

THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES BIOLOGIQUES

Étude comparative de différents types de berges aménagées sur l'Ourthe liégeoise

Decamp, Olivier

Award date:
1989

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 comparative de différents types
de berges aménagées sur l'Ourthe
liégeoise.

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

DECAMP Olivier
1988-1989

Facultés Universitaire Notre-Dame de la Paix
FACULTE DES SCIENCES
Rue de Bruxelles 61 - 5000 NAMUR
Tél. 081/22.90.61 - Télex 59222 facnam-b - Telefax 081/23.03.91

**Titre du mémoire : Etude comparative de différents types
de berges aménagées sur l'Ourthe liégeoise.**

DECAMP Olivier

Résumé

Différentes techniques de consolidation de berge ont été étudiées en deux stations de l'Ourthe liégeoise (Esneux et Colonster), afin de comparer leurs possibilités de recolonisation par la flore et la faune, et d'en dégager des recommandations d'aménagement. Il apparaît qu'aucune technique n'est systématiquement favorable. Nous avons observé des zones de berge mieux recolonisées que d'autres en fonction de différents facteurs : présence d'une zone littorale et de substrat (sédiments) pour la flore et présence de végétaux et d'un substrat non colmaté pour la faune. Si l'utilisation de murs, perrés cimentés de forte pente est à déconseiller, il est certain que les enrochements de petit calibre ou les perrés à sec sont bien recolonisables. D'autres recherches, axées sur une méthode de prélèvements selon les habitats rencontrés, devraient être effectuées sur un plus grand nombre de stations de façon à permettre des conclusions plus significatives.

Abstract

Different techniques of bank's consolidation were studied in two places of River Ourthe (Province of Liège, Belgium). The aim was to compare the colonization by flora and faun, and to draw some advice for further works. According to our results, there is no better techniques. The most colonized parts of banks are characterized by a littoral zone, some substrate (both especially for flora), presence of vegetation and a non warped substrate (both for macroinvertebrate). It is sure that the use of wall or cemented stone pitching is unfavourable. On the other hand, stone pitching without cement and use of small rocks allow flora and faun to colonize the place. Other studies, based on habitat, should be done with more stations. It could lead to more significant conclusions.

Mémoire de licence en Sciences Biologiques

Septembre 1989

Promoteur : Professeur J.- C. Micha

Au terme de ce mémoire , je tiens à remercier tout particulièrement Monsieur le Professeur J.-C. Micha , promoteur de ce travail , pour m'avoir accueilli dans son laboratoire .

Je remercie à nouveau Monsieur J.-C. Micha et Mademoiselle G. Verniers pour les conseils judicieux et les encouragements prodigués tout au long de ce mémoire .

Je tiens à exprimer toute ma gratitude à Monsieur Ph. Stroot pour son aide efficace et sa disponibilité .

Je remercie également Monsieur E. Depiereux pour son assistance au niveau du traitement des données .

Un grand merci à l'ensemble des membres du laboratoire et tout particulièrement à A. Evrard et F. Martens , pour leur aide technique et la bonne ambiance qu'ils ont apportée durant cette année .

Je tiens à remercier Messieurs J.L. Desloover et J. Margot pour leur aide .

Merci à H. Ducobu et F. Vassen pour leur collaboration .

Enfin , je remercie mes parents , mes amis et tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire .

TABLE DES MATIERES

Introduction	I 1
1. Synthèse bibliographique	
1.1. La rivière et les berges	1
1.1.1. Définition et description	1
1.1.2. Le substrat	2
1.1.2.a. la texture	2
1.1.2.b. la structure	2
1.1.2.c. la stabilité	3
1.1.2.d. le colmatage	3
1.1.2.e. la litière	3
1.1.3. La végétation	3
1.1.4. La faune	5
1.1.5. Habitabilité-microhabitats	7
1.1.6. Le rôle de la végétation des berges	8
1.1.7. Les différents types de berge	9
1.1.8. Mécanisme de dégradation	10
1.2. Techniques de consolidation des berges	13
1.2.1. Moyens mécaniques	13
1.2.1.1. Protection directe	13
enrochement	13
plaques en béton	14
géotextiles	14
gabions	14
mur et perré en béton	16
palplanches métalliques	17
ouvrages en bois	17
perrés	17
1.2.1.2. Protection indirecte	18
épis	18
seuils	18
1.2.2. Protection naturelle	18
1.2.2.1. Quelques types de plantation	19
berges arborées	19
berges enherbées	21
berges à roselière	22
1.2.3. Combinaison des deux systèmes	23
1.3. Impacts des aménagements	24
1.3.1. Introduction	24
1.3.2. La flore	24
1.3.3. Les macroinvertébrés	24
1.3.4. Les poissons	27
1.3.5. Conclusions	28
1.4. L'Ourthe	29

3.3.2.2. Répartition des taxa en fonction des sites	72
3.3.2.3. Analyse de la structure des communautés	77
3.3.2.4. Comparaison de la proportion des groupes	79
3.3.2.5. Importance de la recolonisation par les groupes	80
3.3.2.6. Comparaison des groupes fonctionnels	82
3.3.2.7. Conclusions	84
3.3.3. Conclusions de l'étude des macroinvertébrés	87
4. Résumé et conclusions	92
5. Bibliographie	95

Liste des figures

Liste des tableaux

INTRODUCTION

INTRODUCTION

La dynamique de tout cours d'eau implique , selon la vitesse du courant , l'érosion ou la sédimentation des particules .

L'érosion d'une berge peut provoquer un affaissement de terrain , la perte de terres exploitées par l'homme , l'impraticabilité d'une voie de communication , etc ...

Pour éviter ces désagréments , différentes techniques ont été employées afin de consolider les berges menacées .

Le présent travail effectué dans le cadre du mémoire de fin d'étude , s'inscrit dans une démarche de conscientisation et d'évaluation de l'impact des techniques de consolidation sur l'écosystème de la berge .

L'Ourthe , la rivière où sont localisés les sites étudiés dans ce mémoire, connaît des problèmes d'inondation et d'érosion . Des travaux de consolidation , faisant appel à différents procédés , y ont été entrepris par le Service de la Meuse Liégeoise principalement .

L'artificialisation des berges , résultant des aménagements , y est variable .

Cependant , de façon globale , sur l'ensemble du cours d'eau entre Nisramont et Liège , 82 % des berges sont naturelles (ou assimilées à " naturelle " en raison de la vétusté de l'aménagement et de l'importance de la recolonisation végétale) . Les 18 % restant sont consolidés par différentes techniques tels des perrés en moellons , des enrochements , des murs bétonnés , des gabions (technique la plus récente) .

L'intensité des aménagements est surtout importante à partir de Tilff où 50 % au moins des berges sont artificialisées . (VERNIERS et al. 1988)

Cette tendance à l'aménagement des berges est due principalement à la nécessité de soutenir les zones à proximité des routes , des habitations ... ainsi qu'aux pressions locales (ex: demande par un fermier d'une protection de ses terres contre l'érosion)

Il est donc intéressant d'étudier et de comparer l'impact de chacun des procédés de consolidation sur les possibilités de recolonisation par la flore et la faune.

Ce mémoire est divisé en 2 parties principales , d'une part la synthèse bibliographique et d'autre part le travail pratique.

La synthèse bibliographique vise à montrer , après description du milieu riverain , l'importance écologique de la berge en abordant ses fonctions et ses utilisations par l'homme . Une description des différentes techniques existantes est essentielle pour analyser les impacts sur les biocénoses . Enfin une brève présentation du milieu choisi pour l'étude complète cette première partie .

Le travail pratique consiste en analyses des paramètres abiotiques et biotiques de quelques types de berges choisis en fonction des techniques de consolidation . Les résultats des prélèvements sur le terrain feront ensuite l'objet de traitements appropriés .

La synthèse des renseignements émanant de cette étude contribue, pour chaque technique étudiée , à définir l'habitabilité de la berge consolidée , qui est déduite de l'importance de la recolonisation du site par la flore et la faune . Ceci devrait permettre de justifier l'utilisation préférentielle d'un procédé par rapport à un autre ou éventuellement d'améliorer les techniques employées jusqu'à présent .

SYNTHESE

BIBLIOGRAPHIQUE

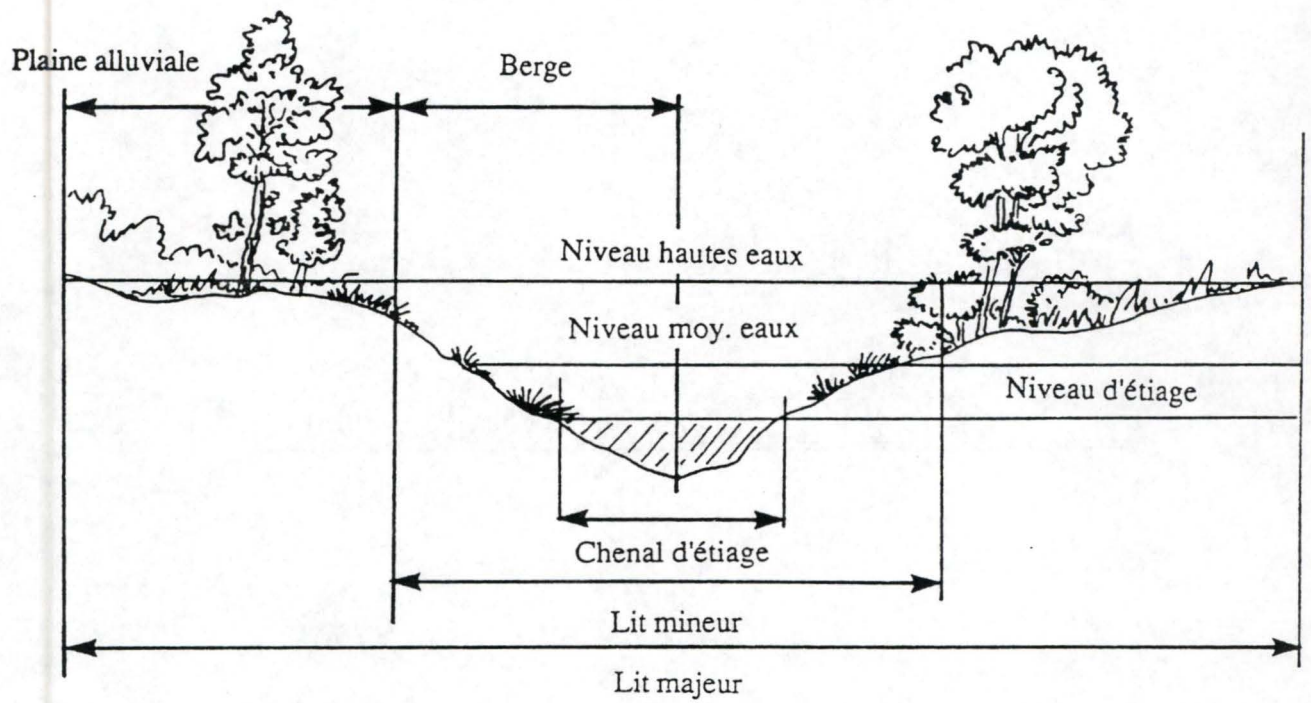


Figure 1 : Coupe transversale d'une rivière (d'après VERNIERS et SILAN 1987).

1. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.

1.1. LA RIVIÈRE ET LES BERGES .

Ce travail traite de cours d'eau et plus particulièrement de leurs berges . Il est par conséquent nécessaire dans un premier temps de décrire ce milieu , et de donner les éléments permettant de juger de l'importance mais aussi de la fragilité de cet écosystème.

Un des points développés est la notion de microhabitat qui, faisant intervenir autant des facteurs abiotiques comme le substrat que des facteurs biotiques comme la végétation , permet d'expliquer la faune rencontrée .

1.1.1. Définition et description .

La rivière peut être définie comme une masse d'eau en mouvement, qui agit naturellement à la fois par érosion et par alluvionnement sur le lit mineur et le lit majeur.

Dans une coupe transversale d'une rivière, on reconnaît le chenal d'étiage , le lit mineur et le lit majeur déterminé par le niveau des hautes eaux (figure 1) .On peut donner les définitions suivantes:

* lit majeur: partie du territoire recouverte par le cours d'eau en période de hautes eaux (TRICOT 1989), zone où les alluvions se déposent .

* lit mineur: appelé aussi lit ordinaire ou lit apparent , zone bien déterminée entre les berges , occupé par des matériaux roulés par les eaux et peu marqués , à l'inverse du lit majeur par la végétation ou l'occupation humaine .

* chenal d'étiage: partie limitée du lit mineur occupée par la rivière lors de l'étiage (VERNIERS et SILAN1987)

La berge est le bord exhaussé d'un cours d'eau ou d'un canal , nous dit le dictionnaire . C'est donc la portion de terrain qui limite tout cours d'eau .

Elle comprend : le pied du talus , zone soumise à l'action quasi permanente du courant , et située sous le niveau d'étiage et le talus , zone occasionnellement mise en contact avec le courant , située au-dessus du niveau d'étiage. (VERNIERS et al. 1987)

Il s'agit d'une zone de transition entre la terre ferme et l'eau mouvante (écotone). Elle présente une variété de biotopes importante et donc une grande diversité de faune et de flore.

1.1.2. Le substrat .

Le substrat est le facteur le plus important , en relation avec la vitesse du courant , influençant la répartition des végétaux et des macroinvertébrés . Il s'agit d'une association d'éléments minéraux présentant des caractéristiques homologues, sur une surface contigüe, en fonction de la dimension du cours d'eau.

Ses caractéristiques sont :

a. la texture : il s'agit de la composition granulométrique , qui est définie d'après la proportion des éléments du sol , classés par catégories de grosseur , après destruction des agrégats .

Les classes définies par l'Association Internationale de la Sciences du Sol sont les suivantes :

< 2 mm	terre fine
2 mm - 0.2 mm	sable grossier
0.2 mm - 50	sable fin
50 - 20 μ	limon grossier
20 - 2 μ	limon fin
< 2 μ	fraction fine (argiles)

On peut compléter ce tableau par les deux fractions suivantes :

> 1 cm	pierres , bloc rocheux ...
1 cm - 2 mm	gravier

Parmi la fraction > 1 cm , on peut distinguer les galets (éléments lisses , arrondis ou ovoïdes) et les pierres ou cailloux (éléments rugueux , anguleux) .

b. la structure : cette caractéristique est liée à l'état des colloïdes du sol , qui peuvent être soit flocculés (état d'agrégat élémentaire) ou dispersés (structure particulaire). Les agrégats élémentaires peuvent être rassemblés en unité de structure de plus grande dimension , les grumeaux .

La structure est une caractéristique du substrat importante car elle influence l'aération du sol , la résistance à l'érosion et à la pénétration des racines .

Voici quelques exemples :

structure grumeleuse stable : sa haute perméabilité permet de conserver une réserve d'eau à l'intérieur des grumeaux .

structure dispersée pauvre en éléments fins : ses propriétés principales sont une perméabilité moyenne et un manque de cohésion .

structure dispersée riche en éléments fins : la perméabilité et l'aération y sont faibles. C'est une structure asphyxiante (DUCHAUFOR 1970) .

Les conséquences pour la faune benthique sont évidentes : une structure fermée (type structure asphyxiante) interdit la présence de fousseurs de par sa compacité .

A l'inverse , une structure ouverte (grumeleuse stable) a sa face inférieure accessible à la faune .

c. la stabilité : ce caractère est difficile à apprécier , comment savoir si un substrat demeure dans un état , sinon par observations régulières ?

Toutefois , un substrat sera considéré comme nettement instable si les éléments qui le constituent sont entraînés par le courant .

L'importance de cette caractéristique est évidente . Un substrat souvent remanié est peu hospitalier et rend ardu la recolonisation .

d. le colmatage : ce terme est employé lorsqu'une couche fine de limon , débris organiques fins dans certains cas de pollution , se dépose sur un substrat non vaseux . Les interstices d'un substrat normalement "ouvert" peuvent être colmatés par ces dépôts . Le colmatage gêne le développement des végétaux et de la faune .

e. la litière et les débris végétaux : il s'agit d'accumulation exogène ou endogène , de feuilles mortes , brindilles , plantes aquatiques , ... c'est-à-dire toute sorte d'éléments végétaux grossiers en début de transformation . Son rôle trophique et son habitabilité sont importantes .

1.1.3. La végétation .

On distingue une végétation aquatique (submergée - flottante - émergée), et une végétation riveraine (herbacée - arbustive - arborescente).

Selon la vitesse du courant , la turbulence, la nature du fond (en effet , un substrat seulement rocailleux empêche le développement

des macrophytes), la richesse chimique, on rencontrera telle ou telle végétation aquatique et semi-aquatique.(VERNIERS et al. 1985)

La végétation de la zone de contact subit de façon régulière ou irrégulière , des variations brutales du niveau de certains facteurs du milieu .

Un grand nombre d'espèces sont éliminées des parcelles fréquemment perturbées , à la base de la berge . La végétation y est donc qualitativement pauvre mais le nombre d'individus de chacune des espèces qui résistent aux modifications répétées peut être élevé.

La végétation des berges a besoin d'être inondée, sinon un autre type de végétation la remplace (Ex: La construction d'un barrage provoque un ralentissement du cour d'eau, dont les conséquences sont une modification du type de végétation). Il lui faut une grande capacité de régénération car elle risque d'être emportée lors des inondations ,ou d'être ensevelie, et il lui faut également de longues racines pour résister à la dessiccation lors des basses eaux (ces longues racines puisent l'eau jusqu'à la nappe phréatique).

La zonation des végétaux dépend de la fréquence et de la durée des submersions. Dans un premier temps, on déterminera trois zones:

- * le pied du talus, riche en plantes aquatiques émergents et en algues

- * le talus, association de plantes semi-aquatiques et terrestres, lieu de gradation de l'humidité dans le sol

- * le sommet dont la végétation dépend principalement de l'utilisation du terrain adjacent

On peut établir une classification des végétaux selon leurs liens avec l'eau :

a. Les plantes aquatiques , étroitement liées à la permanence d'un plan d'eau : * les hydrophytes submergés forment les "prairies au fond de l'eau" composées notamment de *Fontinalis sp.* ...

- * les hydrophytes affleurants sont d'abord profondément submergés , puis s'élevant atteignent la surface de l'eau tout en restant submergés . Il y a une extension de leur appareil végétatif qui occupe toutes les profondeurs du plan d'eau . C'est le cas des Potamots et des Myriophilles .

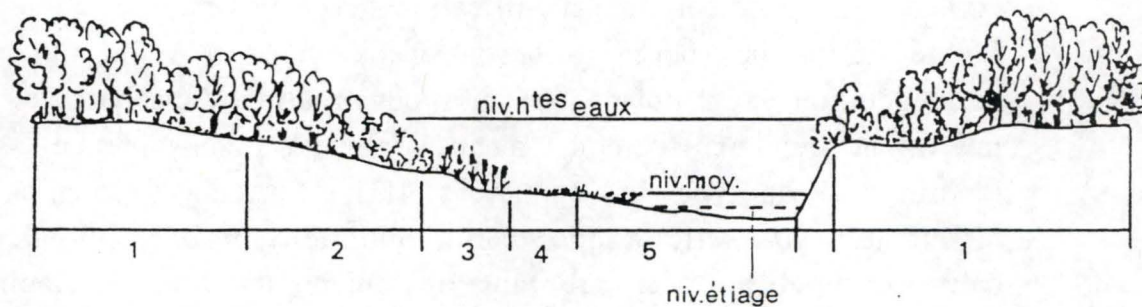


Figure 2 : Zonation végétale le long des cours d'eau .

1. Aulnaie-Ormaie-Frênaie alluviales
2. Saulaie alluviale
3. Roselière
4. Herbacées
5. Plantes aquatiques

(d'après VERNIERS et SILAN 1987)

b. Ensuite arrivent les héliophytes qui développent des appareils végétatifs et reproducteurs totalement aériens tout en gardant l'appareil souterrain dans un substrat vaseux gorgé d'eau .

On peut y distinguer deux groupes :

* les héliophytes-hydrophytes , dont la base peut ou doit rester en permanence submergée. Ce groupe constitue le rideau de végétation riveraine profonde planté dans le plan d'eau lui-même .

* les héliophytes vrais ripicoles forment le second rideau plus terrestre , vers le sol ferme . Leur appareil souterrain se situe typiquement dans le plan d'eau moyen de la zone de balancement du plan d'eau .

* au sommet de la berge se trouvent les héliophytes terrestres , que l'on trouve sur sol tourbeux , plus ou moins inondés . On trouve ces végétaux également au niveau des aulnaies riveraines , des sous-bois . Le développement de ce schéma amène la distinction de 4 zones en fonction du niveau hydrique du sol :

a. La zone à plantes aquatiques (renoncule en pinceau , myriophille...) , des hydrophytes , qui est le pied du talus ;

b. Les herbacées (armoïse commune , reine des prés ...) , des héliophytes- hydrophytes , qui occupent une zone reprenant le talus et le pied du talus ;

c. Les roselières (joncs , phragmites ...) , des héliophytes vrais , ripicoles , sont rencontrés dans la zone du talus ;

d. La ripisylve comprenant la saulaie alluviale , l'aulnaie-ormeaie-frênaie alluviale . Il s'agit d'héliophytes terrestres que l'on rencontre au sommet de la berge ; (Figure 2)

1.1.4. La faune .

La faune rencontrée dans la zone riparienne est variée . En effet, la berge présente une mosaïque de microhabitats exploités par des individus appartenant à différents embranchements . Ces microhabitats servent d'abris , de caches , de support de pontes , de lieu de reproduction ou pour l'apport de nourriture .

Voici quelques exemples mettant en évidence l'importance de la berge :

La lotte de rivière (*Lota lota*) est une espèce en voie de disparition en raison de la destruction de son habitat .

En effet , la canalisation a réduit les zones de frayères , alors que les aménagements hydrauliques ont réduit les abris disponibles (pour se dissimuler pendant la journée) . (PHILIPPART et VRANKEN 1983)

Les zones de frayères sont variables selon les espèces : des végétaux pour le brochet (*Esox lucius*) , des graviers pour l'ombre commun (*Thymallus thymallus*) , des végétaux en eaux peu profondes pour la perche de rivière (*Perca fluviatilis*).

