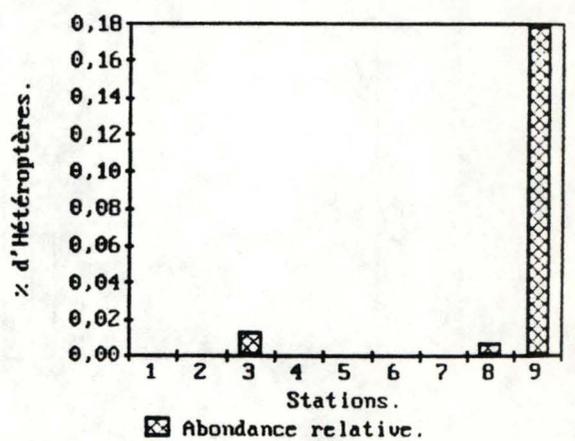


Figure 51b: Proportions d'Hétéroptères dans les différentes stations.



- Les Héteroptères (Figures 51a et 51b) : Le nombre d'Hétéroptères *Aphelocheirus aestivalis* récolté est également faible mais présente un maximum de 8 individus à la station 9 c'est-à-dire le perré cimenté à proximité du barrage. Ce substrat et surtout le caractère lotique de cette station, sembleraient constituer le biotope le plus accueillant pour cette espèce et permettre une meilleure recolonisation par ces insectes plus ou moins rhéophiles.

- Les Mégaloptères (Figures 52a et 52b) : Deux stations, la 6 et la 7, sont nettement marquées par la présence de *Sialis nigripes*. Une fois de plus, le faible nombre d'individus récolté peut donner une importance non justifiée à ce taxa pour ce type de substrat.

- Les Trichoptères (Figures 53a et 53b) : Les stations au niveau desquelles les proportions de Trichoptères sont les plus élevées sont des stations à substrat dur artificiel ou naturel. Le nombre d'individus récoltés (629 individus) ou la proportion de Trichoptères dans la faune montre que la station 8 est la plus colonisée, surtout par l'espèce *Ecnomus tenellus* avec 543 individus. Les perrés à coulée de béton et cimentés ont de grandes proportions en Trichoptères mais le nombre d'individus reste faible malgré tout.

- Les Diptères (Figures 54a et 54b) : La station 3 présente le plus grand nombre de Diptères avec plus de 6500 individus. Une autre station possède un nombre plus important, la station 8, avec plus de 7000 individus. Les espèces en présence sont cependant distinctes. Le substrat exclusivement pierreux de la station 8 est principalement colonisé par le genre *Glyptotendipes* spp. alors que le substrat envasé mais présentant quelques composantes dures de la station 3, est envahi par cette même espèce accompagnée de *Chironomus reductus*, typique des milieux strictement envasés des fleuves. Dans toutes les stations, on rencontre donc un nombre variable d'individus Chironomidae, ce nombre est très faible aux stations à berges artificielles 4 et 9. Les proportions varient également et ont tendance à comprendre des individus de l'une ou l'autre des espèces précitées en fonction de la texture des substrats. Notons que quelques

Figure 52a: Nombre de Mégaloptères dans les différentes stations.

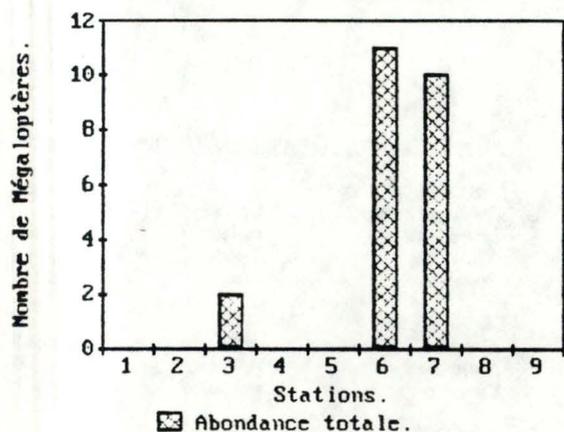


Figure 52b: Proportions de Mégaloptères dans les différentes stations.

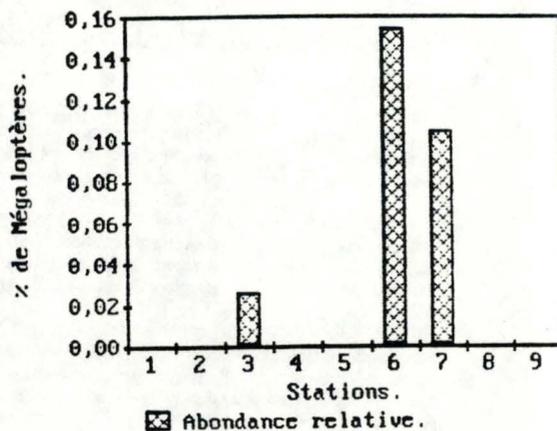


Figure 53a: Nombre de Trichoptères dans les différentes stations.

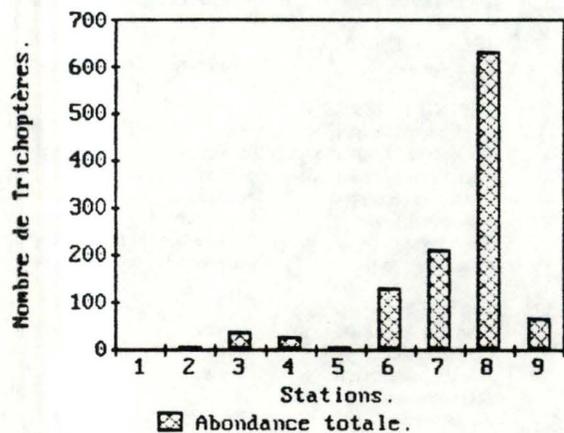


Figure 53b: Proportions de Trichoptères dans les différentes stations.

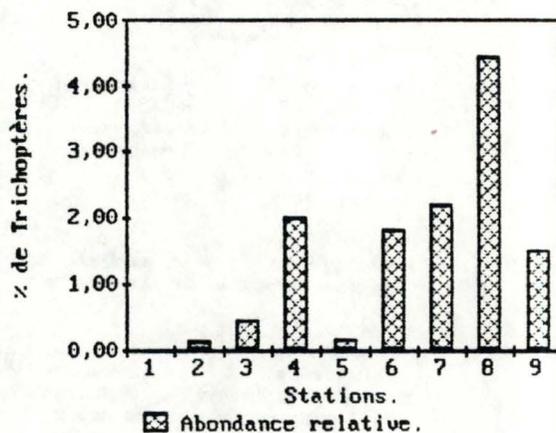


Figure 54a: Nombre de Diptères dans les différentes stations.

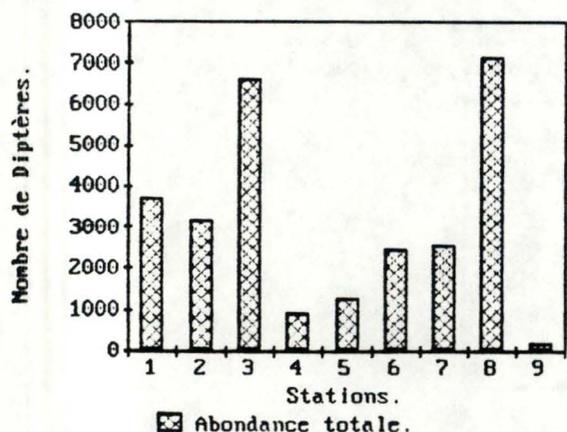


Figure 54b: Proportions de Diptères dans les différentes stations.

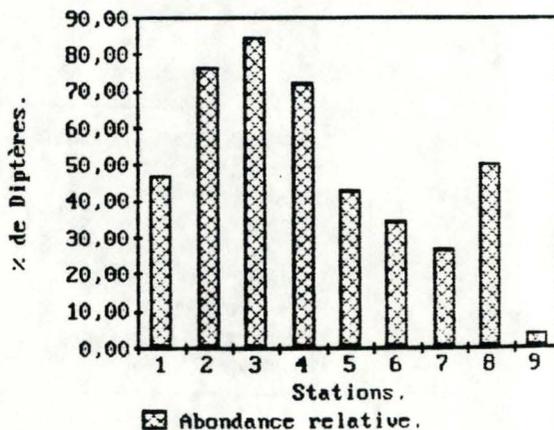


Tableau XXIV: Liste des taxa accompagnés de leur mode nutritionnel et des faciès préférés.
(d'après BOURNEAUD, TACHET, RICHOUX, 1980).

Nom du taxon	Groupe fonctionnel	Faciès	Nom du taxon	Groupe fonctionnel	Faciès
TRICLADES			EPHEMEROPTERES		
<i>Dugesia tigrina</i>	prédateur suceur.	rhéophile.	<i>Ephemera danica</i>	broyeur détritivore.	rhéophile.
<i>Dugesia lugubris</i>	prédateur suceur.	rhéophile.	<i>Ecdyonurus</i> sp.	racleur.	rhéophile.
Planariidae	prédateur suceur.	rhéophile.	<i>Caenis</i> spp.	broyeur détritivore.	rhéophile.
<i>Dendrocoelum lactum</i>	prédateur suceur.	rhéophile.	<i>Baetis</i> spp.	brouteur.	rhéophile.
OLIGOCHETES			ODONATES		
Lumbriculidae	mangeur de substrat.	sthéophile.	<i>Gomphus vulgatissimus</i>	prédateur.	limnophile.
Tubificidae	mangeur de substrat.	limnophile.	<i>Platycnemis pennipes</i>	prédateur.	limnophile.
Lumbricidae	mangeur de substrat.	limnophile.	<i>Calopteryx virgo</i>	prédateur.	limnophile.
HIRUDINEES			COLEOPTERES		
<i>Eprobodella octoculata</i>	prédateur avalueur.	rhéophile.	<i>Elmis</i> spp.	brouteur.	rhéophile.
<i>Helobdella stagnalis</i>	suceur.	limnophile.	<i>Limnius</i> sp.	brouteur.	rhéophile.
<i>Glossiphonia complanata</i>	suceur.	sthéophile.	Dystiscidae	prédateur.	limnophile.
<i>Piscicola geometra</i>	suceur.	limnophile.	HETEROPTERES		
LAMELLIBRANCHES			<i>Aphelocheirus aestivalis</i>	prédateur suceur.	sthéophile.
<i>Unio pictorum</i>	filtreur.	limnophile.	MEGALOPTERES		
<i>Unio crassus</i>	filtreur.	limnophile.	<i>Sialis nigripes</i>	prédateur.	limnophile.
<i>Anodonta anatina</i>	filtreur.	limnophile.	TRICHOPTERES		
<i>Pisidium</i> spp.	filtreur.	sthéophile.	<i>Hydropsyche erosellata</i>	filtreur.	rhéophile.
<i>Sphaerium</i> spp.	filtreur.	sthéophile.	<i>Hydropsyche contubernalis</i>	filtreur.	rhéophile.
<i>Dreissena polymorpha</i>	filtreur.	limnophile.	<i>Neureclipsis bimaculata</i>	prédateur.	rhéophile.
GASTEROPODES			<i>Cyrtus trimaculatus</i>	prédateur.	rhéophile.
<i>Lymnaea</i> spp.	brouteur-racleur.	limnophile.	<i>Ecnemus tenellus</i>	prédateur.	sthéophile.
<i>Ancylus fluviatilis</i>	racleur.	rhéophile.	<i>Ceraclea</i> spp.	broyeur omnivore.	sthéophile.
<i>Bithynia tentaculata</i>	brouteur-racleur.	limnophile.	<i>Mystacides</i> spp.	broyeur omnivore.	sthéophile.
<i>Viviparus viviparus</i>	brouteur-racleur.	limnophile.	DIPTERES		
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	racleur.	rhéophile.	<i>Chironomus reductus</i>	filtreur.	limnophile.
<i>Valvata piscinalis</i>	racleur.	limnophile.	<i>Glyptotendipes</i> spp.	filtreur.	limnophile.
ISOPODES			<i>Microtendipes</i> spp.	filtreur.	limnophile.
<i>Asellus aquaticus</i>	broyeur détritivore.	limnophile.	<i>Dicrotendipes</i> spp.	filtreur.	limnophile.
<i>Proasellus meridianus</i>	broyeur détritivore.	limnophile.	<i>Pantaneura</i> spp.	filtreur.	limnophile.
AMPHIPODES			<i>Procladius</i> spp.	filtreur.	limnophile.
<i>Gammarus pulex</i>	broyeur omnivore.	rhéophile.	<i>Atherix ibis</i>	prédateur suceur.	rhéophile.
<i>Gammarus roeselii</i>	broyeur omnivore.	rhéophile.			
<i>Echinogammarus berilloni</i>	broyeur omnivore.	rhéophile.			
<i>Corophium curvispinum</i>	broyeur omnivore.	rhéophile.			
DECAPODES					
<i>Orconectes limosus</i>	broyeur omnivore.	limnophile.			

Tableau XXV: Liste des abréviations utilisées pour les différents groupes fonctionnels.

Groupes fonctionnels.	Abréviations.
Broyeur Détritivore	D
Broyeur Omnivore	O
Brouteur	B
Racleur	R
Suceur	S
Filtreur	F
Limnivores	L
Prédateurs	P

individus de l'espèce *Atheryx ibis* ne se rencontrent qu'à proximité du barrage, ils témoignent de la teneur élevée en oxygène dissous dans l'eau.

3.3.2.3. Comparaison des stations en fonction des groupes fonctionnels.

Il s'agit de classer les taxa en fonction de leur mode de nutrition. Ce traitement des données complète les analyses précédentes. Différentes catégories de macroinvertébrés peuvent être établies en fonction de leur manière de récolter la nourriture d'une part, et d'autre part, en fonction de la taille et de la nature de cette nourriture. Le tableau XXIV donne la liste de référence des taxa et de leur groupe fonctionnel, les abréviations utilisées se trouvent au tableau XXV.

Les broyeurs détritvres recherchent les macrophytes en voie de décomposition comme ressource alimentaire, alors que les broyeurs omnivores se nourrissent principalement d'animaux morts ou malades mais peuvent également ingérer le même type de nourriture que les broyeurs détritvres. Les brouteurs s'attaquent à la microflore, microphytes et aux microinvertébrés, que l'on rencontre sur les macrophytes. Quant aux râcleurs de substrat, ils se nourrissent de la couche biologique vivante qui se trouve sur les macrophytes et les pierres, sans arracher une partie du support végétal, ce que les brouteurs ne manquent pas de faire en ingérant cette couche biologique. Le mode de nutrition des suceurs est d'absorber une nourriture liquide. Les filtreurs capturent les fins débris organiques, de microflore et de microfaune entraînée par le courant en se servant à cette fin d'appendices modifiés ou de constructions. Les limnivores avalent les sédiments fins qui renferment une quantité variable de débris organiques, microflore et microfaune. Enfin, les prédateurs sont soit errants ou sédentaires, ils sont essentiellement carnivores.

Il est évident que les Chironomidae (filtreurs) et les *Corophium curvispinum* (broyeurs omnivores) parfois très nombreux, masquent la présence d'autres taxa. Les figures 55A à 55I représentent les différents groupes fonctionnels dans les stations.

Figure 55 a: Groupes fonctionnels de la communauté benthique à la station 1.

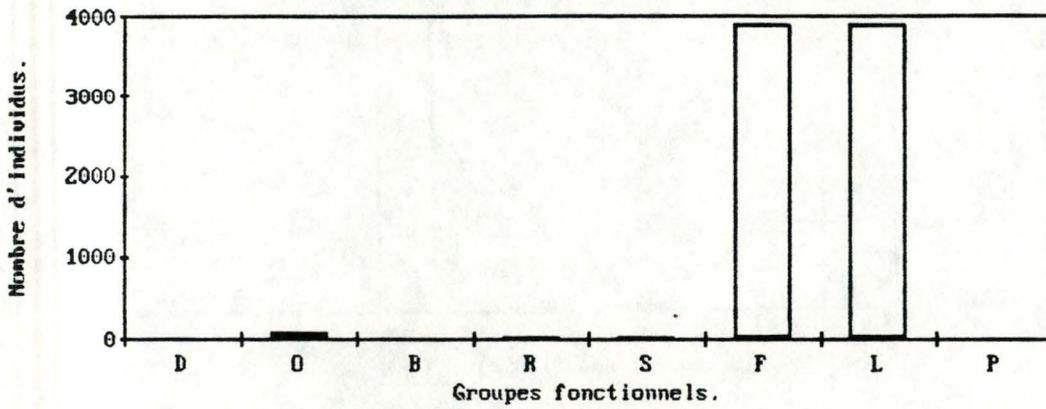


Figure 55 b: Groupes fonctionnels de la communauté benthique à la station 2.

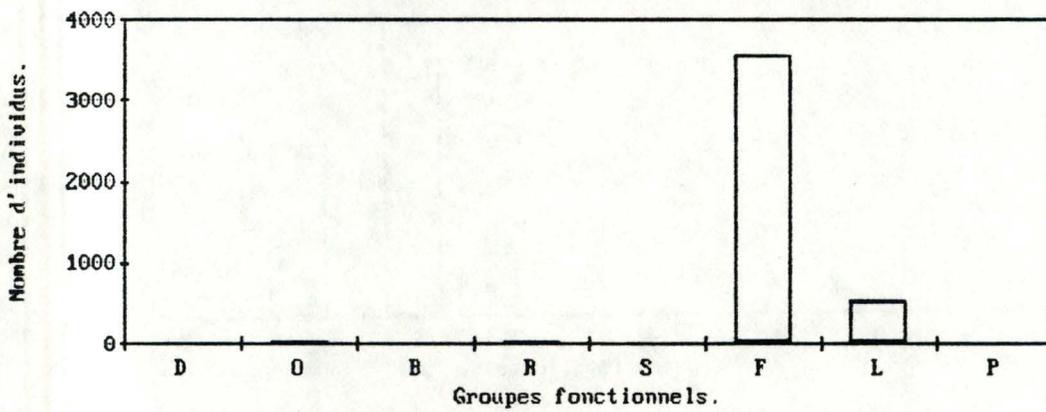


Figure 55 c: Groupes fonctionnels de la communauté benthique à la station 3.

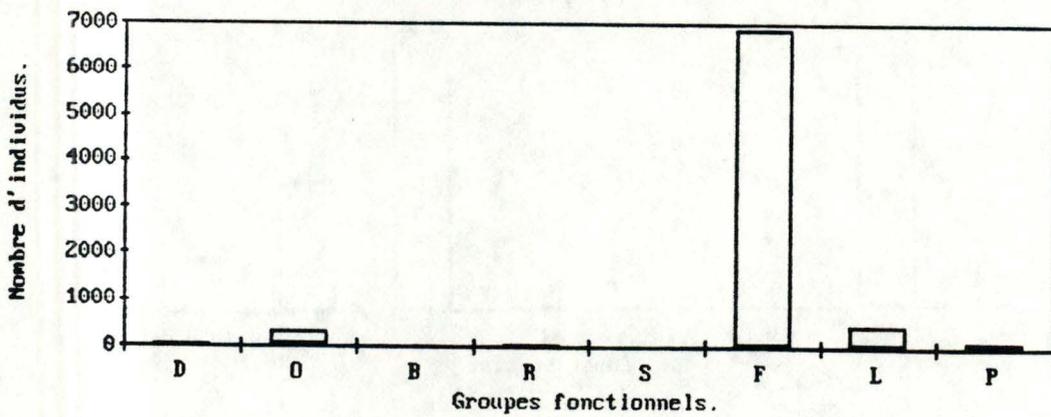


Figure 55d: Groupes fonctionnels de la communauté benthique à la station 4.

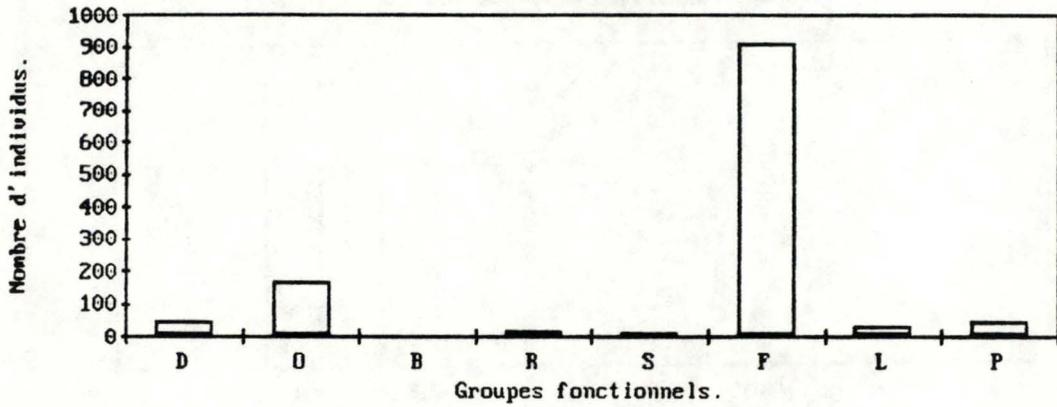


Figure 55e: Groupes fonctionnels de la communauté benthique à la station 5.

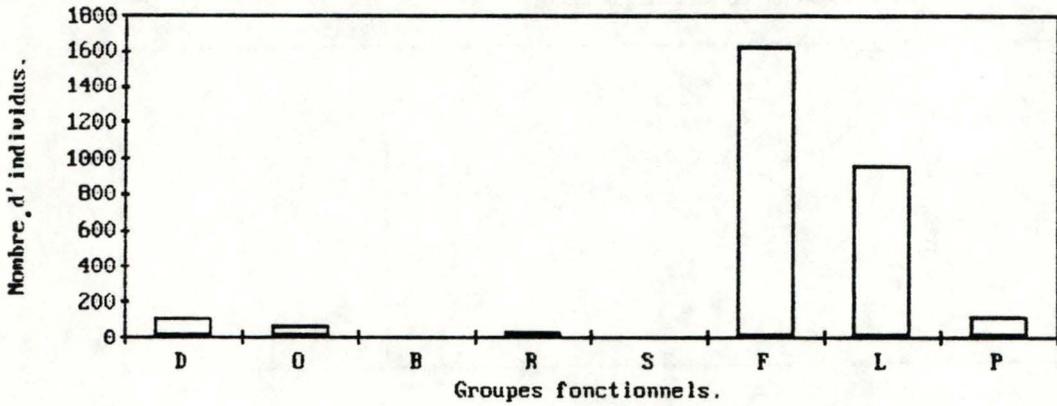


Figure 55f: Groupes fonctionnels de la communauté benthique à la station 6.

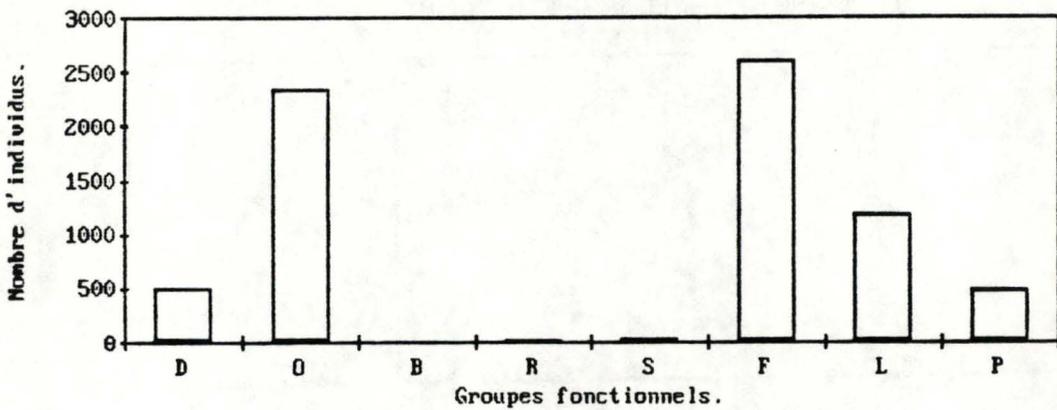


Figure 55g: Groupes fonctionnels de la communauté benthique à la station 7.

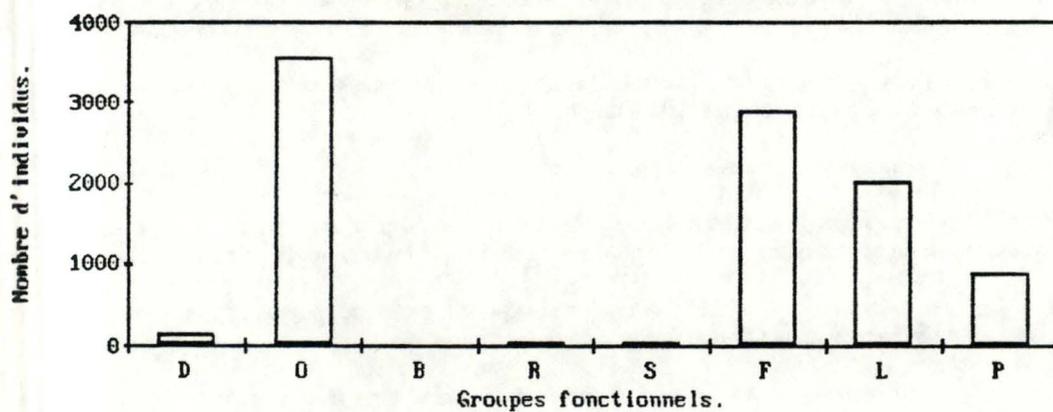


Figure 55h: Groupes fonctionnels de la communauté benthique à la station 8.

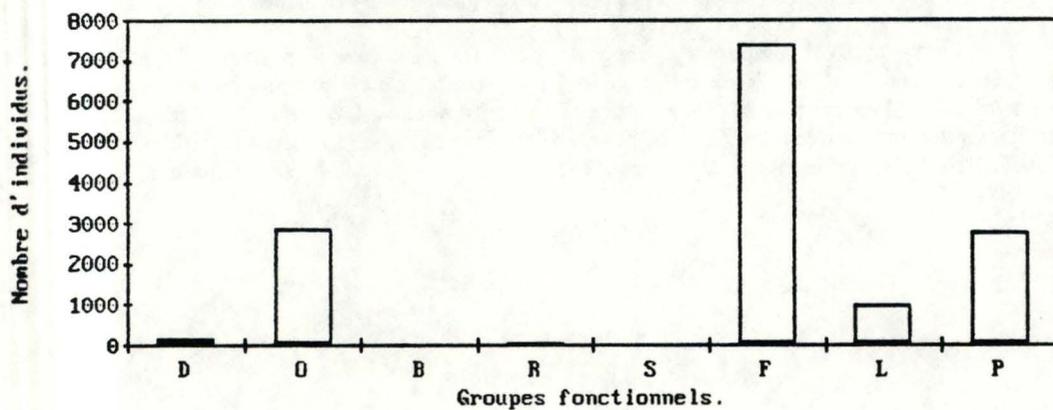


Figure 55i: Groupes fonctionnels de la communauté benthique à la station 9.

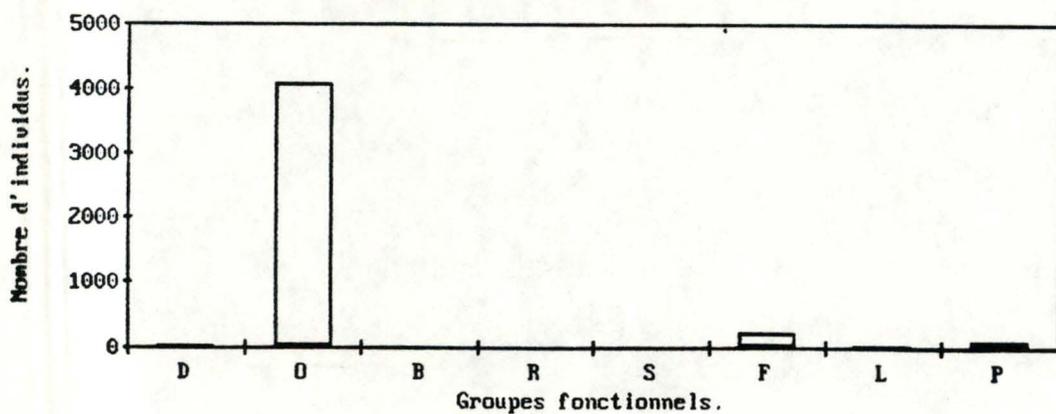


Tableau XXVI : Description qualitative du plancton et du périphyton récoltés en même temps que les macroinvertébrés. (détermination réalisée par J.-P. DESCY).

Station N°1 : *Melosira ambigua*, *Melosira granulata* sont des diatomées filamenteuses appartenant au plancton qui sédimente dans des zones typiques de milieu calme. On trouve également des Chlorophycées du genre *Pediastrum* Il n'y a presque pas de périphyton en place mais *Gyrosigma* est présente.

Station N°2 : *Melosira ambigua* est présent. De même que des diatomées centriques vides ou non. Celles-ci correspondent à une zone de sédimentation du plancton mort.

Station N°3 : *Melosira granulata* en faible proportion.

Station N°4 : *Melosira ambigua*, *Melosira granulata* sont présentes en proportion moindre par rapport aux autres stations. Il en est de même pour les diatomées centriques vides ou non. Pas de trace de périphyton.

Station N°5 : *Melosira ambigua*, *Melosira granulata* sont présentes. Le périphyton est représenté par *Nitzschia* sp. et *Navicula* sp. mais en moins grande proportion.

Station N°6 : *Melosira ambigua*, *Melosira granulata* sont présentes. On trouve également des diatomées centriques *Cyclotella*, *Stephanodiscus* vides ou non. Le périphyton du genre *Navicula* est peu représenté.

Station N°7 : Nombreuses valves de diatomées planctoniques des genres *Melosira* sp. et *Navicula* sp. Le périphyton est représenté par *Nitzschia* sp.

Station N°8 : *Melosira ambigua* présentant des plastes, également des *Synedra* sp. vides.

Station N°9 : Le plancton est composé d'algues vertes du genre *Senedesmus* sp. (deux espèces), également du phytoplancton sédimenté *Melosira ambigua*, *Melosira granulata* Le périphyton avec les espèces, *Navicula tripuncta*, *Navicula gregaria*, *Navicula menisculus* est abondant. On trouve également des algues bleues filamenteuses appartenant à la famille des Oscillatoriacées du genre *Lyngbya* sp. (deux espèces) ainsi que *Nitzschia* sp. De nombreuses valves vides font penser à une zone de sédimentation.

Quatre stations présentent des diagrammes similaires sur certains points (Figures 55a, 55b, 55c, 55e). La faune des substrats envasés des stations 1, 2, 3 et 5 est dominée par les filtreurs et les limnivores en plus faibles proportions c'est-à-dire les Chironomidae masquant les autres groupes par leur nombre élevé d'individus et les Oligochètes. La présence de *Melosira* sp., diatomée phytoplanctonique dont les filtreurs se nourrissent, peut aider à comprendre l'avantage à utiliser ce mode de nutrition (Tableau XXVI).

Les stations 6, 7 et 8 (Figures 55f, 55g, 55h) sont dominées par quatre groupes, à savoir les broyeurs omnivores, les limnivores, les prédateurs et les filtreurs, représentés par les Chironomidae que l'on retrouve encore majoritaires.

Les broyeurs omnivores semblent être dominants à la station 9 (Figure 55i), ce sont essentiellement les *Corophium curvispinum* et quelques filtreurs qui sont faiblement représentés par les Chironomidae, *Glyptotendipes* spp. On retrouve à la station 4 (Figure 55d) les modes de nutrition et les espèces précitées, identiques à la station 9 mais les dominances sont inversées.

De toute évidence, les filtreurs constituent la majorité parmi les modes de nutrition des macroinvertébrés présents dans le bief de Waulsort. En effet ils sont représentés dans toutes les stations en très grand nombre, à l'exception de la station 9 située près du barrage où ce sont les broyeurs omnivores qui dominent.

Ces broyeurs omnivores se retrouvent essentiellement en grand nombre dans les stations présentant des substrats durs (stations 4, 6, 7, 8 et 9). Il faut signaler la faible abondance des broyeurs détritivores qui apparaît à la sixième station. On peut établir la correspondance de ce mode de nutrition avec la présence de la végétation sur la berge, à l'origine des matériaux végétaux en voie de décomposition dans l'eau. De plus, le caractère lentique de ce biotope et le substrat de galets contribuent au développement de cette faune détritivore.

Les prédateurs préfèrent se cantonner aux substrats naturels et constitués d'éléments nettement caillouteux comme les pierres et les galets. Ce milieu correspond à un terrain de chasse fort apprécié par ces carnivores.

Enfin les limnivores, groupe constitué majoritairement par les Oligochètes, abondent lorsque le substrat est exclusivement formé d'éléments fins de

sédimentation et leurs effectifs diminuent lorsque des composantes plus grossières s'y ajoutent.