Le barbeau (*Barbus fluviatilis*) est rencontrés sur des graviers en courant rapide durant la reproduction . Différents microhabitats sont rencontrés selon le stade de développement : des zones profondes à courant lent sont utilisées par les gros individus, des zones peu profondes à courant rapide sont exploitées par les jeunes .

Le milieu riverain est le lieu de reproduction de nombreux amphibiens qui gardent leurs œufs dans l'eau et s'y développent jusqu'au stade adulte.

Différentes espèces d'oiseaux dépendent de la zone riparienne pour leur reproduction ou leur apport en nourriture . Les hirondelles de rivage (*Riparia riparia*) nichent dans des cavités creusées dans les rives escarpées , les falaises et les carrières . On les observe souvent près de l'eau .

Le martin-pêcheur (*Alcedo atthis*) est souvent aperçu sur une branche au-dessus d'un cours d'eau poissonneux . Il niche dans des creux de berges abruptes .

La bergeronnette des ruisseaux (*Motacilla cinera*) est rencontrée le long de tous les cours d'eau . Ce milieu correspond à la niche écologique de cet insectivore .(BRUUN et SINGER 1973)

Le milieu riverain est un pôle d'attraction important pour une grande variété d'espèces de mammifères . La loutre commune (*Lutra lutra*) utilise et transforme un terrier existant , une cavité sous des racines d'arbre riverain , comme abris , cache . Ce mammifère se nourrit d'espèces vivant autour du milieu aquatique .

Le rat musqué (*Ondatra zibethicus*) édifie des huttes atteignant 1 mètre de haut et 1-2 mètres de diamètre avec des joncs , des roseaux ou des carex . Il creuse des galeries et des chambres , dont l'entrée se situe sous le niveau de l'eau , dans les berges , ce qui provoque de nombreux dégâts . (SCHILLING et al. 1986)

1.1.5 Habitabilité - Microhabitats :

L'habitabilité est un terme qui caractérise un site quant à ses possibilités d'être colonisé par la flore et la faune .

La flore occupe un milieu selon son accessibilité , le substrat , les possibilités d'ancrage , le niveau d'humidité .

Différentes associations ont été décrites au niveau des berges des rivières néerlandaises . Lors de cette étude , une relation a été établie entre la distribution de plantes et les inondations par la rivière .

En effet , des associations de végétaux se succèdent du pied du talus au sommet de la berge , en fonction de la diminution de la fréquence des inondations , et par conséquent du niveau d'humidité du substrat .(SYKORA , SCHEPPER , VAN DER ZEE 1988)

De façon plus globale , la composition floristique varie principalement avec la fertilité du sol , l'intensité du fauchage ou du broutage (SYKORA et LIEBRAND 1988).

La macrodistribution des macroinvertébrés , dépend des variables climatologiques et hydrauliques , la microdistribution est fonction :

- * de la nature du substrat : D.WILLIAMS (1978), a étudié l'influence de l'hétérogénéité sur la faune colonisatrice de sites . Les conclusions sont , globalement , une plus grande diversité faunistique liée à un substrat d'avantage hétérogène . Cependant l'association avec un type de substrat peut être prépondérante ou non selon les taxa . Pour une espèce prédatrice , le substrat est secondaire car il agit sur la répartition des espèces qu'elle consomme .

- * de la hauteur d'eau

- * de la vitesse du courant

- * de la quantité de nourriture disponible : Des études réalisées par MALMQVIST ET SJÖSTROM (1984), sur la microdistribution des certains insectes lotiques prédateurs indiquent une relation avec leurs proies et les facteurs abiotiques . En fait , la quantité et la qualité des proies , comme leur taille , la disponibilité , les espèces , influenceraient la microdistribution des prédateurs .

Les individus vont se répartir de façon à occuper l'environnement qui leur permettra d'optimiser la balance entre les gains en énergie , en matière et les dépenses métaboliques , de croissance et

de reproduction . L'individu de telle espèce sera rencontré dans une zone possédant les microhabitats correspondant à l'optimum écologique de l'espèce . Le microhabitat est décrit par les caractéristiques abiotiques et biotiques abordées précédemment .

Il s'agit pour chaque site étudié d'effectuer une description des habitats . Cette description est basée sur une analyse du substrat du point de vue granulométrique , de sa stabilité , de son colmatage . Dans le cas de berges consolidées artificiellement , le critère stabilité n'intervient que très peu .

La vitesse du courant et la hauteur d'eau , établies selon des classes, complètent l'étude des facteurs abiotiques .

Une analyse brève de la végétation rencontrée et du recouvrement du site par celle-ci termine le processus de description .

Trois groupes de milieux ont été définis par BOURNAUD (1986) , en prenant comme facteur discriminatif le substrat : * le micromilieu d'érosion (substrat grossier et stable) : ce milieu présente une grande complexité spatiale , et une couverture de périphyton . Il est caractérisé par une importante richesse faunistique . On y rencontre notamment des Leptoceridae .

* le micromilieu de sédimentation (substrat fin) : les interstices ne sont accessibles qu'à la faune de faible dimension , aux jeunes stades larvaires (Oligochètes) .

* le micromilieu de végétation : Ce milieu est plus riche . Les racines peuvent servir de support , de filtre où s'accumulent les débris organiques . On y rencontre les Gammares , les Trichoptères Hydropsychidae .

En fonction du type de végétation et d'une étude plus précise du substrat , des sous-groupes peuvent être définis .

1.1.6. Le rôle de la végétation des berges :

Nous aborderons ici principalement le rôle de la ripisylve . Il s'agit d'une formation ligneuse et herbacée qui joue le rôle de transition entre le milieu aquatique et le milieu terrestre (POUJARDIEU A. 1988). La ripisylve colonise le sommet de la berge .

Les fonctions de la ripisylve sont les suivantes:

* fixation et stabilisation des berges : les racines sont une sorte d'armature dans le sol et en améliorent les qualités mécaniques , elles freinent le courant et diminuent donc l'érosion.

* participation à l'équilibre biologique de la rivière : la ripisylve sert d'habitat (pour les espèces vivant sous l'écorce, sur les feuilles ...), de refuge (lorsque les conditions climatiques sont défavorables), de source de nourriture .

* inhibition du développement excessif de la végétation aquatique : l'ombrage provoqué par la végétation arborescente provoque une diminution de la production photosynthétique , en agissant au niveau des réactions photochimiques .

* filtration d'une partie de l'azote présent dans la nappe phréatique

(POUJARDIEU 1988)

* effet brise-vent des haies : cultures et bétail sont protégés contre les intempéries .

* rôle paysager

* apport exogène de nourriture pour la faune aquatique (c'est le cas pour les insectes à stade larvaire aquatique et dont la vie adulte se déroulera sur les berges , le long du cours d'eau)

1.1.7. Les différents types de berge:

La stabilité des berges est variable selon l'importance de la végétation.

Les berges herbeuses ne possèdent aucune défense. Le sapement se développe au-dessous de la zone des racelles. Les berges hautes sont sensibles, et les basses assez stables .

Les berges arbustives sont les plus résistantes car l'enracinement est très dense, long et enchevêtré .

Les berges plantées d'arbres sont efficacement protégées en surface, par les racines des arbres .

Pour une berge basse, la protection est bonne. Dans le cas d'une berge haute, le sapement se fait en-dessous de la zone des racines traçantes, et l'arbre mis en surplomb , tombe .

Les berges caillouteuses surmontées d'une épaisseur plus ou moins importante de matériel fin, sont sensibles en raison de leur hétérogénéité. Le matériel fin, mis en surplomb, s'effondre par panneaux entiers dans la rivière.

Les berges sablo-limoneuses , plus homogènes , sont moins sensibles à une mise en surplomb. le processus de sapement consiste en un effritement généralisé . Les berges avec des niveaux consolidés sont évidemment plus résistantes au sapement.

En général , les berges stables ou peu dégradées sont bien végétalisées et ne libèrent presque pas de matériel . Les berges moyennement dégradées évoluent lentement, libérant de faibles quantités. Cela est une conséquence soit de leur potentialité défensive, soit du faible pouvoir d'érosion du courant. Les berges très dégradées libèrent de façon ponctuelle de grandes quantités de matière.

Les berges peuvent présenter différentes allures de pente . Cette caractéristique influence la possibilité de colonisation par la flore ou la faune . Certaines espèces , comme le martin-pêcheur , ont besoin d'une berge abrupte . Cependant la majorité des espèces préfèrent une berge à faible déclivité , plus facilement accessible , mieux colonisée par la végétation , moins sensible au courant .

L'artificialisation de la berge qui fait intervenir l'action de l'homme , peut être complète (disparition du milieu original) ou partielle . De même , l'aménagement peut être bénéfique pour la biocénose (les épis provoquent une hétérogénéité du milieu et permettent de lutter contre l'érosion) ou néfaste (les murs verticaux diminuent les possibilités de recolonisation) .

1.1.8. Mécanismes de dégradation :

L'aspect dynamique global d'un cours d'eau est abordé dans ce premier point .

La rivière transporte vers l'aval de grandes quantités de sédiments , soit sous forme de suspension ,soit en charriage de fond . Le fait que ces apports solides et liquides soient variables (selon les périodes de crues ou de basses eaux) associé aux possibilités de détérioration explique l'instabilité du lit et de la berge . L'érosion sera possible lorsque la vitesse du courant dépasse la résistance à l'arrachement

des matériaux constitutifs du lit ou de la berge . A l'opposé , il y aura sédimentation de matériau suite à différents phénomènes qui réduisent la vitesse du courant .

Cette dualité est décrite par MAIRE en 1977 (in VERNIERS 1985) , montrant l'érosion de la berge concave (maximum de vitesse du courant) et la sédimentation au niveau de la berge convexe d'éléments provenant de la berge concave précédente .

Le courant et les vagues emportent des particules du sol de la berge (c'est le processus lent de l'érosion). Il existe une érosion naturelle, fonction des caractéristiques hydrauliques de la rivière et de la nature du fond, et une érosion artificielle consécutive aux travaux effectués par l'homme sur le lit de la rivière ou le lit majeur.(BOULOC 1978)

Différents facteurs interviennent dans l'érosion, comme la hauteur (c'est le pied de la berge qui est le plus touché), la pente (une pente plus faible offre une plus grande surface en contact avec l'eau et limite l'érosion fluviale), la granulométrie, la stabilité, la végétation.

Le courant, les vagues, les tourbillons, les remous sapent le pied du talus et les matériaux en surplomb, privés d'appui, s'écroulent. C'est le phénomène d'affouillement.

La berge saturée d'eau (lors des crues de longue durée) voit les matériaux de la pente se décoller, glisser.(VIEBAN 1986)

Le glissement peut être expliqué en deux temps: lors de la crue, il y a humidification de la berge et diminution de la résistance interne aux cisaillements et une diminution de la cohésion. Il y a augmentation du poids volumique également. Lors de la décrue, la pression des eaux d'infiltration vers le cours d'eau provoque une déstabilisation et le glissement.(VERNIERS et al. 1983)

Le ravinement consiste en une érosion superficielle due au ruissellement. Il est important si la pente du terrain est forte, s'il n'y a pas de végétation.(BLANC 1984)

Une surface perméable à proximité de la berge va provoquer un apport supplémentaire d'eau et un risque de ravinement plus important . Le gel intervient aussi en rendant le sol sensible au ruissellement. Les glaces et les corps flottants amènent une abrasion de la rive au niveau de la surface de l'eau (VERNIERS et al. 1983)

Les points développés ci-dessus montrent l'importance et la diversité des phénomènes de détérioration de la berge .

Ces phénomènes de dégradation existant , il est nécessaire de consolider les berges , principalement autour des zones exploitées .
Le second paragraphe donne une liste des différentes techniques envisageables , qu'elles soient naturelles ou artificielles .

1.2 TECHNIQUES DE CONSOLIDATION DES BERGES .

Ce second paragraphe aborde les différentes techniques de consolidation des berges . Cette liste , incomplète , reprend les types de protections étudiées dans ce mémoire , et ceux envisageables dans nos régions . Les protections décrites concernent l'ensemble de la berge , ou la partie supérieure de celle-ci .

Une place non négligeable est laissée aux protections par végétation (végétalisation). Les moyens mécaniques sont divisés en deux types : protection directe ou indirecte .

1.2.1.Moyens mécaniques .

1.2.1.1.. Protection directe .

* Enrochement :

La façon de procéder consiste à réaliser un talus régulier de pente faible, puis mettre les blocs en place délicatement , jusqu'à un niveau dépassant d'environ 50 cm la flottaison moyenne des eaux .

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.

Un abaque a été réalisé par le Laboratoire National d'Hydraulique de Chatou en 1963 , permettant d'établir la dimension en fonction de la profondeur d'eau, de la vitesse maximale en un point et de l'angle du talus.(BRYGO 1979) .

Deux précautions importantes sont la prévision d'un filtre, géotextile ou granulaire, pour éviter la perte des éléments fins du sol, et la prévision d'un ancrage au pied de l'enrochement. En effet, les essais effectués par BRYGO montrent que l'instabilité des enrochements apparaissait toujours vers le bas du talus .

Les enrochements peuvent être réalisés en gradin, pour maintenir le profil d'origine, ou encore complétés avec un revêtement souple qui permet de maintenir la majorité de la végétation .(Service de la Navigation de la Seine- Arrondissement de la Marne).

* Plaques en béton :

Les plaques en béton ont la particularité de bien résister à l'immersion , mais nécessitent la pose d'un filtre et l'ancrage au pied comme au sommet de la berge . Ces dalles de béton , grâce à leurs coins , permettent de briser l'énergie des ondes de batillage . Ce type de protection qui permet une recolonisation par les végétaux est utilisé pour la zone de profondeur moyenne et le talus sous-fluvial à faible pente . (Service de la Navigation de la Seine . Arrondissement Paris-Marne)

* Géotextiles :

Il s'agit de membranes perméables fabriquées industriellement à partir de produits de pétrochimie (nylon , polypropylène , polyester) . On distingue les tricots (un seul fil) , les tissés (grille comprenant des séries de fils perpendiculaires) et les non tissés (fils enchevêtrés) . (FALISSARD 1981)

Les géotextiles empêchent le départ des matériaux fins, permettent le drainage de la berge , et renforcent la protection contre l'érosion .Ce système procure une bonne résistance mécanique si il n'est pas déchiré.

Un ancrage au pied et au sommet sont nécessaires . Le chevauchement des pièces de géotextiles voisines de façon à les rendre solidaires les unes des autres procure un meilleur renforcement .

La résistance au colmatage est essentielle pour que la fonction de filtre puisse être remplie de façon durable. C'est pourquoi, une étude préalable de l'association sol-géotextile doit être réalisée.

* Gabions :

Ils consistent en tout ouvrage de protection réalisé par assemblage de paniers ou sacs remplis de matériaux divers.

* Les gabions métalliques : il s'agit de corbeilles rectangulaires en fil d'acier doux à galvanisation riche (avec ou sans matière plastique en plus). Les bords de l'enveloppe sont renforcés par un fil de lisière entrelacé ou noué. Il existe différentes dimensions standards, de façon à être adaptés aux divers types de terrains. Ces gabions sont remplis de pierres, galets. Les cloisons augmentent la solidité de l'ensemble et permettent au treillis de conserver sa forme lors du remplissage. Il faut bien les attacher pour les rendre solidaires.

Ces avantages sont la souplesse (adaptation aux ondulations du milieu), la durabilité (résistance car revêtement galvanisé à chaud), la perméabilité, la solidité de torsion, la résistance aux rongeurs, la simplicité d'entretien et évidemment les possibilités d'immersion. L'épaisseur du gabion maintient le matériau de la berge sauf si c'est du sable ou du limon. Dans ce dernier cas, il est utile de mettre un tissu synthétique ou une couche de gravier, qui sert de filtre .

Leurs avantages par rapport aux enrochements naturels est d'être de faible taille , de pouvoir raidir la pente .

Ce dernier point tout en permettant un gain de place limite les possibilités de recolonisation par la flore et la faune .

Ce type de protection est utilisé pour la lutte contre l'érosion du pied de la berge , du lit de la rivière , pour lutter contre l'affouillement d'un pilier de pont.

Les gabions interviennent aussi pour la protection indirecte en constituant des éperons : digues transversales construites perpendiculairement ou obliquement à la berge et forçant l'eau à couler dans la zone intermédiaire, en poussant progressivement le courant dans la direction souhaitée. Entre chaque éperon, se forment des zones de dépôt. (cfr Protection indirecte)

* Les gabions plastiques : ils diffèrent du précédent par le fait que le treillis est recouvert de matériau plastique , résistant à la corrosion . Leur faiblesse vient de leur fragilité face aux rayonnements solaires , principalement les UV .

* Les gabions géotextiles : le conteneur destiné à recevoir les pierres est fermé d'une toile géotextile . L'avantage de cette technique est la faible exigence quant au matériau de remplissage , à sa granulométrie.

* A côté de ces gabions boîtes existent des gabions matelas ou gabions plats . Ils sont constitués de toiles de grillage continue avec régulièrement, tous les mètres par exemple, une cloison en grillage formant une structure cellulaire. Chaque "cellule" est remplie de galets. Le gabion , d'une épaisseur suffisante pour dissiper l'énergie de battillage ou celle du courant , est complétée par un filtre posé sur le sol qui empêchent l'entraînement des éléments fins du sol (Service Technique Central des Ports Maritimes et Voies Navigables 1986) .

Les gabions-matelas ne doivent pas être confondus avec les cuirasses (Corazas) . Il s'agit de deux toiles métalliques qui , maintenant entre

elles une faible épaisseur (10-15 cm) de galets ou petits enrochements, forment une sorte de tapis . La berge préalablement régularisée reçoit ce tapis formé de bandes horizontales .

Ce type de protection extrêmement souple face aux déformations possibles , permet à une végétation herbacée de s'installer , et cela tout en étant résistant (présentant une surface peu rugueuse , il ne subit que peu de pression de la part du courant) (BOULOC 1972) .

Ces désavantages sont le déchaussement des cuirasses par affouillement et la disparition de la protection de pied. Le tapis n'est plus fixé à la base , et suite au courant , se détache. Il faut donc mettre à la base un enrochement.

Il existe également des gabions elliptiques, préfabriqués en béton armé.

De façon générale , l'avantage des gabions par rapport aux enrochements réside dans la continuité de la protection qu'il assure via la liaison des gabions entre eux et dans la réduction des dimensions des interstices entre les éléments pierreux , qui permet de limiter le départ des matériaux de la berge en place.

* Mur et perré en béton:

Ce système résiste à la poussée des terres par son propre poids, ou par une semelle qui emploie le poids des terres comme stabilisateur (BLANC 1984). Deux groupes sont définis selon le type de béton employé .

* La protection en béton de ciment est facile à mettre en œuvre et résiste aux agressions du matériau . Cependant ce type de protection est onéreux et mal adapté à la protection de la berge .

Elle comprend les perrés minces en béton de ciment (ils forment des revêtements d'étanchéité sur des terrains non susceptibles de tassements) , les perrés en macro-béton associé à une couche filtrante granulaire ou géotextile (ils forment une protection de haute perméabilité) , les ouvrages en béton et toile géotextile (une toile de géotextile sert de coffrage perdu est fixée en tête de talus et remplie d'un matériau colloïdale) .

* La protection en béton bitumeux est un revêtement relativement souple , pouvant par conséquent suivre sans se fissurer des déformations de la berge .

Il peut être étanche (ce revêtement compacté doit reposer sur un sol de portance suffisante) ou perméable (ce béton "ouvert" présente un risque de désenrobage en raison de la circulation de l'eau) selon la nécessité. (Service Technique Central des Ports Maritimes et des Voies Navigables 1986) . Ce type de protection est difficilement recolonisé par la végétation .

* Palplanches métalliques :

Elles sont surtout employées en milieu urbain, et permettent un accostage facile des bateaux. Eventuellement, on peut les recouvrir de pavés en béton posés sur toile filtrante et engazonnés après apport de terres végétales.

On peut les compléter avec des perrés ou des demi-perrés .

* Ouvrages en bois :

Le fagotage consiste en des fagots de ramille empilés . Il s'agit de réseau de branches , traverses buissonnantes (elles présentent différentes formes selon la profondeur d'eau dans la zone affaissée ou érodée) .

* Le tunage ou fascine consiste en un rideau- écran formé de pieux et planches de bois. Souvent l'étanchéité est insuffisante, ce qui nécessite une toile de tunage (PVC ...) entre la fascine et le sol pour éviter la fuite des éléments fins du sol.

Le tunage peut être simple, double ou triple, consolidé ou non par des enrochements.

* Le rideau de pieux, ou les risque de manque d'étanchéité existe aussi. (COULON 1978)

* Perrés :

Il s'agit d'un revêtement en une épaisseur de moellons calibrés et arrimés (perré moëllonné) . Les moellons sont naturels ou préfabriqués, arrimés à sec, au ciment ou avec mastic bitumeux. Il s'agit donc d'une protection de surface.

Le type de perré le plus intéressant est celui en moellons naturels, arrimés à sec, car l'implantation des végétaux y est plus facile. De plus le revêtement étant inégal, il existe des abris pour les poissons.

Les moellons doivent avoir une dimension suffisante pour résister au courant. Selon les cas, le poids varie entre 2 et 32 kg.

Il est important de travailler avec des proportions variables de moellons de tailles différentes pour avoir une bonne stabilité.

Il est souvent nécessaire de protéger le pied de l'ouvrage.

Dans ce travail , le terme "perré" sera utilisé dans le cas de mur oblique moëllonnés , qu'ils soient à sec ou maçonnes .

1.2.1.2. Protection indirecte:

* Les épis : il s'agit d'une réorientation progressive de la ligne de courant primaire d'un cours d'eau vers l'axe de celui-ci.

L'écartement entre les différents épis doit être adéquat pour provoquer un écoulement non troublé, et une sédimentation entre ces derniers.

Leur longueur est fonction du pouvoir érosif de la rivière. Au fur et à mesure que la sédimentation entre les épis est importante, la longueur entre ceux-ci est allongée, progressivement.