3.4. Conclusions.

Les stations 6, 7 et 8 aux plages de galets et de pierres, sont caractérisées par une grande diversité et par la colonisation importante de la faune des macroinvertébrés benthiques à mettre en rapport avec l'hétérogénéité que présentent ces types de substrats. Les stations 1, 2, 3 et 5 montrent également une forte colonisation par les communautés benthiques mais demeurent beaucoup moins diversifiées.

La diversité taxonomique varie selon la présence de substrats envasés ou non et diminue avec cet envasement. Les différentes analyses ont permis de mettre en évidence cette tendance dans le bief de Waulsort.

Deux stations se détachent nettement des autres, il s'agit du perré recouvert d'une coulée de béton (station 4) et du perré cimenté près du barrage (station 9). Il est plus que probable que l'homogénéité de ce substrat artificiel rend ces stations peu accueillantes pour la faune des macroinvertébrés.

Les berges étudiées sont largement dominées par les Chironomidae, les Lumbriculidae, les *Corophium curvispinum* qui se distribuent suivant leurs affinités pour le substrat. La tendance aux substrats envasés est préférée de loin par les Lumbriculidae tandis que la tendance aux substrats caillouteux est préférée par *Corophium curvispinum*. Les Chironomidae se partagent ces substrats en fonction des espèces considérées, *Chironomus reductus* pour les premiers et *Glyptotendipes* spp. pour les seconds.

4. Discussion générale.

L'écosystème fluvial est composé d'une mosaïque de microhabitats issus de l'action d'une multitude de facteurs biotiques et abiotiques qui en régissent les caractéristiques (BOURNAUD, 1983). La complexité de cet écosystème est responsable de la distribution des espèces en fonction de leurs exigences écologiques. La difficulté de caractériser le milieu en utilisant le substrat comme seul facteur influant, réside dans cette complexité qui se traduit par une importante variabilité au niveau des données (STROOT, 1989). La sélection des caractéristiques des stations, limitées à certains facteurs structurants supposés importants, a permis d'apporter un supplément d'informations dans l'explication des résultats apparemment typiques. La prise en compte d'autres caractéristiques, notamment physico-chimiques comme la disponibilité en oxygène dissous par exemple, aurait renforcé ces explications. Toutefois, cette approche n'aurait sans doute pas permis plus de certitudes quant aux discussions proposées.

La présence de courant est un facteur important pour la vie aquatique. En effet, son action s'exerce sur tous les autres facteurs susceptibles d'influencer la répartition des communautés de macroinvertébrés benthiques. Ainsi, le courant transporte, dépose et remanie les éléments constituant le substrat. Il détermine ainsi la structure du fond du cours d'eau et par conséquent la microdistribution des communautés benthiques. Le courant facilite également les échanges gazeux, le renouvellement des substances dissoutes et l'apport de particules alimentaires. Ces divers facteurs biotiques et abiotiques agissent de concert sur la répartition des communautés de macroinvertébrés benthiques (EGGLISHAW, 1969, PIALOT, 1982).

Les communautés varient suivant le profil longitudinal des cours d'eau, cette zonation est due à l'action combinée du changement des conditions de vie (courant, oxygénation, substrat, etc ...) et de la compétition entre les espèces occupant des niches semblables (LAVANDIER et DUMAS, 1971, BOURNAUD

et COGERINO, 1986). Cette succession longitudinale est concrètement observée dans notre étude par la présence des substrats envasés qui succèdent aux substrats caillouteux..

Selon VANNOTE (1980), deux grandes catégories de fond caractérisent les substrats des berges, ce que nous retrouvons également dans l'étude des substrats présents dans le bief de Waulsort. Les fonds érodés, comprenant des substrats pierreux non recouverts de dépôts, prédominent dans la section à pente forte du cours d'eau et permettent l'existence de communautés benthiques riches et variées (VANNOTE, 1980). En effet, au niveau du bief de Waulsort, on retrouve des traces du caractère torrentiel de la Meuse d'autrefois, dans l'intensité du courant au pied des barrages sur les radiers (DAMAS, 1939). Le radier du barrage de Waulsort en est un exemple (D'UDEKEM, 1987). Les fonds déposés correspondent aux substrats envasés typiques des zones à courant lent, nous les retrouvons dans la partie supérieure du bief de Waulsort, et les communautés benthiques sont proches de celles des eaux stagnantes (BOURNAUD et al., 1980). La juxtaposition de ces deux types de biotopes forme des mosaïques variables et l'interpénétration des substrats est fréquente lorsque des situations morphodynamiques se présentent, c'est ainsi que des constituants vaseux cimentent les cailloux. La dimension des éléments du substrat dépend de la force de transport du courant, or en un même point, la vitesse du courant varie pendant l'année (VEREESTRAETEN, 1972), il s'en suit une hétérogénéité plus ou moins forte dans les substrats formant les berges, comme en témoignent les relevés des substrats, reportés sur les cartes.

Dans le milieu qui nous occupe, les communautés de macroinvertébrés benthiques présentent une caractéristique primordiale qui est leur diversité. Les substrats des berges de la Meuse dans le bief de Waulsort sont apparus comme des supports hétérogènes, ceci n'est pas sans effet sur les communautés benthiques qu'ils abritent. Les variations de structure de ces communautés benthiques se font suivant la nature du substrat et suivant l'éloignement par rapport au barrage de Waulsort. Comme le signale VERNIERS (1988), la comparaison du bief de Waulsort avec la plupart des autres biefs de la Meuse

belge, essentiellement ceux qui ont été aménagés pour la navigation en Meuse moyenne inférieure, montre les cas extrêmes de la recolonisation des berges par les macroinvertébrés benthiques. En effet, les berges artificielles offrent peu de possibilités de recolonisation, surtout lorsque l'homogénéité du substrat est parfaite (DECAMP, 1989). D'autres études confirment cette observation (CEMAGREF, 1983). Ce travail fait ressortir des conclusions similaires, les substrats artificiels des perrés cimentés ou ceux des perrés recouverts d'une coulée de béton le long du bief, sont en effet beaucoup moins colonisés par la faune benthique. De même que les communautés animales, les communautés végétales colonisent avec plus ou moins de difficultés ces différents types de substrats artificiels (GEE, 1984). Malgré cela, diverses communautés végétales peuvent s'installer sur le substrat érodé ou déposé. Pour les macroinvertébrés benthiques, elles forment des substrats particuliers, en surimpression par rapport aux précédents. Le substrat végétal constitue à la fois un support, un abri et une source de nourriture. A titre d'exemple, le haut de berge de la plupart des anciens perrés non cimentés, sont plantés d'arbres, les perrés eux-mêmes sont envahis par des racines d'*Alnus glutinosa* qui se fauillent entre les moellons. Des bryophytes se développant sur les moellons du perré cimenté près du barrage, servent sans doute d'unique support aux quelques espèces colonisant ce substrat.

Signalons que les catégories de substrats précitées ne sont pas absolues. Des espèces passent d'un substrat à l'autre et font partie tour à tour de communautés différentes. De nombreux contacts s'établissent donc avec les communautés voisines de macroinvertébrés benthiques.

Il nous paraît important de dégager les idées importantes qui découlent des résultats présentés dans cette étude. L'approche quantitative de la relation faune-microhabitat ou substrat est bien adaptée pour évaluer les effets des aménagements et pour préciser les causes réelles des modifications constatées dans les communautés benthiques. D'une manière plus générale, cette approche appliquée à des stations de la Meuse moyenne supérieure est susceptible de fournir des éléments de base pour une typologie quantitative de l'écosystème

mosan qui servirait à apprécier la valeur écologique des diverses situations rencontrées.

A travers cette valeur de l'habitat, l'impact d'un aménagement du cours d'eau est mis en évidence. Cette valeur complète l'analyse faite avec des groupes d'animaux supérieurs, en l'occurrence la faune ichtyologique (PHILIPPART et al., 1989) qui permettent d'expliquer d'un point de vue qualitatif ces variations. Les effets des aménagements sur les communautés de macroinvertébrés benthiques sont en général très marqués (WASSON et al., 1981) et conduisent à une réduction des potentialités de l'écosystème aquatique. D'un point de vue qualitatif, la faune présente une diversité d'autant plus élevée que le substrat est hétérogène, c'est le cas des substrats durs constitués de galets, de pierres, et de blocs. Les paramètres quantitatifs de ces peuplements fournissent également des indications très utiles sur l'intensité de l'impact. Les mesures de biomasses réalisées aux stations à substrat artificiel sont sensiblement moins élevées que celles effectuées sur les substrats naturels. Par le biais de cette étude, on pourrait imaginer, puisque la richesse faunistique renseigne sur la qualité du microhabitat autrement dit du substrat, que le substrat lui-même ainsi que les caractéristiques physiques majeures, puissent remplacer la communauté benthique afin de définir une valeur de l'habitat.

L'étude des microhabitats interprétée par un traitement en analyse factorielle des correspondances paraît très séduisante mais un certain nombre de questions demeurent en suspens. On peut en effet soulever différentes interrogations. Est-ce que le niveau de la population d'une espèce dans une portion de berge donnée est en relation directe avec le substrat composant ce milieu ? La quantité de nourriture disponible ou la disponibilité en oxygène dissous ne sont-elles pas parfois un facteur plus limitant que les caractéristiques du substrat ? Les différentes variables physiques sont-elles suffisantes pour caractériser la capacité d'accueil des macroinvertébrés dans le milieu ? En définitive, ce n'est qu'au terme d'une analyse portant sur un grand nombre de références que ces questions pourront être résolues. Le but de ce mémoire entre dans ce cadre en venant compléter le jeu de données déjà acquis sur l'écosystème mosan.

CONCLUSIONS.



CONCLUSIONS GENERALES.

Comme le souligne BOURNAUD (1983), si le substrat représente un facteur important qui influence considérablement la microdistribution des communautés de macroinvertébrés benthiques, d'autres facteurs abiotiques et biotiques la déterminent également. La quantité de nourriture offerte aux espèces, la disponibilité en oxygène dissous, la vitesse du courant sont autant de facteurs biotiques et abiotiques qui conditionnent directement ou indirectement la répartition des espèces dans les communautés benthiques. Ces relations multiples ne permettent pas toujours une compréhension totale des processus déterminant la microdistribution de ces communautés au sein de l'écosystème fluvial. C'est surtout à un niveau local que cette lacune se fait ressentir, par l'absence d'éléments discriminatoires autorisant l'évaluation et la prévision des perturbations écologiques que pourraient entraîner des aménagements du milieu. Ce manque de références est certainement dû à la complexité et à la diversité de l'écosystème fluvial.

L'objectif majeur de cette étude était d'analyser la relation existant entre les communautés de macroinvertébrés benthiques et la mosaïque de substrats constituant les berges du bief de Waulsort. Ces substrats constituent un élément discriminant pouvant servir d'information pour une approche des biotopes présents dans l'écosystème fluvial, en l'occurrence le bief de Waulsort, et cela à partir des communautés de macroinvertébrés benthiques.

Les analyses étaient donc multiples et intervenaient à différents niveaux :

- établir un relevé cartographique de tous les types de berges et de leurs prolongements sous forme de plages de divers substrats,
- mettre en évidence qu'avec l'existence d'une mosaïque de substrats, on retrouve une certaine hétérogénéité dans la composition de la faune,
- montrer l'existence de communautés benthiques caractéristiques au sein des différents types de substrats,

- fournir des éléments de réponses permettant de créer un contexte propice à une colonisation des substrats par les communautés de macroinvertébrés benthiques et d'ouvrir ainsi des perspectives pour un aménagement futur des berges.

Le matériel étudié correspond aux différents substrats de neuf stations sélectionnées le long du bief de Waulsort, dans lesquelles neuf échantillons de communautés d'invertébrés benthiques sont prélevés. Le chômage technique a eu lieu du 16 septembre au 8 octobre 1989. La mise hors de l'eau des berges et des plages du bas de berge nous a permis de relever les caractéristiques du substrat sur l'entièreté du bief pour les deux rives de la Meuse et de réaliser 81 échantillons. Parmi les 59368 individus récoltés, on dénombre 58 taxa appartenant à cinq classes.

L'étude des substrats au niveau des neuf stations situées le long du bief révèle l'érosion du substrat sur le premier kilomètre en aval du barrage de Waulsort et une sédimentation progressive tout le long du reste du bief. Les communautés benthiques suivent cette évolution et on peut mettre en évidence une succession des macroinvertébrés : les espèces limnophiles (de substrat envasé ou déposé) font suite aux espèces rhéophiles (de substrat érodé). La diversité faunistique diminue en aval du bief parallèlement à la proportion croissante de substrats envasés alors que l'abondance spécifique augmente.

Nous avons choisi d'analyser quelques stations aux berges artificielles dans le bief de Waulsort (Stations 4, 6 et 9), ainsi que plusieurs stations à berges naturelles non modifiées par les aménagements du cours d'eau (Stations 1, 2, 3, 5, 7 et 8). La comparaison entre les stations naturelles et artificielles fait ressortir plusieurs phénomènes. Dans les stations complètement artificielles, les habitats aquatiques apparaissent moins nombreux et moins diversifiés du fait de l'uniformisation des conditions morphodynamiques et des substrats. Au contraire, une hétérogénéité dans la structure des substrats naturels accentue la diversité faunistique des macroinvertébrés benthiques du bief.

Parmi les différentes techniques artificielles de consolidation des berges, les perrés à sec, les enrochements et les gabions, seuls quelques ouvrages permettent une certaine installation de la végétation et de la faune. Deux techniques artificielles, les perrés cimentés et les murs cimentés ne facilitent pas l'installation des communautés de macroinvertébrés benthiques. En comparant les différents types de berges naturelles, nous pouvons dire qu'une berge naturelle à inclinaison faible et à recouvrement végétal diversifié et abondant, possède une valeur écologique importante en permettant ainsi une colonisation par une faune et une flore diversifiée suivant que le substrat est hétérogène ou non.

Après comparaisons des diverses situations rencontrées dans l'analyse des substrats, il ressort que les principaux facteurs du milieu favorisant une recolonisation par les macroinvertébrés benthiques sont la présence d'une berge en pente douce permettant aux organismes benthiques de se déplacer et de se fixer au substrat si éventuellement la vitesse du courant devenait non négligeable. La recolonisation par les communautés animales et végétales est alors possible lorsque l'on retrouve une certaine hétérogénéité du substrat permettant l'installation des biocénoses. Au contraire, une diminution du potentiel de colonisation consécutive à une homogénéisation du substrat semble tout à fait néfaste pour une éventuelle recolonisation.

De manière générale, on observe que les taxa dominants sont les Oligochètes, les crustacés Amphipodes (*Corophiidae*, *Gammaridae*) et les Diptères *Chironomidae*. Certains taxa complètent ces communautés benthiques en fonction du substrat présent. Ce sont les mollusques Bivalves pour les substrats envasés et les Trichoptères sans fourreau accompagnés par les Planaires lorsque le substrat devient exclusivement dur. Les communautés de crustacés Isopodes (*Asellidae*) et de mollusques Gastéropodes varient proportionnellement à l'envasement des substrats durs.

Au point de vue des densités et des biomasses étudiées, nous retiendrons que d'après l'étude des densités, ce sont les Diptères et particulièrement les

Chironomidae qui contribuent le plus à la densité de la communauté des macroinvertébrés benthiques du bief de Waulsort. Les densités des Corophiidae sont également importantes sur les substrats durs tandis que les Lumbriculidae forment des communautés denses sur les substrats envasés. D'après l'étude des biomasses, nous pouvons également dire que les Chironomidae contribuent le plus à la biomasse totale, surtout sur les substrats envasés. Les Mollusques Bivalves et Gastéropodes présentent une biomasse non négligeable sur les substrats érodés. En général, pour les macroinvertébrés, la biomasse globale diminue dans les stations à substrat artificiel, alors que les substrats naturels ont des valeurs beaucoup plus élevées.

Parmi les méthodes statistiques, le choix de l'analyse factorielle des correspondances dans notre étude se justifie par le traitement plus adéquat qu'elle semble réserver aux données hétérogènes et aux valeurs nulles spécialement abondantes dans ce type de données en raison du nombre de taxa peu représentés dans les échantillons. L'analyse factorielle des correspondances compare la distribution de l'ensemble des fréquences relatives des éléments de chaque échantillon ou taxon et permet également une superposition des espaces réduits, particulièrement intéressante pour une correspondance entre les projections des profils des échantillons et celles des taxa.

Bien qu'elles ne représentent que 32,58 % de la variabilité totale des données, seules les trois premières dimensions de l'espace réduit ont été analysées. Cette limitation pourrait être considérée comme suffisante pour traduire une part exploitable de l'information en raison de la forte dépendance entre les échantillons et les taxa et de la variabilité due à l'hétérogénéité des données. L'examen de ces trois premières dimensions de l'espace réduit a permis de révéler les mêmes dominantes structurelles des données.