* Les seuils : ces constructions placées en travers de l'axe de la rivière provoquent un ralentissement des vitesses et un colmatage du lit à l'amont. Ce dépôt diminue le débit solide charié. Au niveau des berges, cela amène une réduction des vitesses de courant au pied, et une augmentation du niveau d'eau.

1.2.2. Protection naturelle .

Il s'agit d'utiliser des plantes vivantes. Les plantes procurent une protection faible au début, puis de plus en plus efficace, avec le développement des plantes. Cette protection est d'autant meilleure que la couverture végétale se compose de groupements naturels, écologiquement adaptés.

Chaque association végétale a une action protectrice propre : Les plantes aquatiques réduisent la vitesse du courant . Les roselières, grâce aux racines et aux rhizomes, fixent le sol sous l'eau . C'est

surtout le cas des roselières à roseau, plante vivace dont les chaumes se lignifient en automne (action maintenue en hiver) .

Les zones boisées qui empêchent que le sol ne soit emporté, et protègent la rive du cours d'eau contre l'érosion. (GACTER et al. 1974 in VERNIERS et al. 1983)

Cette philosophie de l'aménagement des cours d'eau est traduite en allemand par "Lebendbau" (génie civil végétal). Le Lebendbau fait appel à la plantation et à l'entretien des plantes aquatiques, des plantes des berges, dans la mesure où elles remplissent une fonction dans le régime hydraulique (BITTMAN 1969 in VERNIERS 1983).

KIRWALD (1974 in VERNIERS 1983) donne 4 notions liées au Lebendbau:

- * ouvrage provisoire ou de transition (en matériau périssable)
- * peuplement accessoire biologique (influence biologique sur les autres éléments du peuplement)
- * peuplement principal ou essence dominante
- * aménagement auxiliaire et ouvrage auxiliaire d'appui (seuils, gabions...)

Voici quelques principes fondamentaux du Lebendbau :

- * conservation et restauration de biotopes typiques de la rivière
- * respect de la rugosité naturelle du sol
- * emploi de pierres et autres matériaux n'entraînant pas de modification du caractère naturel de la rivière
- * emploi de matériaux artificiels évité

1.2.2.1. Quelques types de plantations et leur influence :

Les berges arborées . voici les avantages (+) et désavantages (-) de ce type de plantation :

- + anti-érosif
- brise-vent
- abri pour le bétail
- faible entretien des berges
- faible entretien du lit des cours d'eau
- entrave à l'installation du rat musqué
- rôle paysager
- perte de terrain

entretien

Différentes espèces sont envisageables. Voici les avantages et inconvénients de trois d'entre elles:

L'Aulne glutineux (*Alnus glutinosa*) est adapté à tous les milieux fort pourvus en eaux. Son enracinement est rapide et il y a une forte proportion de racines verticales (70-90 %). (DETHIOUX 1974)

Ces racines peuvent descendre jusqu'à 3,80 mètres. Son emplacement idéal est en pied de berge, à 20-40 cm au-dessus du niveau moyen des eaux. Supportant des inondations prolongées, ayant un fort pouvoir anti-érosif, on peut en placer en galerie compacte.

Les Saules (*Salix* sp) conviennent aux cours d'eau plus importants, à crue prolongée en été. Leur enracinement est profond, atteignant le pied de la berge. Une fois âgés, ils sont sensibles au vent, perdant leur branches. Il est nécessaire de les rajeunir.

Son emplacement idéal est en zone fort humide, sur les bas de berge.

Le Frêne (*Fraxinus excelsior*) est une espèce des sols limoneux profonds et fertiles. Il tolère bien l'ombrage, surtout dans sa jeunesse. Le Frêne forme lors de la première année une racine pivotante qui peut atteindre 50 cm de profondeur puis son système racinaire devient typiquement en rateau. La masse radiculaire importante contribue au bon ancrage de l'arbre. L'enracinement, qui peut atteindre 2,5 à 4 mètres de profondeur et un diamètre de 4 à 8 mètres dans les sols limoneux, est nettement réduit dans les sols régulièrement inondés. Ayant une croissance rapide (0,7 mètre par an), il permet la création d'un écran pouvant ombrager un cours d'eau de largeur moyenne (moins de 25-30 mètres). (DETHIOUX 1981)

Un quatrième arbre est souvent rencontré au bord des cours d'eau : le Peuplier (*Populus* sp). La plupart du temps, il contribue faiblement à la fixation des berges, ayant un enracinement traçant. Le couvert de cet arbre est relevé et léger, ce qui explique que le Peuplier ne freine pas l'envahissement des berges par la végétation adventice. Son avantage réside en fait dans le rendement financier de la plantation.

En conclusion, il faut prendre des essences indigènes, avec une base de *Alnus glutinosa* et *Salix* sp.

La structure de plantation, c'est-à-dire le mode de disposition des plants dans l'espace, leur mode de stratification en hauteur, peut être en pied isolé, en ligne, en bosquet, en surface.

Les berges enherbées :

Avantages : possible là où le boisement est impossible
ouverture dans les galeries forestières
continues

mise en place assez aisée

autre rôle écologique

Désavantages : moins bonne protection

entretien assidu nécessaire

point de vue paysager, risque de
monotonie

favorable au rat musqué

Différentes espèces sont envisageables selon le type de sol, en proportion variable. A titre d'exemple citons les cas de semis effectués sur la berge droite de l'Ourthe à Tilff, sur une consolidation de gabions (DETHIOUX communication personnelle).

pour les niveaux 1 et 2 : *Phalaris arundinacea* 90 %

Agrostis stolonifera 10 %

à raison de 25 gr/m²

pour les niveaux 3 à 8 : *Lolium perenne* 35 %

Holcus lanatus 5 %

Trifolium repens 5 %

Dactylis glomerata 10 %

Phleum pratense 2 %

Achillea millefolium 2 %

Festuca rubra rubra 10 %

Festuca rubra communata 10 %

Festuca rubra trichophylla 10 %

Poa pratensis 10 %

Bellis perennis 1 %

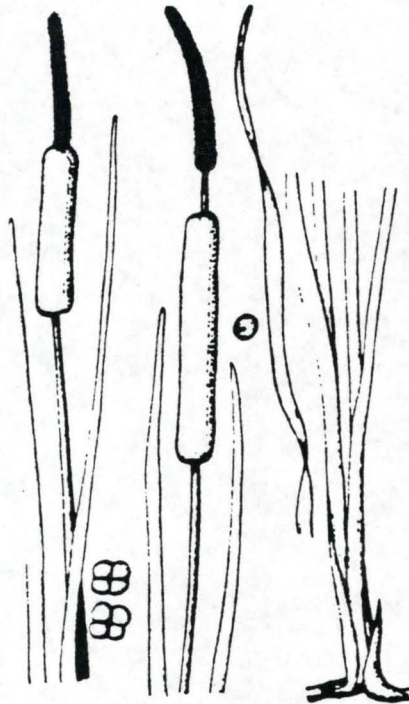
à raison de 25 gr/m²

L'idéal est une espèce à croissance faible, ce qui diminue les frais d'entretien. La mise en place se fait au-dessus du niveau moyen des cours d'eau.



Phragmite

Phragmites communis



Mâsette

Typha latifolia



Baldingère

Phalaris arundinacea



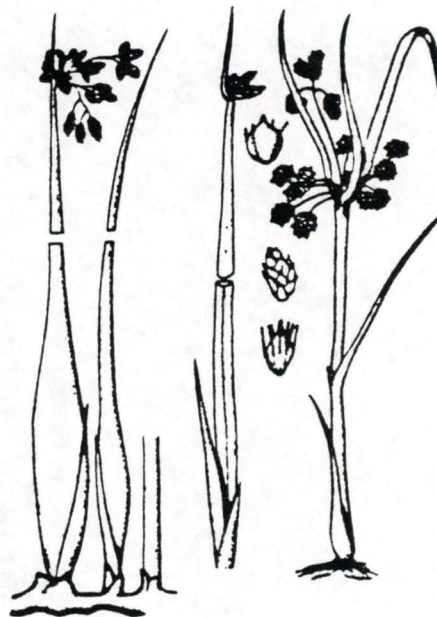
Iris jaune

Iris pseudacorus



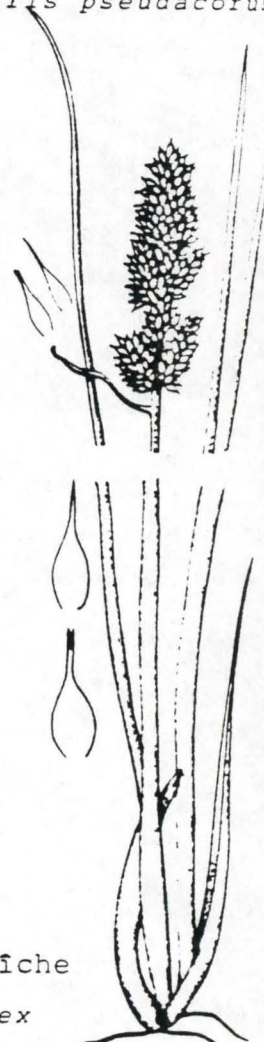
Rubanier

Sparganium erectum



Jonc

Scirpus lacustris



Laïche

Carex acutiformis

Figure 3 : Les diverses espèces des roselières (d'après VERNIERS et al. 1983).

Trois systèmes de mise en place : le semis - le tapis de graine - le rouleau de gazon

Les berges à roselière :

Avantages : bonne protection des zones alternativement inondées et exondées
sédimentation favorisée
propagation aisée
biotope pour de nombreux insectes
diversification paysagère
pas d'entretien
rôle épurateur
ombrage d'une partie du cours d'eau

Désavantages : tendance à l'envahissement qui interdit son utilisation dans des cours d'eau de profondeur inférieure à 50 cm et de largeur inférieure à 3 mètres.

Différentes espèces peuvent être utilisées : (Figure 3)

Le roseau (*Phragmites communis*), peut être implanté en eaux calmes seulement

La baldingère (*Phalaris arundinacea*), se couche lors des crues et ne provoque pas d'obstacle à l'écoulement des eaux. Elle est adaptée aux eaux courantes.

La massette à larges feuilles (*Typha latifolia*), préfère les courants faibles et les eaux eutrophes

Le rubanier rameux (*Sparganium erectum*), s'accommode aux eaux courantes et stagnantes, même un peu saumâtres.