Malgré la variabilité dans nos données, l'analyse factorielle des correspondances a donc permis la mise en évidence d'une structure cohérente et interprétable en termes écologiques qui reflète une évolution longitudinale d'amont en aval des substrats du bief de Waulsort. Les autres analyses menées parallèlement, et notamment celles relatives à l'étude de la granulométrie des substrats rapportée sur les cartes, rejoignent cet aspect. En plus des aspects de

l'évolution longitudinale des substrats, certains substrats artificiels particuliers ressortent de l'analyse factorielle des correspondances. Il apparaît clairement que ces substrats typiques ne conviennent pas à la recolonisation par la faune des macroinvertébrés benthiques.

La superposition des deux espaces réduits a permis d'associer les taxa les plus représentatifs avec les différents types de substrats et de suivre la distribution régulière des profils des taxa et ceux des échantillons le long de la structure en croissant. Malgré cette continuité observée dans les données, quatre associations de substrats ont été distinguées dans les espaces réduits, il s'agit des substrats naturels durs, les substrats envasés, les substrats présentant à la fois ces deux caractéristiques et enfin les substrats artificiels.

L'analyse factorielle des correspondances semble donc particulièrement bien adaptée à ce genre de problématique, principalement grâce à la superposition des espaces réduits des échantillons et des taxa. Cette méthode est à retenir pour des études comparables à celle-ci car elle permettrait une meilleure connaissance de la composition et de la structure des communautés de macroinvertébrés benthiques liées aux différentes possibilités que peuvent offrir les types de microhabitats dans un cours d'eau comme la Meuse.

BIBLIOGRAPHIE.

BIBLIOGRAPHIE.

=====

ADAM W., 1960.

Mollusques terrestres et dulcicoles, Tome 1. - Faune de Belgique, Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Bruxelles, 417 p.

AGUESSE P., 1968.

Les Odonates de l'Europe Occidentale, du Nord de l'Afrique et des Iles Atlantiques. - Masson et Cie éditeur, Paris, 262 p.

BOURNAUD M., 1983.

Le courant, facteur écologique et éthologique de la vie aquatique. - Hydrobiologia 21 : 125-165.

BOURNAUD M., COGERINO L., 1986.

Les microhabitats aquatiques des rives d'un grand cours d'eau : approche faunistique. - Anns Limnol. 22 (3) : 285-294.

BOURNAUD M., TACHET H., RICHOUX Ph., 1980.

Introduction à l'étude des MACROINVERTEBRES des EAUX DOUCES. - Université Claude Bernard, Lyon1. Ass. Fr. Limnol., Paris, 155 p.

BORLEE M.-C., 1988.

Evolution historique récente de la Meuse belge : interventions humaines et modifications de l'écosystème. - Mémoire pour l'obtention du grade de licencié en sciences zoologiques (inédit), F.U.N.D.P., Namur, 112 p.

BRINKHURST R.O., 1971.

A Guide for the Identification of British AQUATIC OLIGOCHETA. - Freshwat. Biol. Ass., Scient. Publ. 22, Ambleside, 55 p.

CEMAGREF, 1983.

Etude hydrobiologique de la Saulx marnaise après aménagement d'une partie de son cours. - Etude n°2, CEMAGREF, groupe de Lyon, 61 p.

DAJOZ R., 1971.

PRECIS D'ÉCOLOGIE. - Dunod, Paris, 433 p.

DAMAS H., 1939.

La faune de la Meuse belge. - Ass. Franç. Avanc. Sci., 63^{ème} congrès, Liège : 150-159.

DECAMP O., 1989.

Etude comparative de différents types de berges aménagées sur l'Ourthe liégeoise. - Mémoire pour l'obtention du grade de licencié en sciences zoologiques (inédit), F.U.N.D.P., Namur, 98 p.

DE CLERQ-VERSELE M. et KIRCHMANN R. (ed.), 1982.

L'impact des rejets de la centrale nucléaire de Tihange (Belgique) sur l'écosystème Meuse : cinq années d'étude in situ et d'approche expérimentale (1976-1980). - BLG 555 (Mol) : 54 p.

DELCOUR F., 1981.

Initiation à la pédologie. - Service de la Science du sol. Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat, Gembloux, 77 p.

DEPIEREUX E. et ORBAN-FERAUGE F., 1989.

Improvement of an interactive environment in the field of principal component and correspondence analyses (Article soumis pour publication), FUNDP, Namur, 9 p.

DESCY J.-P., 1973.

La végétation algale de la Meuse belge et ses relations avec la pollution des eaux. - *Lejeunia*, n. s., 66, 62 p.

DESCY J.-P., EMPAIN A., 1981.

Inventaire de la qualité des eaux courantes en Wallonie (Bassin wallon de la Meuse). - Rapport de synthèse. Université de Liège, 1 87 p., 2 194 p., 3 37 p.

DESCY J.-P., EMPAIN A. et LAMBINON J., 1981.

La qualité des eaux courantes en Wallonie : Bassin de la Meuse. - Secrétariat d'état à l'environnement, à l'aménagement du territoire et à l'eau pour la Wallonie, 18 p.

DETHIER M., 1985.

Hétéroptères aquatiques et ripicoles (genres et principales espèces). Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. - *Bull. Soc. Linn. Lyon*, 54, 10, 249-264.

DETHIER M., HAENNI J.-P., 1986.

Planipennes, Mégaloptères et Lépidoptères à larves aquatiques. Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. - *Bull. Soc. Linn. Lyon*, 55, 1, 6, 11-40, 201-204

DETHIOUX M., 1989.

Espèces aquatiques des eaux courantes. Aménagement écologique des cours d'eau. - Ministère de la Région Wallonne, service promotion et communication, 72 p.

DETHIOUX M., 1989.

Espèces herbacées du bord des eaux. Aménagement écologique des cours d'eau. - Ministère de la Région Wallonne, service promotion et communication, 43 p.

DETHIOUX M., 1989.

Espèces ligneuses de la berge. Aménagement écologique des cours d'eau. - Ministère de la Région Wallonne, service promotion et communication, 80 p.

D'UDEKEM C., 1987.

Etude semi-quantitative et qualitative des macroinvertébrés benthiques des radiers de barrage de la Haute-Meuse. - Mémoire pour l'obtention du grade de licencié en sciences zoologiques (inédit), F.U.N.D.P., Namur, 101 p.

DURANTE P., ENJELVIN P., 1987.

PLANTES ET ANIMAUX D'EAU DOUCE. - *Multiguide nature*, Bordas, Paris, 254 p..

EGGLISHAW H.J., 1969.

The distribution of benthic invertebrates on substrata in fast-flowing streams. - *J. Anim. Ecol.* 38 : 19-33.

ELLIOT J.-M., 1973.

Some methods for the statistical analysis of benthic invertebrates. - *Freshwat. Biol. Ass., Scient. Publ.* 25, Ambleside, 83p.

ELLIOT J.-M., 1977.

A Key to the British Fresh MEGALOPTERA and NEUROPTERA. - *Freshwat. Biol. Ass., Scient. Publ.* 35, Ambleside, 52 p.

ELLIOT J.-M. et DECAMPS H., 1973.

Guide pour l'analyse statistique des échantillons d'invertébrés benthiques. - *Annls Limnol.* 9 (2), 79-120.

ELLIOT J.-M., HUMPECH U.H., MACAN T.T., 1988.

Larvae of the British EPHEMEROPTERA. - *Freshwat. Biol. Ass., Scient. Publ.* 19, Ambleside, 75 p.

FOURMARIER P., 1939.

La géologie du bassin de la Meuse. - Ass. Franç. Avanc. Sci., 63^{ème} congrès, Liège : 37-57.

FOURNEAU R., 1984.

Initiation à la géomorphologie de la Wallonie. - Cercles des Naturalistes de Belgique, 107 p.

GEE J.H.R., 1984.

The distribution of benthic invertebrates in a Cotswold stream. Verh. Internat. Verein Limnol. 22 : 1932-1938.

GRELSSON G., 1986.

Vegetational changes on two eroding banks of a short-term regulated river reservoir in northern Sweden. - Nord. J. Bot 5 : 581-614.

HILDREW A.G., TOWNSEND C.R. et FRANCIS J., 1984.

Community structure in some southern English streams : the influence of species interaction. - Freshwat. Biol. 14 : 297-310.

HUET M., 1949.

Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. - Stat. de Rech. de Groenendael fasc., 3-4 : 332-351.

HURZ J.-P., MAGUIEZ G., 1983.

Crustacés Isopodes (Principalement Asellotes.). Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. - Bull. Soc. Linn. Lyon, 52,10;319-357.

HYNES, 1970.

The ecology of running waters. - Liverpool University Press, 555 p.

HYNES H.B.N., D.Sc., 1967.

A Key to the Adults and Nymphs of British STONEFLIES (PLECOPTERA). - Freshwat. Biol. Ass., Scient. Publs. 17, Ambleside, 91 p.

JEUNIAUX Ch., LAMBINON J., MICHA J.-C., NIHOUL J., WOLLAST R., 1984.

Surveillance écologique de la Meuse en aval du site de Tihange, rapport de synthèse. - Ministère de la Région Wallone pour l'Eau, l'Environnement et la Vie Rurale, Bruxelles, Belgique, 2 , 248 p.

KIMMINS D.E., 1972.

A revised Key to the Adults of the British species of EPHEMEROPTERA with notes on their ecology. - Freshwat. Biol. Ass., Scient. Publs. 15, Ambleside, 75p.

LAFONT M., 1983.

Annélides Oligochètes. Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. - Bull. Soc. Linn. Lyon, 52, 4; 107-135.

LAVANDIER P. et DUMAS P., 1971.

Microrépartition de quelques espèces d'invertébrés benthiques dans des ruisseaux des pyrénées centrales. - Anns Limnol. 1 : 7-23.

LEGENDRE L. et LEGENDRE P., 1984.

Ecologie numérique. 1. Le traitement multiple des données écologiques. 2. La structure des données écologiques. - Collection d'Ecologie, 12-13, Masson, Paris : 260 p., 335 p.

LEJEUNE M., MICHA J.-C., JADIN J.-M., 1985.

Etude de la bucephalose dans les populations piscicoles de la Meuse belge. - Rapport de synthèse, U.N.E.C.E.D., F.U.N.D.P., Namur, 83 p.

LOMBARD A., 1957.

Géologie de la Belgique, une introduction. - Les Naturalistes Belges 10, 38 : 213-334.

MACAN T.T., 1965.

A revised Key to the British WATERBUGS (Hemiptera-Heteroptera). - Freshwat. Biol. Ass., Scient. Publs. 16, Ambleside, 78 p.

MACAN T.T., 1970.

A Key to the Nymphs of British species of EPHEMEROPTERA with their notes on their ecology. - Freshwat. Biol. Ass., Scient. Publs. 20, Ambleside, 81 p.

MARNEFFE Y., 1988.

Modalités et voies de transfert de micropolluants organochlorés (PCB) dans le plancton de l'écosystème mosan. - Mémoire pour l'obtention du grade de licencié en sciences zoologiques (inédit), Université de Liège, 60 p.

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 : 67-88.

MICHA J.-C. et BORLEE M.-C., 1989.

Recent historical changes on the Belgian Meuse. - In Petts G.E. (ed), Historical change of large alluvial rivers : Western Europe, J. Wiley & Sons Ltd London : 269-295.

MICHA J.-C. et NOISET J.-L., 1982.

EVALUATION BIOLOGIQUE DE LA POLLUTION DES RUISSEAUX ET RIVIERES PAR LES INVERTEBRES AQUATIQUES. - Probio-Revue 5, Louvain-la-Neuve, 143 p.

MICHA J.-C., 1970.

Etude qualitative des associations d'invertébrés de l'Ourthe liégeoise. - Anns Soc. r. Zool. Belg. 99 : 215-236.

MICHA J.-C., 1970.

Etude quantitative du benthos d'une rivière de Belgique : l'Ourthe liégeoise. - Anns Limnol. 6 : 255-280.

MICHA J.-C. et PILETTE S., 1988.

L'impact de l'homme sur l'écosystème Meuse. Actes du colloque tenu à Namur (Belgique) les 3 et 4 novembre 1987. - Presses Universitaires de Namur, Namur, 140 p.

MOLLER PILLOT H.K.M., 1984.

Nederlandse Faunistische Midedelingen. De larven der nederlandse Chironomidae (Diptera). - Stichting European Invertebrates Survey, Nederland. Rijksmuseum van Natuurlijke Historie, Leiden, Nederland, 564 p.

ORBAN-FERAUGE F., 1985.

Apport structurant de l'analyse factorielle des correspondances dans le traitement des données pour lesquelles on ne veut, au départ, privilégier aucun descripteur. - In Kesteloot Ch. (ed.), Analyse en composantes principales, méthodes apparentées et leur usage en géographie humaine. Acta Geogr. Lovaniensa, 26, 80-104.

ORBAN-FERAUGE F., 1987.

Contribution à l'étude du secteur tertiaire dans les principales villes belges. Structure des effectifs. Evolution de 1972 à 1982. - Thèse de doctorat, (inédit), F.U.N.D.P., Namur 361 p.

PATTEE E., GOURBAULT N., 1981.

Turbellariés Tricladés Paludicoles (Planaires d'eau douce). Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. - Bull. Soc. Linn. Lyon, 50, 9 : 279-304.

PETERSON R., MOUNTFORT G., HOLLOM P.D.A., GEROUDET P., 1984.

GUIDE DES OISEAUX D'EUROPE. - Les guides du naturaliste. Delachaux & Niestlé, Neufchâtel-Paris, 460 p.

PHILIPPART J.C., GILLET A., MICHA J.-C., 1989.

Fish and their environment in large european river ecosystems : The river Meuse. - Sciences de l'eau, 7 (1), 115-154.

PIALOT D., 1982.

Identité biologiques des faciès d'écoulement. Etude de la répartition des macroinvertébrés benthiques de l'Armaçon (département de l'Yonne). - Université Claude Bernard de Lyon, 48 p.

PIALOT D., CHESSEL D. et AUDA Y., 1984.

Description de milieu et analyse factorielle des correspondances multiples. - C.R. Acad. Sc. Paris 298, 11 : 309-314.

RICHOUX Ph., 1982.

Coléoptères aquatiques (Genres : Adultes et Larves). Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. - Bull. Soc. Linn. Lyon, 51, 4,8, 9; 105-304.

R.I.W.A., 1982.

Profil de la qualité de la Meuse. - R.I.W.A., Samenwerkende Rijn-en Maas waterleidingbedrijven, Amsterdam, 146 p.

ROBASZYNSKI F. et DUPUIS C., 1983.

Guides géologiques régionaux. Belgique. - Masson, Paris, 204 p.

STROOT P., 1988.

Les Trichoptères de nos régions : originalité, diversité et importance écologique. - Les Naturalistes belges 69 : 1-20.

STROOT P., 1988.

Une clé de détermination des larves de Trichoptères de Belgique au niveau de la famille. - Bull. Annl. Soc. r. Belg. Ent. 124 : 137-151.

STROOT P., 1989.

Essai de valorisation de collections existantes de macroinvertébrés à des fins de synécologie et de typologie des eaux courantes par utilisation d'analyses multivariées : exemple des Trichoptères du bassin mosan wallon. - Dissertation présentée pour l'obtention du grade de docteur en Sciences, (inédit), F.U.N.D.P., Namur, 203 p.

SYMOENS J.J., 1957.

Les eaux douces de l'Ardenne et des régions voisines, les milieux et leur végétation algale. Bull. Soc. r. Bot. Belg. 89 : 111-314.

TILMONT J. et De ROECK. M., 1957.

Cours de géographie. L'Europe Occidentale, la Belgique. - Collection Roland, Bruxelles, 126 p.

VANNOTE R.L., MINSHALL G.W., CUMMINS K.M., SEDELL J.R. & CUSHING C.E., 1980.
The River Continuum Concept. - *Can. J. Fish. aquat. Sci.* 37 : 130-137.

VEREERSTRAETEN J., 1972.

Le bassin de la Meuse. Etude géographique hydrologique. - *Revue belge de Géogr.* 94 :1-339.

VERNIERS G. et SILAN J.P., 1987.

Aménagement écologique des berges des cours d'eau navigables. Rapport n°1. La berge interface terre-eau : ses caractéristiques, fonctions et utilisations. - Groupe Interuniversitaire de Recherches en Ecologie Appliquée (inédit), F.U.N.D.P., Namur, 68 p.

VERNIERS G. et al., 1988.

Aménagement écologique des berges des cours d'eau navigables. Rapport n°2. Etude de cas : la Meuse et l'Ourthe. - Groupe Interuniversitaire de Recherches en Ecologie Appliquée (inédit), F.U.N.D.P., Namur, 215 p.

WASSON G., DUMONT B., TROCHERIE F., 1981.

Protocole de description des habitats aquatiques et de prélèvement des invertébrés benthiques dans les cours d'eau. - Etude n°1. CEMAGREF, groupe de Lyon, 18 p.

Liste des figures.

LISTE DES FIGURES.

- =====
- Figure 1 : La vallée de la Meuse : ses principaux affluents et son bassin versant.
(d'après MICHA et BORLEE,1989).
- Figure 2 : Profil longitudinal de la Meuse et de ses principaux affluents
(d'après VEREERSTRAETEN, 1972).
- Figure 3 : Schéma de profil-coupe des régions méridionales (d'après TILMONT et De ROECK,1957).
- Figure 4 : Coupe schématique du sous-sol et profil du relief de Belgique
(d'après TILMONT et De ROECK,1957).
- Figure 5: Les régions du Sud de la Belgique (d'après TILMONT et De ROECK,1957).
- Figure 6 : Profil de la vallée de la Meuse, de Dinant à Waulsort (d'après LOMBARD ,1957).
- Figure 7 : Carte géologique du bassin de la Meuse (d'après FOURMARIER, 1939).
- Figure 8 : Situation actuelle (1990) des barrages dans le bassin mosan en Belgique.
(modifié d'après MICHA in VERNIERS, 1988).
- Figure 9 : Coupe transversale d'un ancien barrage avec pertuis à aiguilles
(d'après MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, 1987 in BORLEE,1988).
- Figure 10 : Coupe transversale d'un barrage moderne de la haute Meuse
(d'après MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, 1983 in BORLEE,1988).
- Figure 11 : Bilan des stabilisations des berges en Meuse moyenne supérieure (Heer-agimont - Namur,
octobre 1986) (d'après VERNIERS , 1988).
- Figure 12 : Diagramme ionique de la Meuse à Waulsort le 18 septembre 1989.
- Figure 13 : Composition relative du zooplancton de la Meuse en septembre 1982 (d'après RIWA, 1982).
- Figure 14 : Zonation algale sur les berges empierrées (d'après DESCY,1973).
- Figure 15 : Composition relative du phytoplancton de la Meuse en septembre 1982 (d'après RIWA, 1982).
- Figure 16 : Coupe transversale d'une rivière (d'après VERNIERS et SILAN, 1987).
- Figure 17 : Division de la berge (d'après VERNIERS et SILAN, 1987).
- Figure 18 : Evolution de la vitesse en fonction de la profondeur (d'après HYNES, 1970).
- Figure 19 : Distribution des courants locaux autour d'une pierre et formation de la zone d'eaux mortes
derrière la pierre (d'après HYNES, 1970).
- Figure 20 : Calcul des 95 % des limites de confiance (C.L.) de la moyenne d'un petit échantillon ($n < 30$) tiré
d'une distribution contagieuse (d'après ELLIOT J.M. et DECAMPS H., 1973).
- Figure 21 : Echelle granulométrique (d'après DELECOUR, 1981).
- Figure 22 : Filet Surber et patron de la poche du filet.

- Figure 23 : Répartition des cartes du bief de Waulsort. Carte topographique à l'échelle 1:25.000.
- Figure 24 : Exemple d'utilisation de la carte des projections des berges.
- Figures 25a à 25e : Projection des types de substrat rencontrés dans le bief de Waulsort et leur succession du Nord au Sud. Carte 1 à 4 et îles.
- Figures 26a et 26b : Répartition des différents substrats dans le bief de Waulsort.
- Figures 27a à 27i : Vue de profil en travers (stations 1 à 9).
- Figure 28 : Nombre total d'individus récolté à chaque station (Waulsort 1989).
- Figure 29 : Nombre total de taxa récolté à chaque station (Waulsort 1989).
- Figure 30 : Evolution de l'indice de Shannon-Weaver.
- Figure 31 : Evolution des proportions de variabilité exprimée (15 facteurs).
- Figure 32 : Graphique des projections des profils des 81 échantillons du tableau de données dans le plan des axes factoriels 1 et 2 de l'A.F.C.
- Figure 33 : Graphique des projections des profils des 81 échantillons du tableau de données dans le plan des axes factoriels 1 et 3 de l'A.F.C.
- Figure 34 : Graphique des projections des profils des 81 échantillons du tableau de données dans le plan des axes factoriels 2 et 3 de l'A.F.C.
- Figure 35 : Graphique des projections des profils des 58 taxa du tableau de données dans le plan des axes factoriels 1 et 2 de l'A.F.C.
- Figure 36 : Graphique des projections des profils des 58 taxa du tableau de données dans le plan des axes factoriels 1 et 3 de l'A.F.C.
- Figure 37 : Graphique des projections des profils des 58 taxa du tableau de données dans le plan des axes factoriels 2 et 3 de l'A.F.C.
- Figures 38a à 38i : Biomasses et densités des taxa représentatifs (stations 1 à 9).
- Figures 39a⁽¹⁾ à 39i⁽¹⁾ : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques (station 1 à 9).
- Figure 40a et 40b : Nombre et proportions de Tricladés dans les différentes stations.
- Figure 41a et 41b : Nombre et proportions d'Oligochètes dans les différentes stations.
- Figure 42a et 42b : Nombre et proportions d'Hirudinées dans les différentes stations.
- Figure 43a et 43b : Nombre et proportions de Bivalves dans les différentes stations.
- Figure 44a et 44b : Nombre et proportions de Gastéropodes dans les différentes stations.
- Figure 45a et 45b : Nombre et proportions d'Isopodes dans les différentes stations.
- Figure 46a et 46b : Nombre et proportions d'Amphipodes dans les différentes stations.

Figure 47a et 47b : Nombre et proportions de Décapodes dans les différentes stations.

Figure 48a et 48b : Nombre et proportions d'Ephéméroptères dans les différentes stations.

Figure 49a et 49b : Nombre et proportions d'Odonates dans les différentes stations.

Figure 50a et 50b : Nombre et proportions de Coléoptères dans les différentes stations.

Figure 51a et 51b : Nombre et proportions d'Hétéroptères dans les différentes stations.

Figure 52a et 52b : Nombre et proportions de Mégaloptères dans les différentes stations.

Figure 53a et 53b : Nombre et proportions de Trichoptères dans les différentes stations.

Figure 54a et 54b : Nombre et proportions de Diptères dans les différentes stations.

Figures 55a à 55i : Groupes fonctionnels de la communauté benthique (station 1 à 9).

Liste des tableaux.

LISTE DES TABLEAUX.

- =====
- Tableau I : Comparaison des relevés de phytoplancton dans la Meuse belge en été 1946 et 1953 et en automne 1981 (d'après SYMOENS,1957 et DESCY,1983 in MICHA et PILETTE,1988).
- Tableau II : Evolution amont-aval des macrophytes vasculaires aquatiques de la Meuse belge (d'après DESCY,1988 in MICHA et PILETTE,1988).
- Tableau III : Inventaire des macroinvertébrés à Waulsort avant 1939 et de 1980 à 1987 (nomenclature actuelle) (d'après DAMAS,1939; MEURISSE-GENIN et al.,1987; d'UDEKEM,1987 in MICHA et BORLEE,1988).
- Tableau IV: Inventaire qualitatif et status des poissons en Meuse (d'après PHILIPPART et al., 1989).
- Tableau V : Tableau synthétique des biocénoses en rivière.
- Tableau VI : Comparaison des symboles utilisés pour les estimations de l'échantillon et les paramètres de la population (ELLIOT J.M. et DECAMPS H., 1973).
- Tableau VII : Valeurs du t de Student pour 95 % des limites de confiance et pour les seuils de signification 5 % dans les test t (v=nombre de degrés de liberté)(d'après ELLIOT J.M. et DECAMPS H., 1973).
- Tableau VIII : Caractéristiques des stations échantillonnées en septembre 1989 dans le bief de Waulsort lors du chômage technique.
- Tableau IX : Légende des fiches de terrain.
- Tableaux Xa à Xi.: Fiche de terrain et description des habitats. Station N°1 à 9.
- Tableau XI : Légende de la carte topographique.
- Tableau XII : Légende des types de berges.
- Tableaux XIII et XIII' : Estimation des surfaces des berges émergées (Waulsort, chômage technique septembre 1989).
- Tableau XIV : Liste des macroinvertébrés prélevés lors du chômage technique à Waulsort, septembre 1989.
- Tableaux XVa à XVI : Liste des macroinvertébrés prélevés aux stations 1 à 9 (Waulsort, septembre 1989).
- Tableau XVI : Tableau de synthèse regroupant l'abondance des macroinvertébrés au sein des neufs stations (Waulsort, septembre 1989).
- Tableau XVII : Tableau des indices de Shannon-Weaver.
- Tableaux XVIII et XVIII' : Tableau de données '58 espèces x 81 échantillons' traité dans l'analyse factorielle des correspondances (A.F.C.).
- Tableau XIX : Décroissance des valeurs propres et des variabilités exprimées, et cumul de la variabilité exprimée par les 15 premiers facteurs, dans l'A.F.C. du tableau de données.
- Tableaux XXa à XXI: Biomasses (g de poids frais par m²) et Densités (nombre d'individus par m²) calculées sur la moyenne de neuf échantillons par station.

Tableaux XXIa à XXIi : Moyennes et Variances de quelques taxa représentatifs calculées à partir des neuf échantillons par station.

Tableau XXII : Liste des abréviations utilisées pour les taxa.

Tableau XXIII et XXIII' : Tableau de synthèse des données rassemblées en grands groupes taxonomiques (Waulsort, septembre 1989).

Tableau XXIV : Liste des taxa accompagnés de leur mode nutritionnel et des faciès préférés.

Tableau XXV : Liste des abréviations utilisées pour les différents groupes fonctionnels.

Tableau XXVI : Description qualitative du plancton et du périphyton récoltés en même temps que les macroinvertébrés (détermination réalisée par J.-P. DESCY).

ANNEXES.



Annexe 1 : Fiches de terrain et description des neuf stations du bief de Waulsort.

Tableau X A. : Fiche de terrain et description des habitats.
Station N°1 (Vasière naturelle sableuse, île Monia).

Caractéristiques \ Echantillons :	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Type de substrat :	V1	V1	V1	V1	V1	V1	S2	S2	S2
Stabilité du substrat :	2	2	2	2	2	2	0	0	0
Type de végétation sur le substrat :	V0								
Abondance de la végétation :	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nature de la couverture biologique :	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Mode de prélèvement sur l'habitat :	Q	Q	Q	S	S	S	Q	Q	Q
Classes de hauteur d'eau :	H1	H1	H1	H2	H2	H2	H4	H4	H4
Classes de distance au haut de berge :	D1	D1	D1	D2	D2	D2	D3	D3	D3
Classes de vitesse de courant :	C1								
Observations : Echantillons ABCDEF récoltés le 17 septembre 1989. Echantillons GHI récoltés le 18 septembre 1989. GHI anodontes présentes.									

Tableau X B. : Fiche de terrain et description des habitats.
Station N°2 (Vasière naturelle caillouteuse).

Caractéristiques \ Echantillons :	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Type de substrat :	G1	G1	G1	G2	G2	G2	G1	G1	G1
Stabilité du substrat :	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Type de végétation sur le substrat :	A1	A1	A1	A1	A1	A1	V0	V0	V0
Abondance de la végétation :	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Nature de la couverture biologique :	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mode de prélèvement sur l'habitat :	Q	Q	Q	Q	Q	Q	S	S	S
Classes de hauteur d'eau :	H2								
Classes de distance au haut de berge :	D1	D1	D1	D2	D2	D2	D3	D3	D3
Classes de vitesse de courant :	C1								
Observations : Echantillons ABCDEFGHI récoltés le 17 septembre 1989. Anodontes présentes. GHI =G1 avec blocs.									

Tableau X C. : Fiche de terrain et description des habitats.
Station N°3 (Plage naturelle vaseuse avec racines d'arbres en bordure).

Caractéristiques \ Echantillons :	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Type de substrat :	G2	G2	G2	G1	G1	G1	G2	G2	G2
Stabilité du substrat :	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Type de végétation sur le substrat :	A1	A1	A1	V0	V0	V0	V0	V0	V0
Abondance de la végétation :	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nature de la couverture biologique :	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mode de prélèvement sur l'habitat :	Q	Q	Q	S	S	S	Q	Q	Q
Classes de hauteur d'eau :	H2	H2	H2	H3	H3	H3	H4	H4	H4
Classes de distance au haut de berge :	D1	D1	D1	D2	D2	D2	D3	D3	D3
Classes de vitesse de courant :	C1								
Observations : Echantillons ABCDEF récoltés le 17 septembre 1989. Echantillons GHI récoltés le 18 septembre 1989.									

Tableau X D. : Fiche de terrain et description des habitats.
Station N°4 (Perré non cimenté avec coulée de béton).

Caractéristiques \ Echantillons :	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Type de substrat :	P1	P4							
Stabilité du substrat :	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Type de végétation sur le substrat :	A2								
Abondance de la végétation :	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nature de la couverture biologique :	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mode de prélèvement sur l'habitat :	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
Classes de hauteur d'eau :	H2	H2	H2	H3	H3	H3	H4	H4	H4
Classes de distance au haut de berge :	D1	D1	D1	D2	D2	D2	D2	D2	D2
Classes de vitesse de courant :	C1								
Observations : Echantillons ABC récoltés le 17 septembre 1989. Echantillons DEFGHI récoltés le 18 septembre 1989. Coulée de béton friable.									

Tableau X E. : Fiche de terrain et description des habitats.
Station N°5 (Plage naturelle vaseuse, le long de la prairie).

Caractéristiques \ Echantillons :	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Type de substrat :	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G2	G2	G2
Stabilité du substrat :	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Type de végétation sur le substrat :	A3								
Abondance de la végétation :	1	1	1	2	2	2	2	2	2
Nature de la couverture biologique :	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mode de prélèvement sur l'habitat :	Q	Q	Q	Q	Q	Q	S	S	S
Classes de hauteur d'eau :	H2								
Classes de distance au haut de berge :	D1	D1	D1	D2	D2	D2	D3	D3	D3
Classes de vitesse de courant :	C1								
Observations : Echantillons ABCDEFGHI récoltés le 17 septembre 1989. Anodontes présentes.									

Tableau X F. : Fiche de terrain et description des habitats.
Station N°6 (Ancien perré à sec ou non cimenté).

Caractéristiques \ Echantillons :	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Type de substrat :	P1	P1	P1	G1	G1	G1	G2	G2	G2
Stabilité du substrat :	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Type de végétation sur le substrat :	V0	V0	V0	V0	V0	V0	A1	A1	A1
Abondance de la végétation :	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Nature de la couverture biologique :	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Mode de prélèvement sur l'habitat :	Q	Q	Q	Q	Q	Q	S	S	S
Classes de hauteur d'eau :	H2	H2	H2	H3	H3	H3	H4	H4	H4
Classes de distance au haut de berge :	D1	D1	D1	D2	D2	D2	D3	D3	D3
Classes de vitesse de courant :	C1	C1	C1	C2	C2	C2	C2	C2	C2
Observations : Echantillons ABC récoltés le 17 septembre 1989. Echantillons DEFGHI récoltés le 18 septembre 1989. Pas de vase sur les substrats.									

Tableau X G : Fiche de terrain et description des habitats.
Station N°7 (Plage caillouteuse).

Caractéristiques \ Echantillons :	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Type de substrat :	G1								
Stabilité du substrat :	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Type de végétation sur le substrat :	A1	A1	P1	V0	V0	V0	V0	V0	V0
Abondance de la végétation :	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nature de la couverture biologique :	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mode de prélèvement sur l'habitat :	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
Classes de hauteur d'eau :	H1	H1	H1	H2	H2	H2	H3	H3	H3
Classes de distance au haut de berge :	D1	D1	D1	D2	D2	D2	D3	D3	D3
Classes de vitesse de courant :	C1	C1	C1	C2	C2	C2	C3	C3	C3
Observations : Echantillons ABCDEFGHI récoltés le 18 septembre 1989. G1 avec blocs et sans vase.									

Tableau X H : Fiche de terrain et description des habitats.
Station N°8 (Plage naturelle de galets, île de Waulsort).