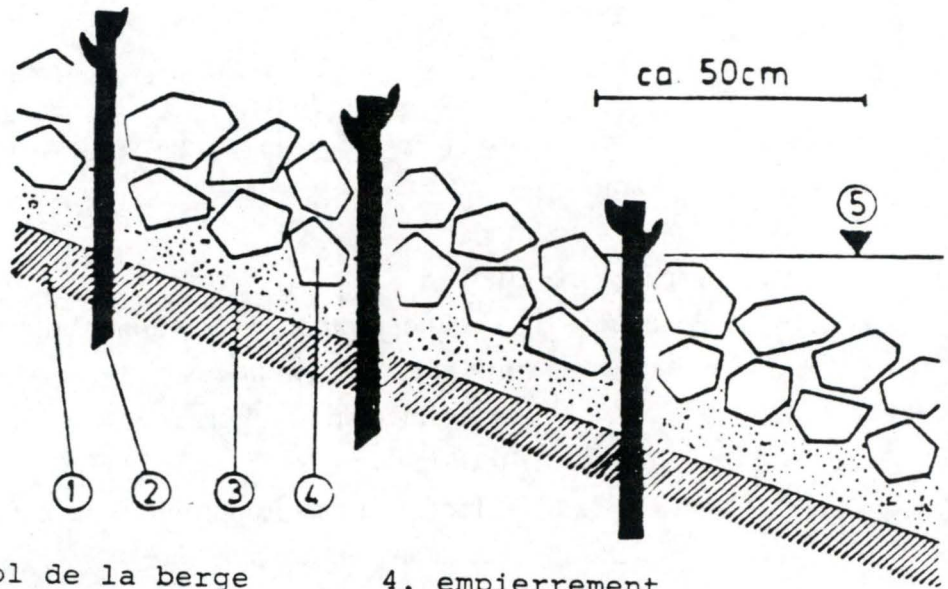
L'iris jaune (*Iris pseudoacorus*)

Le jonc des Chaisiers (*Scirpus lacustris*), pousse dans les eaux relativement profondes et riches en matières organiques dissoutes.

La laïche des marais (*Carex acutiformis*) pousse surtout dans les marécages tourbeux et acides.

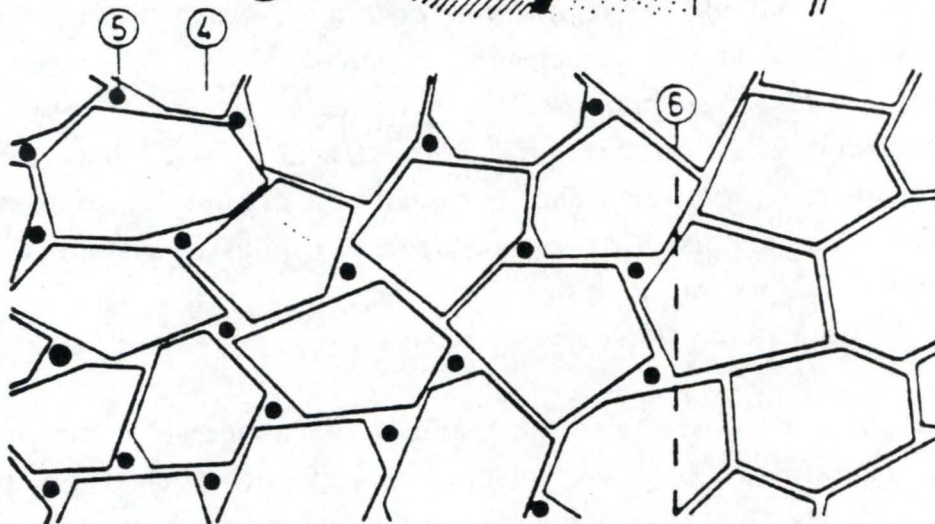
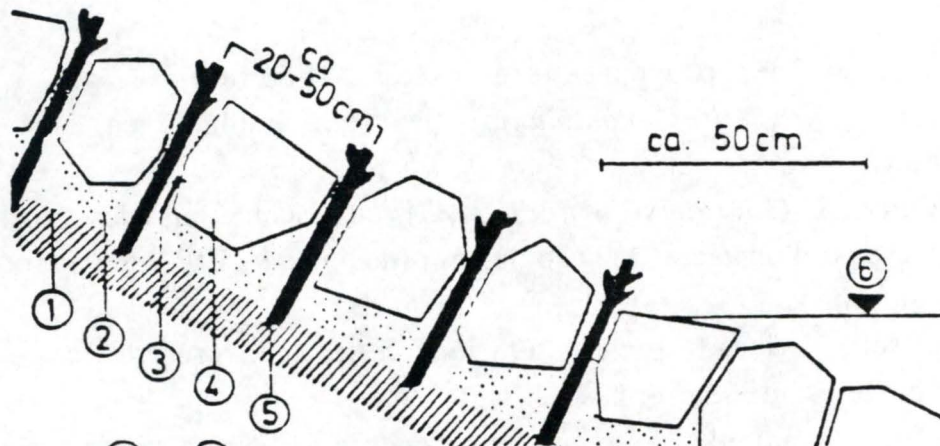
La glycérie aquatique (*Glyceria maxima*)

L'implantation doit se faire en pente très douce (comme dans la nature); Toutefois, certaines plantations effectuées en forte pente, avec de grandes fluctuations de niveau ont été couronnées de succès.



- | | |
|--------------------|-----------------------|
| 1. sol de la berge | 4. empierrement |
| 2. boutures | 5. niveau moyen d'été |
| 3. gravier | |

Figure 4 : Protection des berges par combinaison d'empierrements et de boutures de saules (d'après SCHLUTER 1971 in VERNIERS et al. 1983).



- | | | |
|--------------------|------------------------|------------------|
| 1. sol de la berge | 3. terre de comblement | 5. bouture |
| 2. gravier | 4. pierre naturelle | 6. niv. moy. été |

Figure 5 : Protection des berges par combinaison de pavage de pierres et de boutures de saules (d'après SCHLUTER 1971 in VERNIERS et al. 1983).

Les types de plantation sont : les ballots, où la protection est assurée 2-3 périodes de végétation plus tard

les rhizomes, pour le roseau et le jonc des Chaisiers. Protection moins rapide

les rejets, pour roseau et jonc des chaisiers

bouture de tiges, pour roseau, mais cela est possible pour la baldingère, la glycérie aquatique.

bouture de tiges à l'horizontale

semis, pour roseau et baldingère, sur les cours d'eau à fluctuation de niveau faible, pour éviter le lessivage des graines. Un semis proposé est 50 % de roseau et 50 % de baldingère. En effet, la baldingère domine les 3 premières années, puis le roseau prend le dessus.

1.2.3. Combinaison des 2 systèmes .

Il reste les plantations combinées à des ouvrages artificiels . Dans la zone à roselière, il y a les gravats de pierres associés à du roseau sous forme de ballots, rhizomes, rejets, boutures. A cela s'ajoutent les cylindres de roseau, les semis de roselière sur enrochement.

Dans la zone à Aulnes-Saules, il y a les ensemencements d'herbes, les fascines vivantes, les branches de saules et empierrements (figure 4) , les ouvrages combinés à des boutures de saules (figure 5) , et les clayonnages (figure 6) .

Le clayonnage consiste en une rangé de pilotis de 40-60 cm de long, enfoncés jusqu'aux 2/3 dans le sol, à des écartements en ligne de 70-120 cm.

Conclusion : Ce chapitre nous a renseigné sur quelques techniques de consolidation rencontrées dans nos régions. L'ensemble des techniques les plus courantes , les plus usitées ont été envisagées .

Chaque technique a ses avantages et ses désagréments . Elles sont souvent choisies en fonction critères financiers ou de celui de la facilité d'emploi .

Le tableau I donne , à titre indicatif , les avantages et inconvénients mais surtout le prix des fournitures , exprimés en francs français , en juin 1977 . A ce propos , les techniques les plus chères étaient les enrochements , murs en béton et palplanches . (COULON 1978)

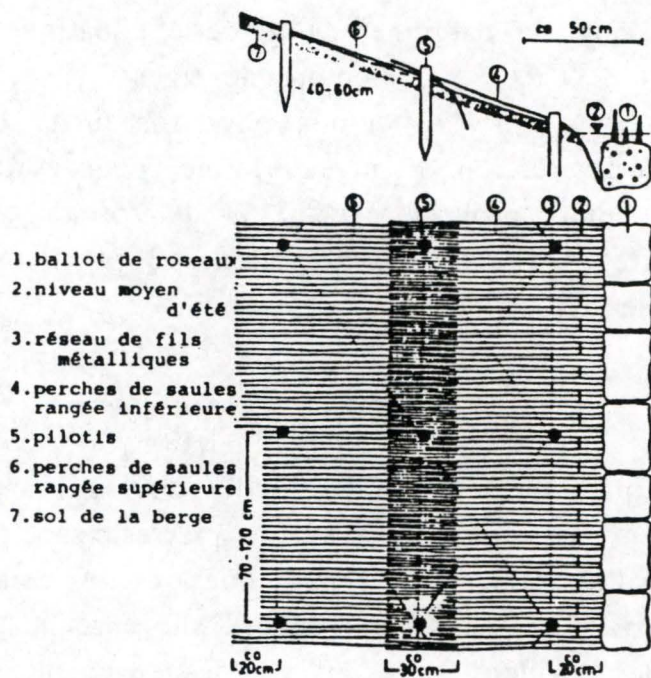
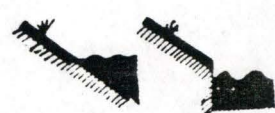


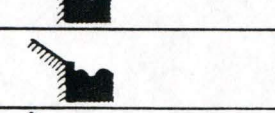

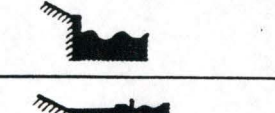
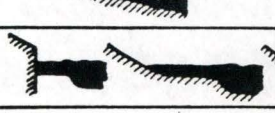




Figure 6 : Protection des berges par clayonnage (d'après SCHLUTER1971 in VERNIERS et al. 1983).

Tableau I : Tableau récapitulatif des divers moyens de protection des berges. (d'après COULON 1978)

TYPE DE PROTECTION	PRIX DE FOURNITURES (JUN 1977)	AVANTAGES	INCONVENIENTS	CONDITIONS D'EMPLOI
Couverture végétale : - Gazon	De 1,20 F, sans préparation du sol, sans mulch, sans terre végétale, à 14 F, avec préparation du sol, avec mulch, avec terre végétale	Prix Esthétique	Peu efficace contre battillage	
- Arbres, arbustes	Selon prix catalogue	Sur pentes trop fortes pour être engazonnées et tondues dans de bonnes conditions	Dégâts par les racines	
Trellis genre Enkamat	6 à 7 F le m2 sans préparation du sol et sans plantations	Imputrescible Retient les matériaux Permet la végétation	Lestage nécessaire sous l'eau	
Dalles en béton : - Evergreen	80 à 100 F le m2 sans terre végétale	Permettent l'engazonnement	Filter nécessaire Inesthétique si le gazon ne pousse pas Durée de vie du support	
- Gobimat	200 à 300 F le m2	Résistent bien au battillage		
Perré	150 à 250 F le m2	Efficacité	Esthétique Fondations	
Palplanches	3.000 à 6.000 F le m. l.	Grande efficacité	Esthétique Prix	
Mur béton	Hauteur 1,50 m, 1.000 F le m.l. (avec couronnement)	Efficacité	Prix Fondations	
Enrochements	50 à 150 F le m3	Esthétique	Prix Stabilité	
Gabions	0,50 m x 1 m x 2 m 150 à 200 F l'unité	Taille réduite des matériaux Permet végétation	Durée de vie du fil de fer	
Fagots	150 F le m3 (le stère)	Prix Favorisent le dépôt du limon	Durée de vie	
Fascines	80 à 200 F le m. l.	Aspect rustique	Durée de vie Etanchéité	
Rideau de pieux	400 à 800 F le m.l.	Aspect rustique Efficacité	Prix du bois traité Durée de vie Etanchéité	
Brise vague	50 à 150 F le m. l.	Facilité de mise en œuvre Prix	Durée de vie Emprise sur la surface	
Plantes aquatiques	25 à 150 F le m2	Prix Servent de frayère Esthétique	Sensibilité aux corps flottants	
Risberme	Selon le terrassement	Sécurité des berges Plantation possible	Effet aléatoire si marnage	
Plage	Selon terrassement	Prix Réalisation facile Usages multiples	Maintenance sans végétation Glissement du sable	
Epis	Selon leurs dimensions et le matériau utilisé	Permettent le colmatage	Prix Emprise sur la surface	

1.3. IMPACTS DES AMENAGEMENTS .

1.3.1. Introduction :

Les impacts de travaux se situent à plusieurs niveaux , le lit de la rivière , la berge , le régime hydraulique , la flore et la faune .