Caractéristiques \ Echantillons :	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Type de substrat :	G2								
Stabilité du substrat :	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Type de végétation sur le substrat :	V0	V0	V0	A1	A1	A1	A1	A1	A1
Abondance de la végétation :	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nature de la couverture biologique :	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mode de prélèvement sur l'habitat :	Q	Q	Q	S	S	S	S	S	S
Classes de hauteur d'eau :	H1	H1	H1	H2	H2	H2	H2	H2	H2
Classes de distance au haut de berge :	D1	D1	D1	D2	D2	D2	D2	D2	D2
Classes de vitesse de courant :	C2	C2	C2	C3	C3	C3	C3	C3	C3
Observations : Echantillons ABCDEF récoltés le 17 septembre 1989. Echantillons GHI récoltés le 18 septembre 1989. G2 sans vase. Le niveau d'étiage n'a presque pas varié.									

Tableau X I. : Fiche de terrain et description des habitats.
 Station N°9 (Nouveau perré cimenté, île de Waulsort).

Caractéristiques \ Echantillons :	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Type de substrat :	P2								
Stabilité du substrat :	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Type de végétation sur le substrat :	A1								
Abondance de la végétation :	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Nature de la couverture biologique :	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mode de prélèvement sur l'habitat :	Q	Q	Q	Q	Q	Q	S	S	S
Classes de hauteur d'eau :	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H3	H3	H3
Classes de distance au haut de berge :	D1	D1	D1	D2	D2	D2	D3	D3	D3
Classes de vitesse de courant :	C1								
Observations : Echantillons ABC récoltés le 17 septembre 1989. Echantillons DEFGHI récoltés le 18 septembre 1989. GHI plate-forme de béton.									

Tableau IX : Légende des fiches de terrain.

Type de substrat :

- G1 : pierres, gros galets dominants avec graviers, vase.
- G2 : petits galets dominants avec graviers, limon, vase.
- V1 : vase.
- V2 : vase peu épaisse limoneuse.
- S1 : sable.
- S2 : sable avec graviers, galets, limon, débris végétaux.
- P1 : perré non cimenté.
- P2 : perré cimenté.
- P3 : mur bétonné.
- P4 : perré non cimenté recouvert d'une coulée de béton.

Stabilité du substrat :

- 0 : pas de signe d'instabilité.
- 1 : signe d'instabilité.
- 2 : substrat nettement instable.

Type de végétation sur le substrat :

- V0 : absence de végétation.
- A1 : algues macroscopiques.
- A2 : algues et mousses mélangées.
- A3 : algues, mousses et macrophytes mélangés.
- P1 : phanérogames de bordures émergentes.
- P2 : phanérogames d'eau calme à feuilles flottantes.

Abondance de la végétation :

- 1 : recouvrement de 1 à 10 % sur l'habitat.
- 2 : recouvrement de 10 à 50 % sur l'habitat.
- 3 : recouvrement de 50 à 90 % sur l'habitat.
- 4 : recouvrement > 90 % sur l'habitat.

Nature de la couverture biologique (périphyton et plancton) :

- 1 : couverture biologique pratiquement nulle.
- 2 : diatomées peu visibles.
- 3 : diatomés assez développées.

Mode de prélèvement sur l'habitat :

- S : filet de Surber de 30 sur 33 cm.
- Q : quadrats de 30 sur 33 cm.

Classes de hauteur d'eau :

- H1 de 0 à 15 cm.
- H2 de 15 à 75 cm.
- H3 de 75 à 200 cm.
- H4 > 200 cm.

Classes de distance au haut de berge :

- D1 de 0.5 m à 2 m.
- D2 de 2 m à 5 m.
- D3 > 5 m.

Classes de vitesse de courant :

- C1 de 0 à 10 cm/s.
- C2 de 10 à 30 cm/s.
- C3 de 30 à 80 cm/s.
- C4 > 80 cm/s.

Figure 39¹ : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques (station 1).

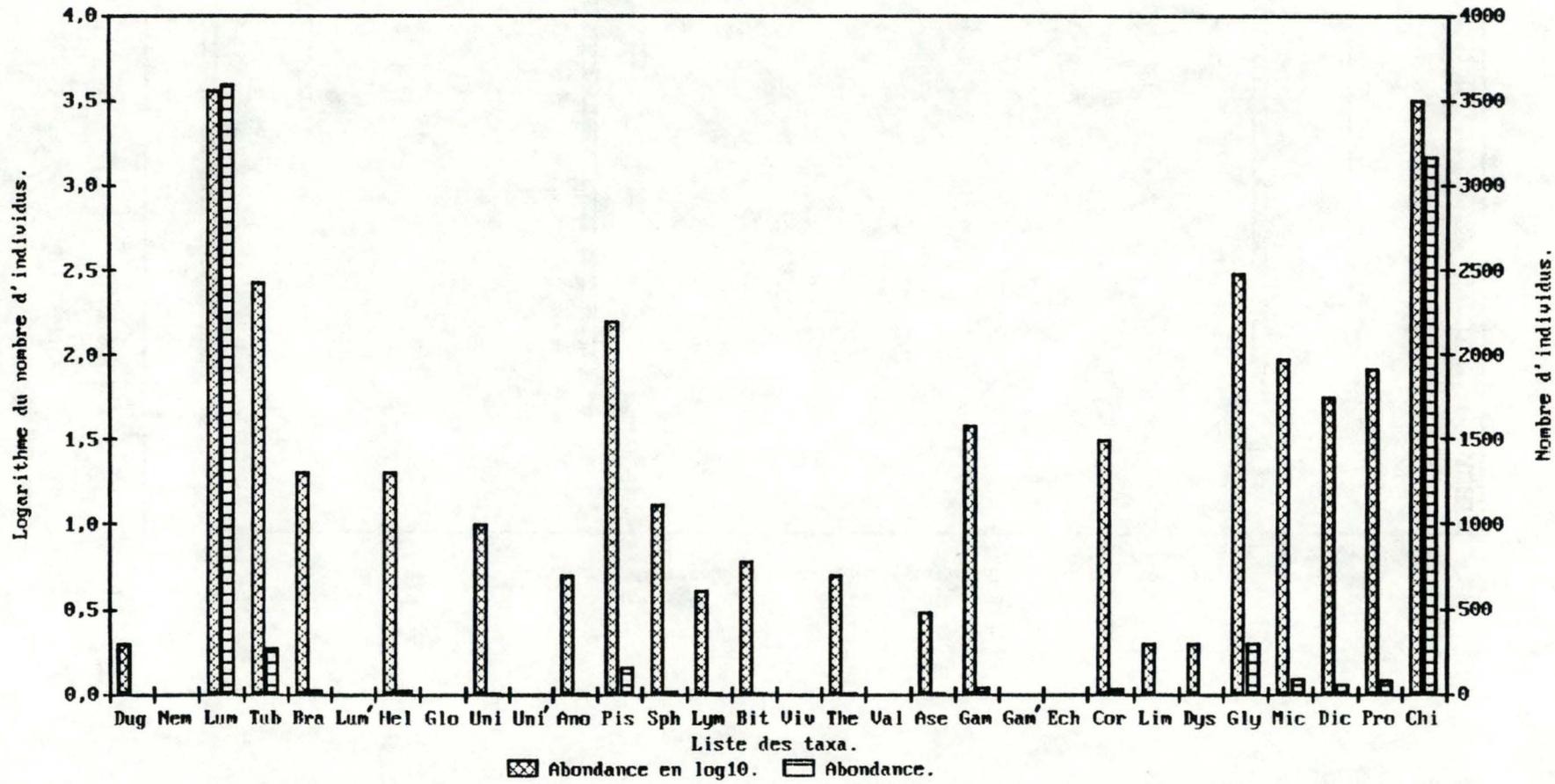


Figure 398¹ : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques (station 2).

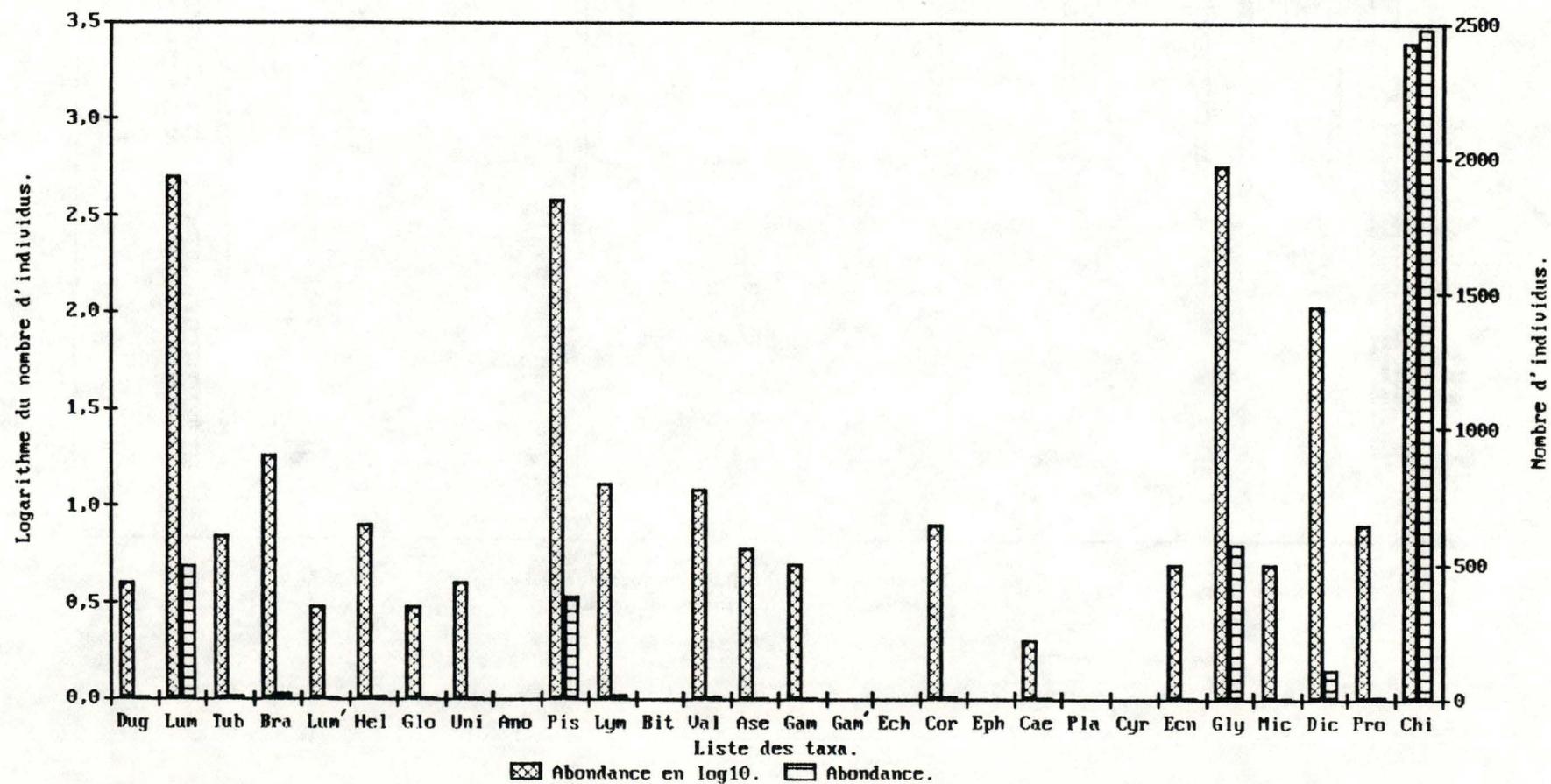


Figure 39C : Structure de la communauté
d'invertébrés benthiques (station 3).

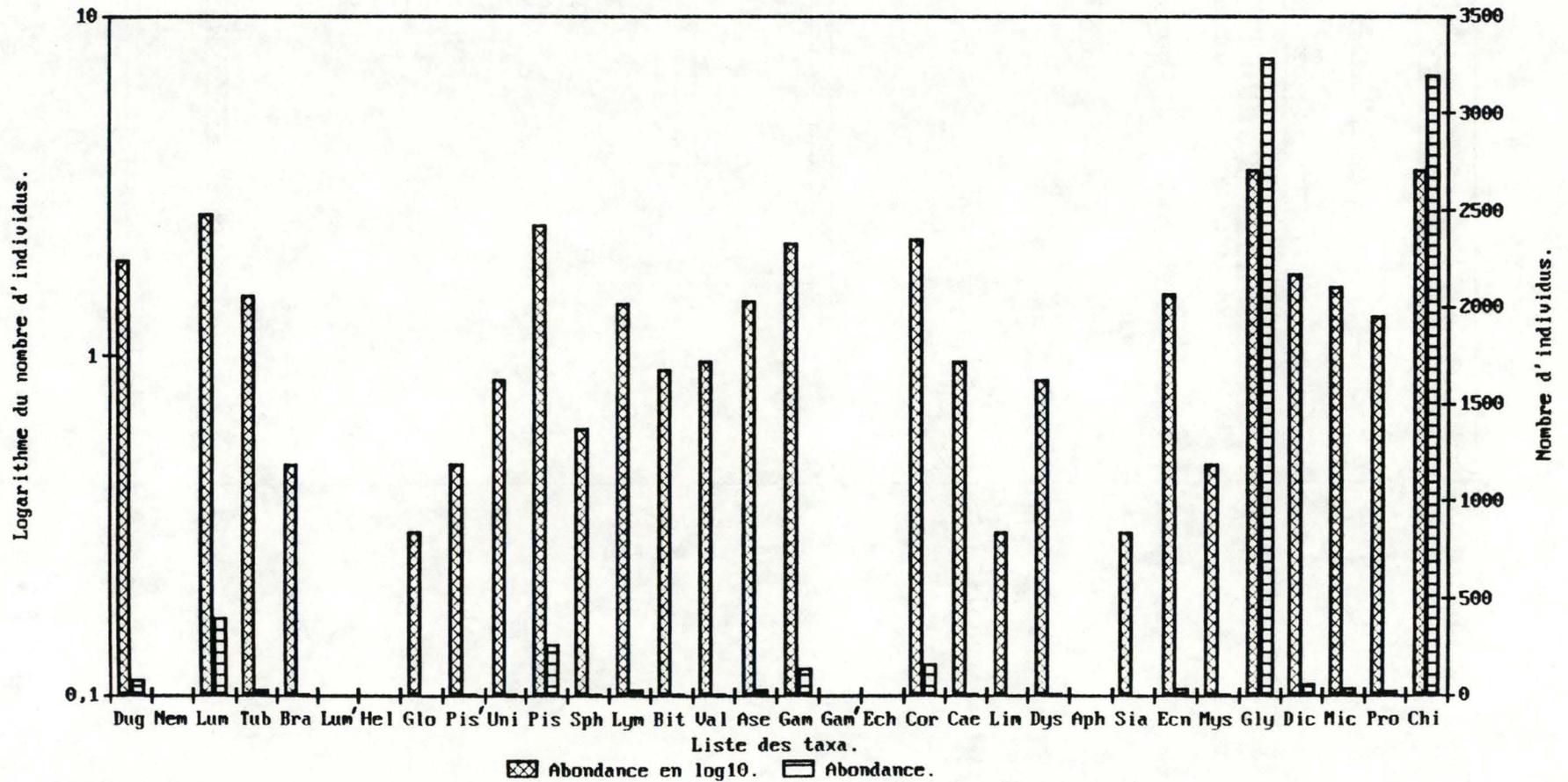


Figure 390 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques (station 4).

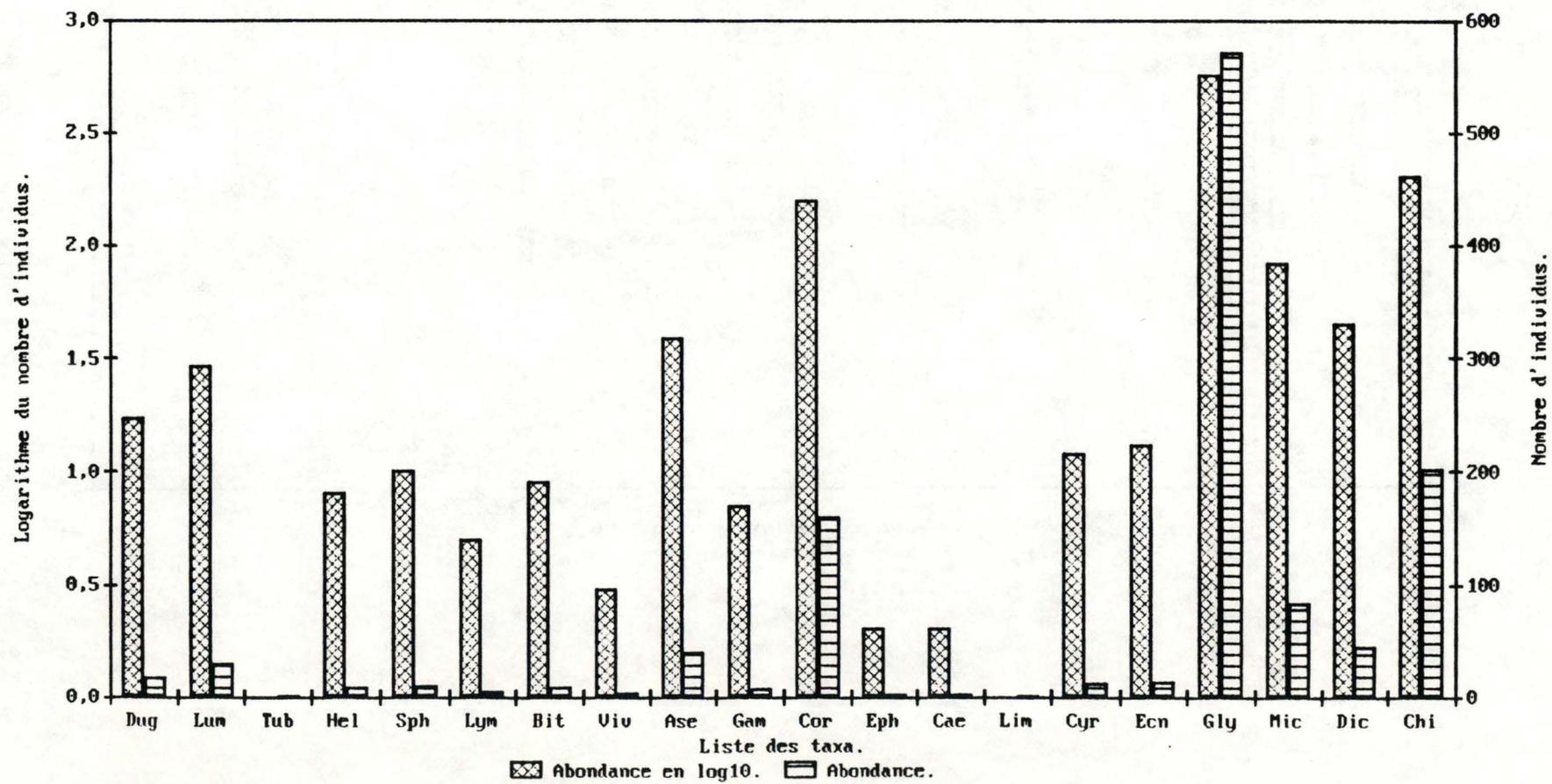


Figure 39E : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques (station 5).

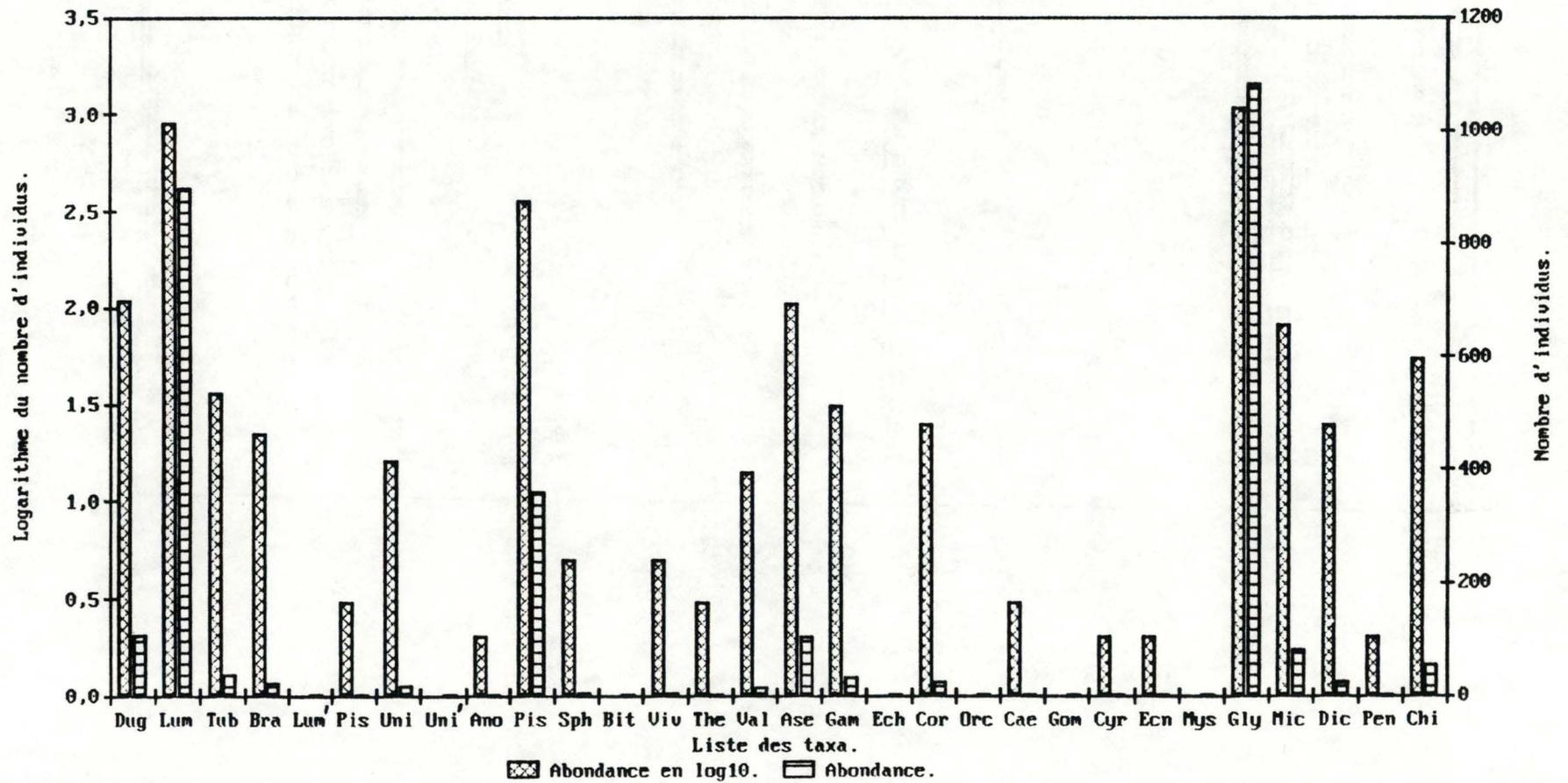


Figure 39¹ : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques (station 6).

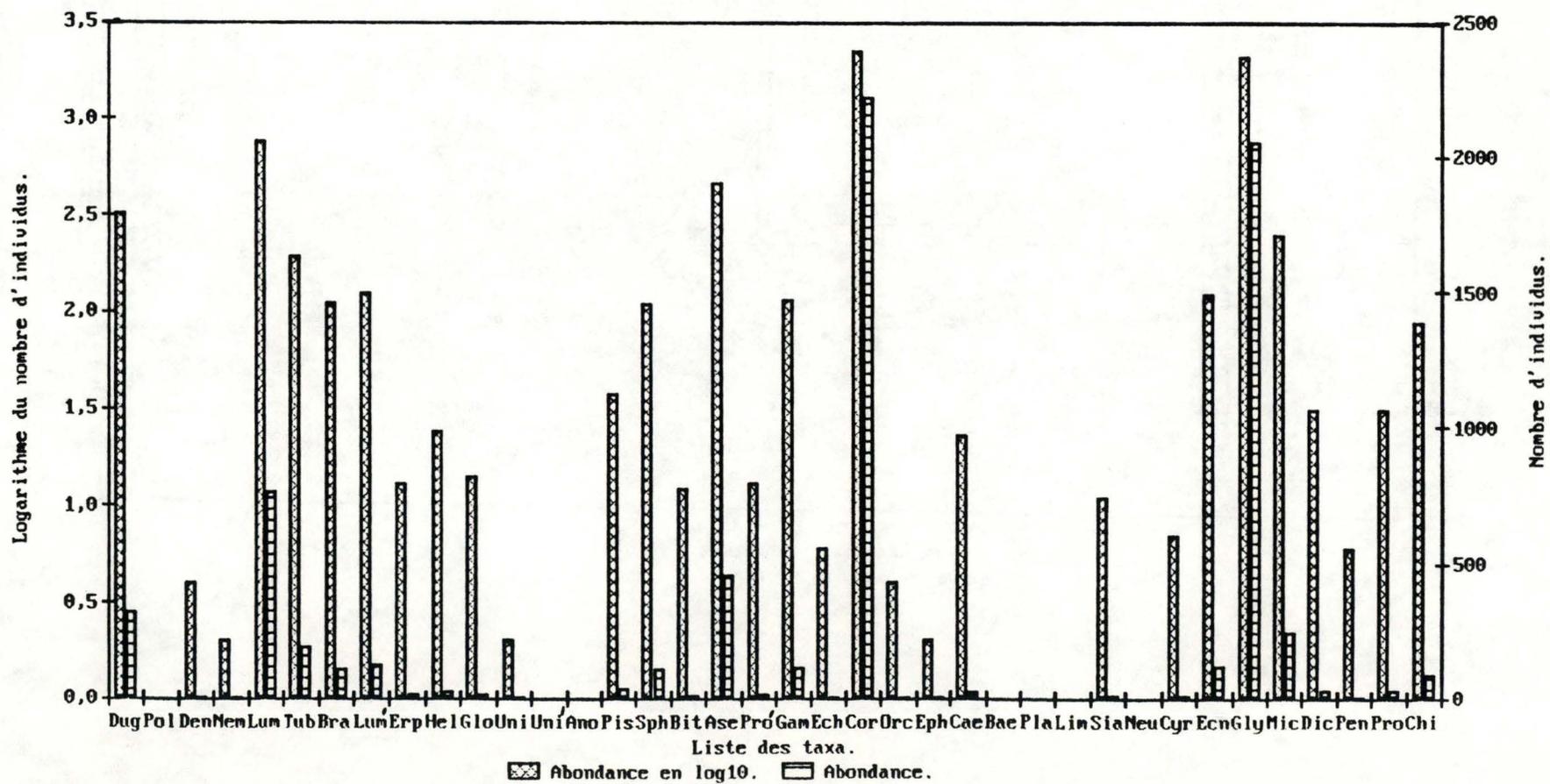


Figure 396¹: Structure de la communauté d'invertébrés benthiques (station 7).

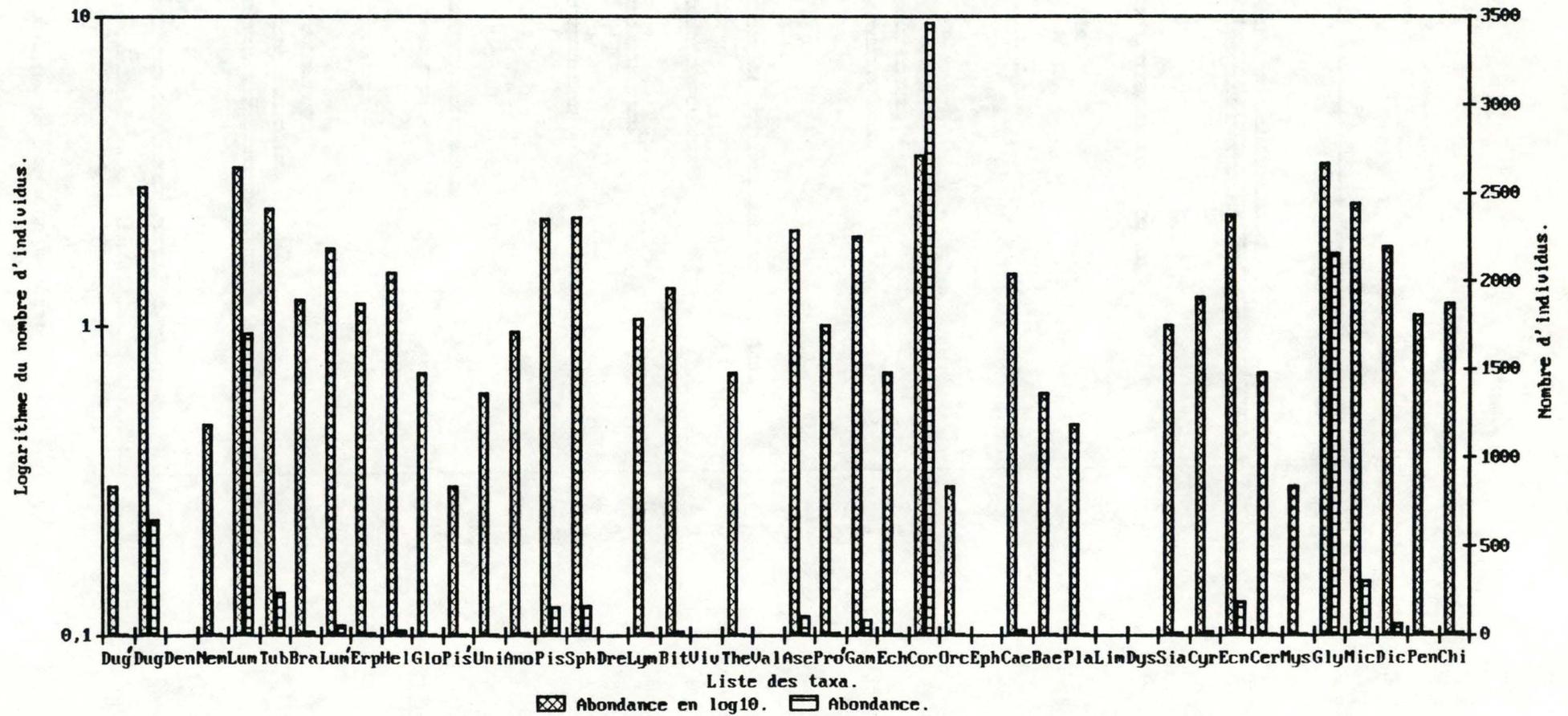


Figure 39¹ : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques (station B).

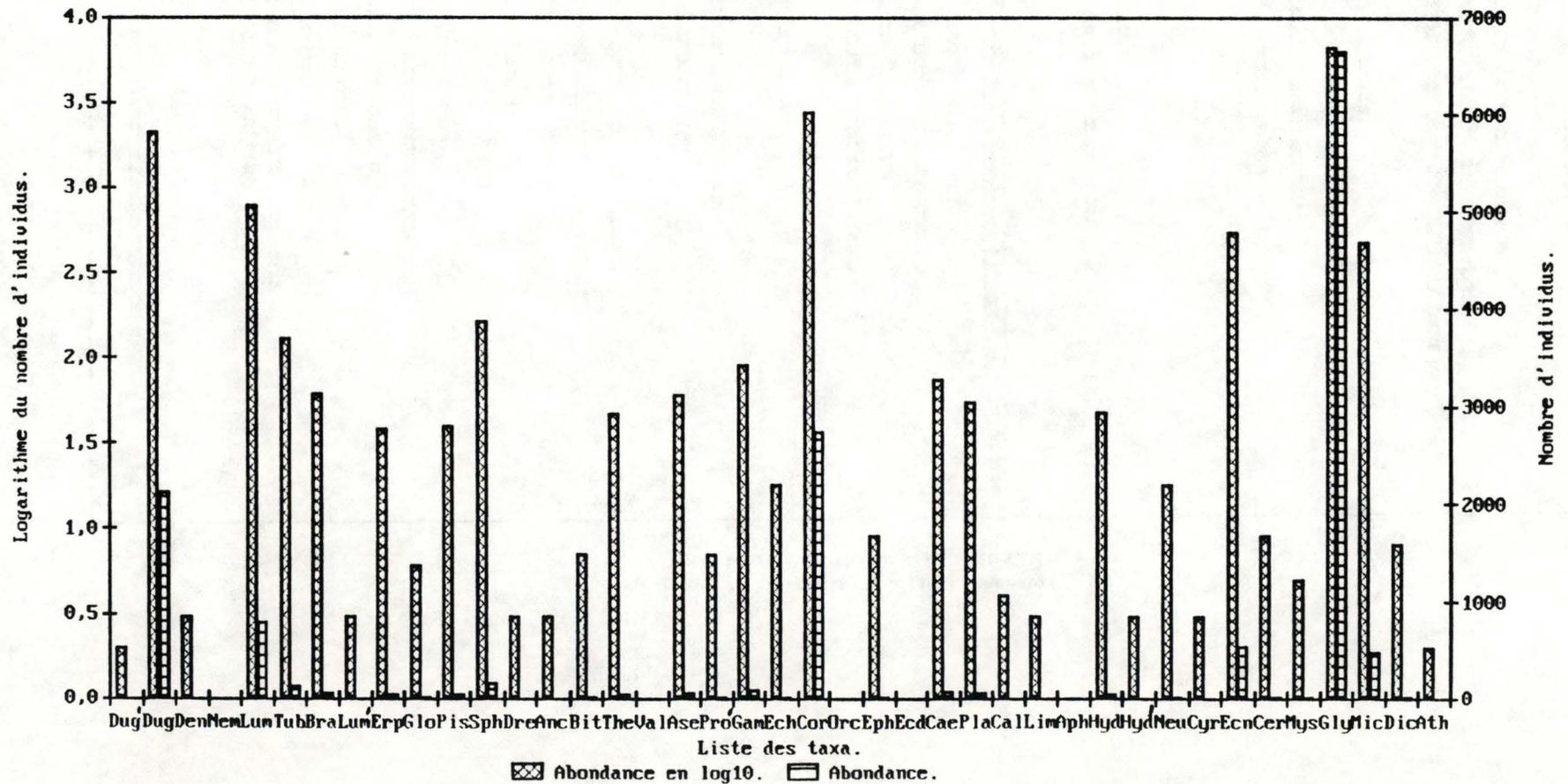


Figure 391 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques (station 9).