En fait , peu d'études ont été réalisées sur les conséquences des aménagements de cours d'eau .

Ces travaux , ayant pour but de contrôler le courant et de limiter l'érosion où les inondations , modifient le milieu et affectent la biocénose . Ce paragraphe traite des travaux de consolidation des berges .

1.3.2. La flore : La végétation aquatique dépend des caractéristiques physiques et chimiques du cours d'eau . Les altérations du substrat et les modifications de la hauteur d'eau , du courant , de la composition du substrat vont donc l'influencer . Des relevés floristiques sont effectués , nous renseignant sur les espèces herbacées du bord des eaux ou les espèces ligneuses de la berge (DETHIOUX 1989) . Cependant , l'effet des travaux sur la végétation riveraine est très peu étudié . Il a souvent été réduit à la constatation de la destruction des arbres , la diminution de la couverture végétale en général , la modification ou la disparition des espèces végétales typiques .

Un exemple : un travail de MASON (1981 in BROOKER 1985) décrit la disparition , due aux aménagements hydrauliques , de 20 % des arbres riverains sur la Rivière Colne , dans l'Essex , durant la période 1960-1970 .

La diminution de la couverture végétale a des conséquences diverses: développement du phytoplancton (en raison de la plus grande intensité lumineuse atteignant le cours d'eau) , disparition des débris de bois (ces matériaux résistants qui proviennent de la couverture végétale de la berge servent d'abris et de support à la faune) .

1.3.3. Les macroinvertébrés : Selon M.P. BROOKER (1985) , il est difficile d'établir un rapport sur les conséquences au niveau des macroinvertébrés en raison du faible nombre des publications .

Les publications en Angleterre (comme dans beaucoup d'autres pays européens) , concernent principalement les effets du dragage , des travaux d'entretien .

JENKINS et al. (1984 in BROOKER 1985) ont étudié les macroinvertébrés en fonction des différents habitats et sont arrivés à la conclusion suivante : les sites avec le plus grand nombre d'habitats sont généralement riches en taxa et comportent le plus grand nombre d'espèces rares . D'autres études réalisées dans le sud-est du Pays de Galles ont permis d'évaluer la diminution du nombre de taxa liés aux travaux d'aménagement .

Les prélèvements effectués sur 10 sites , présentant une grande variété de microhabitats avant les transformations , contenaient 80 taxa . Les mêmes sites , un an après les travaux , n'étaient colonisés que par 50 taxa . Les travaux d'aménagement ont détruit certains habitats , comme les zones lentiques ou riches en végétation . (BROOKER 1985)

L'impact des travaux de dragage a été étudié par CLEMENT (1985 in VERNIERS 1988) , remarquant une diminution du nombre de spécimens et d'espèces après les travaux de dragage : 254 spécimens rassemblés en 23 espèces avant et 23 spécimens rassemblés en 9 espèces après . La canalisation de rivières à truites conduit à une diminution de la biomasse totale des poissons et des invertébrés . Celle-ci correspond au tiers de la biomasse totale de la section non canalisée . (MOYLE 1976 in VERNIERS 1988)

Une première approche a été effectuée par le GIREA (VERNIERS 1988) comparant la faune rencontrée sur différentes berges . Ces berges se différencient par la technique de consolidation employée .

Voici un résumé des conclusions du rapport pour les macroinvertébrés :

Enrochement : il s'agit de gros galets et de blocs , avec la présence dans les interstices de sédiments . C'est donc un milieu hétérogène et riche .

Perré à sec : ces perrés non rejointoyés autorisent la présence de microhabitats entre et sur les mœllons .

Perré cimenté : avec une forte inclinaison et peu d'interstices entre les blocs , cette technique ne permet qu'une faible colonisation . Ils sont occupés par un plus petit nombre d'individus . Seuls les mollusques sont rencontrés car munis d'un appareil fixateur .

Gabion : les possibilités d'habitat existent , mais rien de précis n'est connu en raison de la difficulté de prélèvement . Il semblerait que l'on n'y rencontre aucune larve d'insectes .

Sites	Heer-Agimont	Hastière				Waulsort		Godinne
		Ecluse		Ile naturelle	Pont berge gauche perré cimenté	Ecluse		
		Berge droite enrochements	Berge gauche perré à sec			Berge droite perré + enrochements	Berge gauche perré à sec	
Groupes faunistiques	Berge droite naturelle						Berge droite gabions	
Hirudinées								
<i>Glossiphonia complanata</i>	5	8	9	1	-	-	2	6
<i>Erpobdella octoculata</i>	8	10	7	2	-	-	6	2
Triclaes								
<i>Dugesia</i> spp	10	30	25	20	-	37	-	15
Crustacés								
<i>Orconectes limosus</i>	-	-	-	x	-	-	-	-
<i>Gammarus pulex</i>	12	2	3	3	-	7	1	13
<i>Corophium curvispinum</i>	-	5	6	12	-	6	6	-
<i>Asellus aquaticus</i>	-	16	10	6	-	20	1	6
Mollusques								
<i>Dreissena polymorpha</i>	-	-	5	7	-	1	1	-
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	22	-	-	-	-	2	-	1
<i>Viviparus viviparus</i>	1	-	-	-	-	-	-	5
<i>Sphaerium</i> spp	1	5	10	7	-	20	2	-
<i>Bithynia tentaculata</i>	25	50	40	25	-	30	10	12
<i>Limnaea</i> spp	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Ancylus fluviatilis</i>	-	-	-	-	-	2	7	-
<i>Unio</i> spp	x	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anodonta anatina</i>	-	>2	x	x	-	-	-	-
Insectes								
Diptères								
Chironomidae	3	-	-	3	-	-	-	-
Simuliidae	1	-	-	-	-	-	-	-
Athericidae	-	1	1	-	-	-	-	-
Trichoptères								
Hydropsychidae	6	7	5	3	-	1	3	-
Leptoceridae	-	-	-	-	-	1	6	-
Ephéméroptères								
<i>Heptagenia</i> spp	5	1	-	1	-	-	-	-
<i>Baetis</i> spp	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Torleya belgica</i>	-	-	x	-	-	-	-	-
<i>Ephemerella ignita</i>	-	-	-	-	-	-	-	1
Mégaloptères								
<i>Sialis lutaria</i>	-	-	-	1	-	-	-	-
Odonates								
<i>Platycnemis</i> sp.	6	1	1	1	-	-	-	1
Nombre taxons	15	13	14	16	0	11	12	10
Nombre d'individus	107	138	122	92	0	127	46	62

Tableau II : Recensement des macroinvertébrés sur différents types de berges par recherche à vue pendant 10', en octobre 1986. (X : présence) (d'après VERNIERS 1988).

Le site le plus recolonisé par la faune est l'enrochement (138 individus récoltés par recherche à vue pendant 10 minutes) . Le site le moins recolonisé est le perré cimenté avec aucun spécimen récolté . Les récoltes effectuées aux perrés à sec et aux gabions contenaient 122 et 46 individus pour le perré et 62 individus pour les gabions . (Tableau II)

Cette étude était une première approche du problème et aucune conclusion ne pouvait être tirée si ce n'est la mauvaise recolonisation du perré cimenté . (VERNIERS 1988)

Une berge consolidée artificiellement est , dans beaucoup de cas , régulière et avec peu de végétation . Ce manque de végétation a souvent comme conséquence le peu de détritits , branches d'arbres , de troncs , qui servent de support physique dans le cours d'eau . (WARD 1984)

L'impact prévisible du manque de couverture végétale est un développement des producteurs primaires en raison de l'absence de végétation riveraine . On peut alors s'attendre à une augmentation importante du nombre de brouteurs .

Les travaux du CEMAGREF (1983) sur la Saulx marnaise , rivière avec des tronçons redressés , a montré les conséquences de ces aménagements . Il s'agit d'une simplification des peuplements . Les conséquences sont remarquées principalement pour les groupes dont les espèces colonisent une grande variété d'habitats (cas des Trichoptères).

On peut remarquer une diminution du nombre de coléoptères , qui préfèrent un substrat stable , avec une végétation assez abondante .

L'impact des travaux est , entre autres , la disparition des caches , abris et support pour la faune . Il est estimé que la rivière retrouve un aspect acceptable dans un délai de 5 ans suivant les aménagements . Des études réalisées dans le Sud-Ouest de la France (DUTARTRE et GROSS 1982) , décrivent l'évolution de la faune après un recalibrage . De façon globale , une complexification des communautés est mise en évidence . Cette complexification est mise en parallèle avec la diversification du site (résultant de la création de nouveaux microhabitats) , avec le temps . La faune "rescapée" consiste en Ephémères (Baetidae) , Diptères (Chironomidae) et Custacés (Gammaridae) .