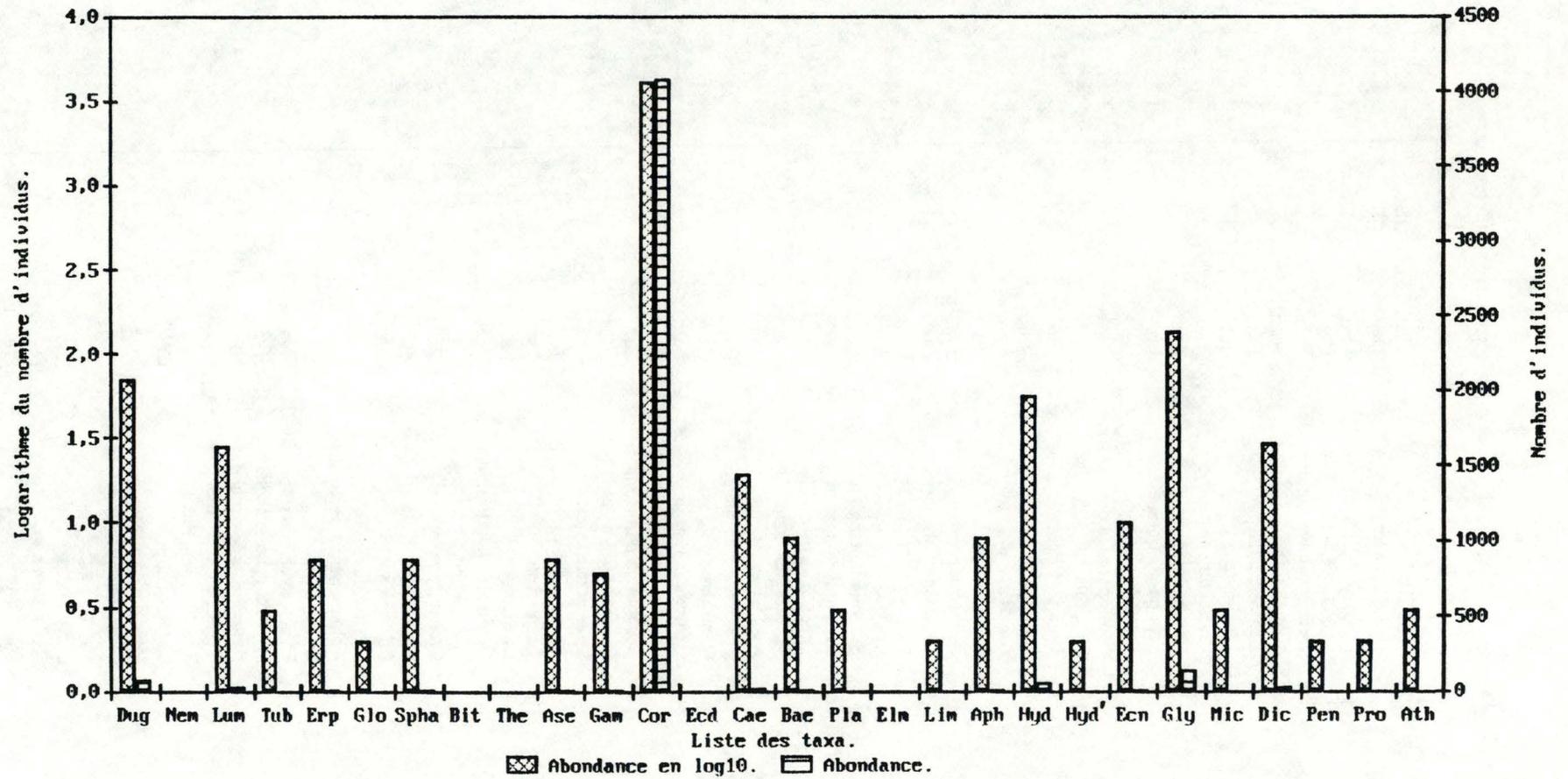


Tableau XII: Liste des abréviations utilisées pour les différents taxa.

Taxa.	Abréviations.
<i>Dugesia tigrina</i>	Dug'
<i>Dugesia lugubris</i>	Dug
<i>Polycelis</i> sp.	Pol
<i>Dendrocoelum lactum</i>	Den
Nematodes	Nem
Lumbriculidae	Lum
Tubificidae	Tub
<i>Branchiura sowerbyi</i>	Bra
Lumbricidae	Lum'
<i>Erpobdella octoculata</i>	Erp
<i>Helobdella stagnalis</i>	Hel
<i>Glossiphonia complanata</i>	Glo
<i>Piscicola geometra</i>	Pis'
<i>Unio pictorum</i>	Uni
<i>Unio crassus</i>	Uni'
<i>Anodonta anatina</i>	Ano
<i>Pisidium</i> spp.	Pis
<i>Sphaerium</i> spp.	Sph
<i>Dreissena polymorpha</i>	Dre
<i>Lymnaea</i> spp.	Lym
<i>Ancylus fluviatilis</i>	Anc
<i>Bithynia tentaculata</i>	Bit
<i>Viviparus viviparus</i>	Viv
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	The
<i>Valvata piscinalis</i>	Val
<i>Asellus aquaticus</i>	Ase
<i>Proasellus meridianus</i>	Pro'
<i>Gammarus pulex</i>	Gam
<i>Gammarus roeselii</i>	Gam'
<i>Echinogammarus berilloni</i>	Ech
<i>Corophium curvispinum</i>	Cor
<i>Orconectes limosus</i>	Orc
<i>Ephemera danica</i>	Eph
<i>Ecdyonurus</i> sp.	Ecd
<i>Caenis</i> spp.	Cae
<i>Baetis</i> spp.	Bae
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	Gom
<i>Platycnemis pennipes</i>	Pla
<i>Calopteryx virgo</i>	Cal
<i>Elmis</i> spp.	Elm
<i>Limnius</i> sp.	Lim
Dystiscidae	Dys
<i>Aphelocheirus aestivalis</i>	Aph
<i>Sialis nigripes</i>	Sia
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	Hyd
<i>Hydropsyche exocellata</i>	Hyd'
<i>Neuriclipis bimaculata</i>	Neu
<i>Cyrnus trimaculatus</i>	Cyr
<i>Ecnomus tenellus</i>	Ecn
<i>Ceraclea</i> spp.	Cer
<i>Mystacides</i> spp.	Mys
<i>Glyptotendipes</i> spp.	Gly
<i>Microtendipes</i> spp.	Mic
<i>Dicrotendipes</i> spp.	Dic
<i>Pentareura</i> spp.	Pen
<i>Procladius</i> spp.	Pro
<i>Chironomus reductus</i>	Chi
<i>Atherix ibis</i>	Ath

Annexe 3 : Tableau XX1 : Moyennes et Variances de quelques taxa représentatifs

calculées à partir des neuf échantillons par station.

Tableaux A :

Tableaux B :

Tableaux C :

Moyennes et variances calculées à partir des neuf échantillons

prélevés à la station 1		
Taxa	Moyenne	Variance
* Dug	0,22	0,27
Lum	398,56	175896,47
* Tub	32,11	1185,43
Lum	0,11	0,10
Hel	2,22	9,06
Glo	0,11	0,10
Pis	17,44	419,80
Sph	1,44	10,02
Lym	0,44	0,47
Bit	0,67	1,11
The	0,56	1,14
Val	0,11	0,10
* Ase	0,33	0,89
* Gam	4,44	29,80
Cor	3,44	23,36
* Chi	58,89	830,10
Chi	351,67	51541,78

prélevés à la station 2		
Taxa	Moyenne	Variance
* Dug	0,44	0,45
Lum	55,00	527,56
* Tub	2,78	7,95
Lum	0,33	0,44
Hel	0,89	6,32
Glo	0,33	0,89
Pis	42,00	1348,44
Lym	1,44	16,69
Bit	0,11	0,10
Val	1,33	1,33
* Ase	0,67	2,44
* Gam	0,78	0,82
Cor	0,89	2,54
Eph	0,11	0,10
Cae	0,22	0,40
Pla	0,11	0,10
Ecn	0,56	1,14
* Chi	76,89	3006,54
Chi	275,33	24965,11

prélevés à la station 3		
Taxa	Moyenne	Variance
* Dug	8,89	106,54
Lum	44,44	654,69
* Tub	3,78	7,73
Lum	0,13	0,11
Hel	0,11	0,10
Glo	0,22	0,17
Pis	28,67	530,00
Sph	0,44	0,47
Lym	2,89	24,77
Bit	0,89	2,10
Val	1,00	2,44
* Ase	3,11	23,21
* Gam	15,11	431,43
Cor	17,56	975,80
Cae	1,00	3,33
Sia	0,22	0,17
Ecn	3,56	16,91
* Lep	0,33	0,89
* Chi	377,00	16184,89
Chi	354,67	235961,11

Tableaux D :

Tableaux E :

Tableaux F :

Moyennes et variances calculées à partir des neuf échantillons par station.

prélevés à la station 4		
Taxa	Moyenne	Variance
* Dug	1,89	18,77
Lum	3,22	15,28
* Tub	0,11	0,10
Hel	0,89	6,32
Sph	1,11	7,88
Lym	0,56	0,91
Bit	1,00	2,67
* Ase	4,33	89,56
* Gam	0,78	1,51
Cor	17,67	331,11
Eph	0,22	0,40
Cae	0,22	0,27
Ecn	1,44	1,91
* Chi	77,56	2256,69
Chi	22,44	515,58

prélevés à la station 5		
Taxa	Moyenne	Variance
* Dug	12,00	472,22
Lum	99,67	6168,00
* Tub	6,44	13,36
Lum	0,11	0,10
Pis	39,89	589,65
Sph	0,56	1,58
Bit	0,11	0,10
The	0,33	0,44
Val	1,56	7,36
* Ase	11,67	225,78
* Gam	3,56	31,80
Cor	2,78	8,62
Cae	0,33	0,44
Ecn	0,22	0,40
* Lep	0,11	0,10
* Chi	132,22	5208,40
Chi	6,11	50,77

prélevés à la station 6		
Taxa	Moyenne	Variance
* Dug	35,67	657,78
Lum	84,67	4843,78
* Tub	33,56	1225,14
Lum	13,78	1186,17
Erp	1,44	4,91
Hel	2,67	26,22
Glo	1,56	1,58
Pis	4,11	50,99
Sph	12,11	209,65
Bit	1,33	3,33
* Ase	52,11	4941,65
* Gam	13,33	255,33
Cor	246,22	105860,17
Eph	0,22	0,17
Cae	2,56	10,02
Pla	0,11	0,10
Sia	1,22	0,62
Ecn	13,44	188,91
* Chi	262,89	24060,99
Chi	9,67	134,22

Tableaux G :

Tableaux H :

Tableaux I :

Moyennes et variances calculées à partir des neuf échantillons par station.

prélevés à la station 7		
Taxa	Moyenne	Variance
* Dug	72,33	8642,00
Lum	189,67	16787,56
* Tub	28,11	258,77
Lum	6,44	32,91
Erp	1,67	1,33
Hel	3,33	48,22
Glo	0,56	0,47
Pis	17,89	989,88
Sph	18,67	215,11
Lym	1,22	3,95
Bit	2,33	5,33
The	0,56	0,47
Val	0,11	0,10
* Ase	13,11	306,99
* Gam	10,00	131,56
Cor	384,56	178937,58
Eph	0,11	0,10
Cae	3,22	5,51
Pla	0,33	0,89
Sia	1,11	2,54
Ecn	20,78	786,62
* Lep	0,78	0,84
* Chi	281,44	41992,02
Chi	1,67	12,44

prélevés à la station 8		
Taxa	Moyenne	Variance
* Dug	235,11	20282,32
Lum	86,67	2367,11
* Tub	21,00	112,00
Lum	0,33	0,44
Erp	4,22	2,62
Glo	0,67	0,44
Pis	4,33	26,00
Sph	18,00	308,44
Bit	0,78	1,51
The	5,22	22,62
Val	0,11	0,10
* Ase	7,44	15,80
* Gam	11,89	169,21
Cor	304,00	62670,44
Eph	1,00	0,44
Cae	8,22	57,73
Pla	6,00	19,11
Ecn	60,33	1689,11
* Lep	1,44	1,58
* Chi	791,67	103397,33

prélevés à la station 9		
Taxa	Moyenne	Variance
* Dug	7,78	168,17
Lum	3,11	16,10
* Tub	0,33	0,44
Erp	0,67	1,78
Glo	0,22	0,40
Sph	0,67	1,56
Bit	0,11	0,10
The	0,11	0,10
* Ase	0,67	0,89
* Gam	0,56	1,14
Cor	452,33	217765,11
Cae	2,11	7,65
Pla	0,33	0,44
Ecn	1,11	6,10
* Chi	19,00	162,89

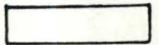
LEGENDE

Echelle : 1/10.000

extrait des cartes I.G.N.
n° 53/7, 18 & 58/3

Nature de la berge

Berge naturelle



Berge artificielle

technique de consolidation :

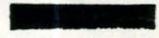
gabions - enrochements



perré à sec



perré cimenté



mur bétonné



Hauteur < 1m



1 à 2m



2 à 4m



Inclinaison verticale



oblique



faible



Recouvrement par la végétation

Type de végétation terrestre :

arbres



arbustes



herbacées



- aquatique ou semi-aquatique roselières



% de recouvrement < 50%



50 à 75%



> 75%



Occupation des rives et aménagements

Port de plaisance, club nautique



Camping



Zone récréative



Piste de vitesse (ski nautique)



Zone de pêche



Frayères



Sites de nidification du martin pêcheur



Barrage ancien



travaux



nouveau



Ecluse



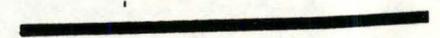
Pont



Sens du courant



Limite bief



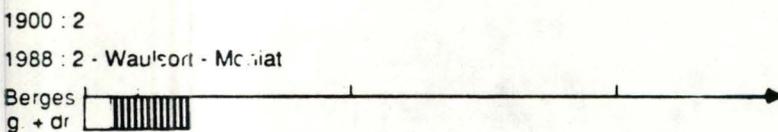
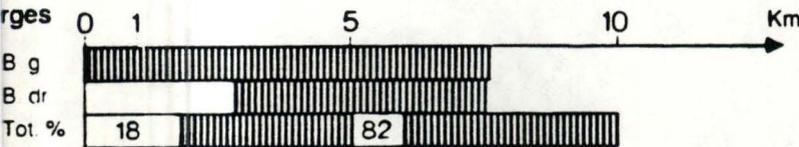
Travaux



Site classé



BIEF WAULSORT



Intérêts d'intérêt écologique

roselières : 800m km 8,5 berge droite
espèces : iris - phragmite - baldingère - rumex
rubanier - carex+ nénuphars

frayères : berge gauche (mole écluse) - berge droite île de Waulsort
berge droite km 9-10,7 à 11,7 - 12,3 à 14,5
Noues Colébi - Moniat
berge gauche île Moniat

Barrage : type : à aiguilles (rénovation en projet)
dénivellation : 2,40m (future)
échelle à poissons : néant

	berge naturelle
	berge artificielle
	béton
	perré cimenté
	gabions, perré à sec, enrochements