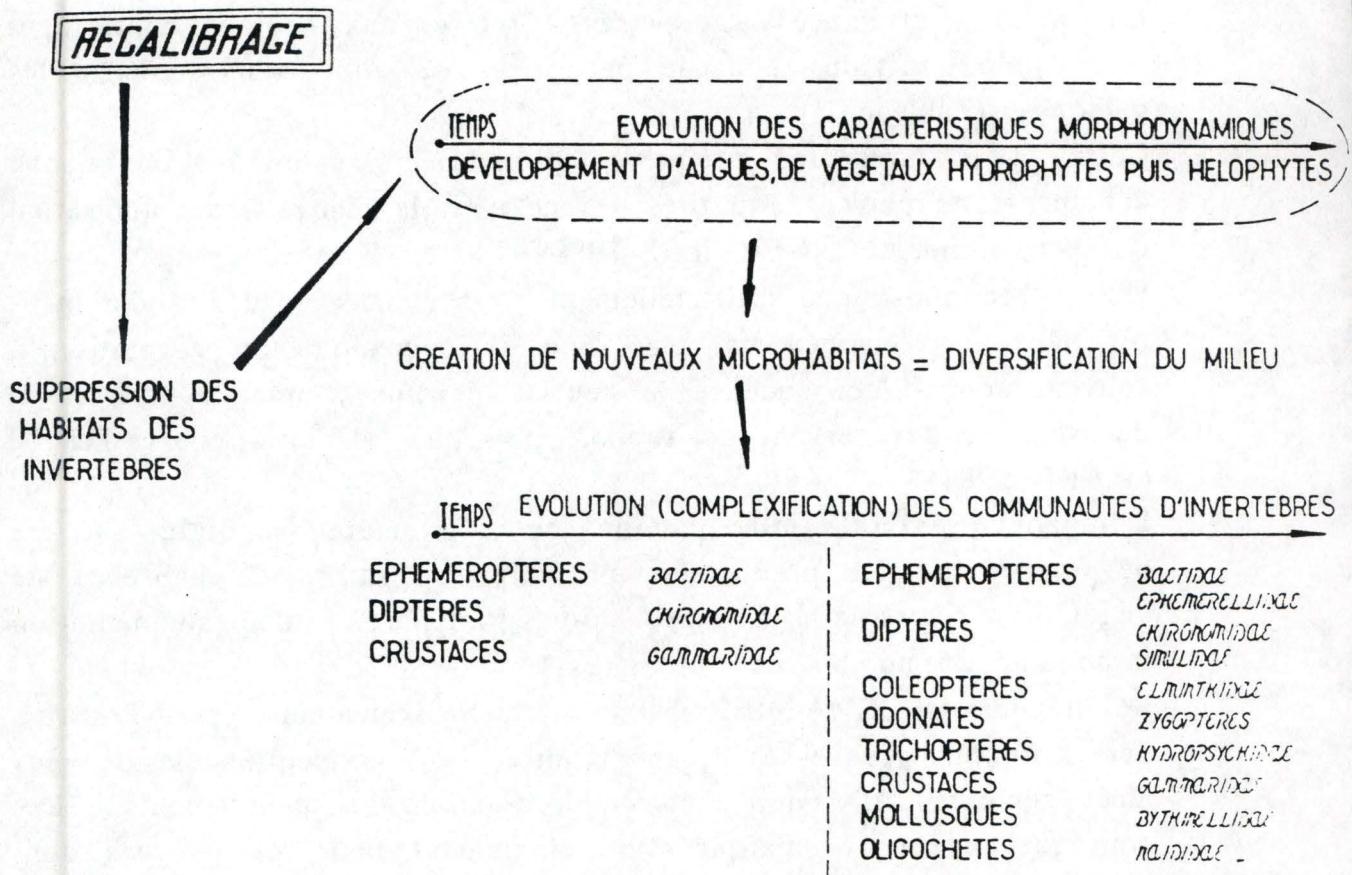


Figure 7 : Evolution des communautés d'invertébrés, suite à un recalibrage, dans une rivière du sud-ouest de la France (d'après DUTARTRE et GROSS 1988).

Cette communauté d'invertébrés se diversifie avec le temps , et comprend des EphemereLLidae , Simulidae , Elmidae , Hydropsychidae... (figure 7) .

1.3.4. Les poissons : Pour les poissons , quelques études existent , établissant une relation entre la perte de biomasse et les aménagements . Des études réalisées sur des rivières de l'est de la Caroline du Nord décrivent une diminution de la biomasse en poissons des rivières canalisée (Un tiers de la biomasse des rivières non aménagées) , ainsi qu'une diminution des organismes servant de nourriture aux poissons (1.5 ml / m² contre 7.1 ml / m² dans la rivière naturelle) . Les facteurs explicatifs sont la perte d'espace , l'élimination des séquences lotiques-lentiques sur les cours d'eau , la plus faible diversité dans les habitats rencontrés . (KUENZLER 1979)

La plupart des techniques de consolidation diminuent la quantité de débris végétaux . ANGERMEIER et KAAR (1984) ont étudié les relations entre les débris de bois et l'habitat des poissons dans des petites rivières .

Le nombre de poissons , et de macroinvertébrés , était nettement supérieur en milieu pourvu de débris , qui proviennent souvent de la végétation ligneuse riveraine .

La canalisation d'une rivière peut , dans certains cas , augmenter la hauteur d'eau et provoquer la disparition des habitats lotiques . Les poissons lithophiles vont être en régression . (PHILIPPART et VRANKEN 1983)

De même , les perrés à sec et les murs verticaux suppriment la plage rivulaire .

Le manque de végétaux (conséquence des transformations) provoque une diminution du nombre d'abris et une perte de support de ponte pour les poissons phytophiles (PHILIPPART et VRANKEN 1983).

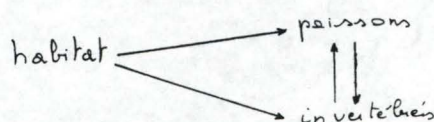
A l'opposé , les enrochements permettent le développement de la végétation et procurent une hétérogénéité supplémentaires au milieu . Cette hétérogénéité est propice à l'expansion de la communauté piscicole .

Selon VERNIERS (1988) , le perré cimenté vertical , ou même oblique , n'est pas favorable à un grand nombre d'espèces . En Meuse , les individus capturés étaient principalement des ablettes .

A l'opposé , les perrés à sec , avec enrochement à la base , végétation ou non , sont plus attractifs .

Les berges convenant pour les frayères sont principalement les perrés à sec et les enrochements (après les berges naturelles évidemment).

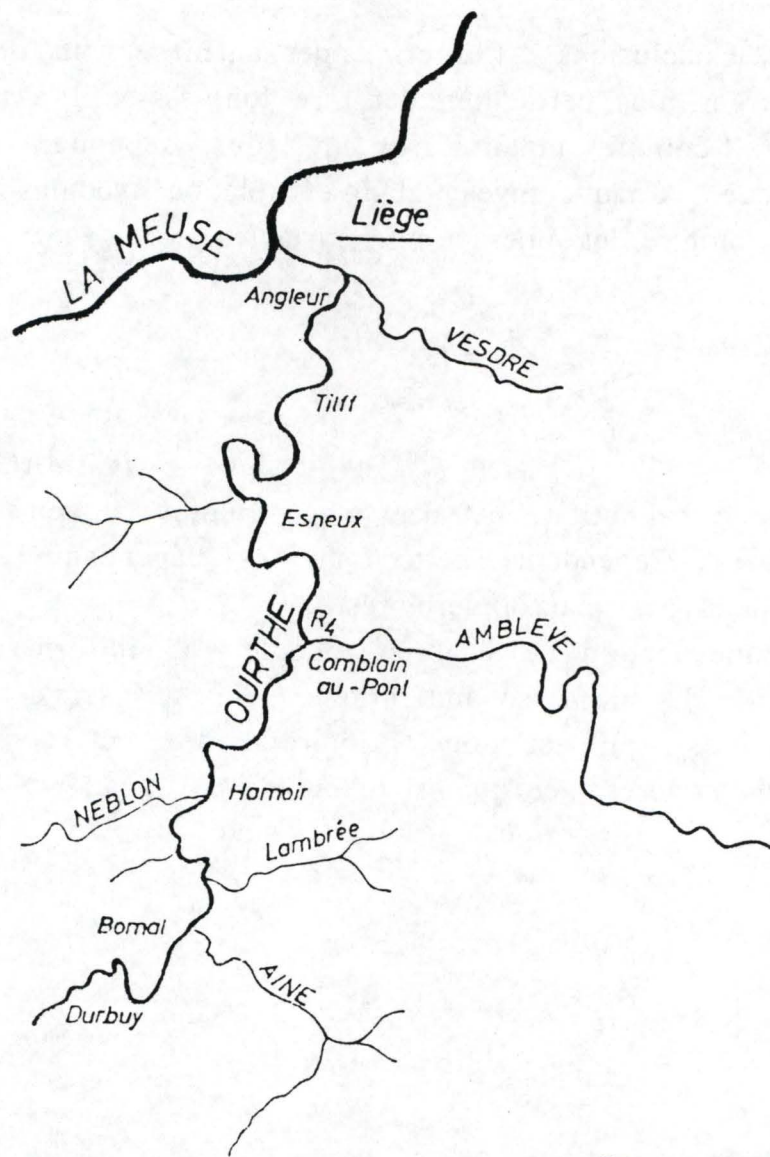
1.3.5 . Conclusions : Les effets des aménagements des cours d'eau (et des berges plus particulièrement) se font ressentir à tous les niveaux , oiseaux comme mammifères ... tous dépendant de l'écosystème aquatique . Chaque niveau étant en relation avec les autres .Un simple schéma montre les interactions existantes .



(CEMAGREF 1983)

La faune halieutique est d'avantage étudiée car plus intéressante pour l'homme . Cependant cette faune est dépendante de l'habitat mais également des macroinvertébrés .

Une modification de l'habitat (écoulement uniforme ...) entraîne une perte de la biomasse halieutique , mais aussi de la biomasse des invertébrés . Il est donc primordial de s'intéresser au niveau des macroinvertébrés , ce qui est le but de ce travail .



Echelle 1: 200000

Figure 8 : Topographie de l'Ourthe liégeoise (d'après MICHA 1968).

1.4. L'OURTHE

1.4.1. BASSIN ET RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE L'OURTHE :

L'Ourthe est une grosse rivière dont le bassin occupe une surface de 3.672 Km². (figure 8)

Elle est divisée en trois sous-bassins: Vesdre, Amblève et Ourthe après le confluent avec l'Amblève.

Dans son cours supérieur, elle est formée de la réunion de l'Ourthe occidentale et de l'Ourthe orientale, qui sont toutes deux issues du massif ardennais (à respectivement 510 et 507 mètres d'altitude).

Les cours moyen et inférieur de l'Ourthe commencent au pied du barrage de Nisramont (altitude de 261 mètres). Après un parcours de 133 Km, elle conflue avec la Meuse à Liège (63 mètres) . (MICHA 1968)

Quant à la couverture végétale , le bassin versant est recouvert par des forêts (35 %) et des prairies, terres cultivées , zones urbaines pour les 65 autres % .

Il existe une urbanisation intensive, caractérisée par un endiguement (les inondations sont amenées en aval), et un ruissellement plus important consécutif à une imperméabilisation des sols des zones bâties .

La pression touristique est importante en raison de la présence de nombreux campings et sites récréatifs.

(VERNIERS G. 1988)

Sa largeur varie entre 10 et 80 mètres. La profondeur dépasse rarement 2 mètres.

La pente moyenne du cours d'eau est de 2.54 ‰.

L'Ourthe est un cours d'eau à régime de plaine : le régime de crue correspond à l'hiver, période pendant laquelle la végétation des berges luttant contre l'érosion est quasi inexistante.

Selon Vereerstraeten (1971 in HERMAN 1985) , l'Ourthe intervient pour 25 % du débit de la Meuse à la frontière belge. Les débits sont variables selon les saisons et les années . Des mesures effectuées à Angleur entre 1954 et 1963 nous donnent des valeurs comprises entre 32 m³ par sec et 103 m³ par sec. Les crues ordinaires dépassent rarement 360 m³/sec.

Selon Phillipart (1977 in HERMAN 1985) , les débits moyens relevés à Hamoir de 1964 à 1973 varient entre 10-12 m³/sec et 44 m³/sec, avec un débit mensuel global de 24 m³/sec.

Selon Verniers (1988), les crues exceptionnelles dépassent rarement 450 m³/sec, à Tilff, et 700 m³/sec au barrage des Grosses Battes à Liège.

Quant au débit d'étiage, de juin à octobre, il est de 3-10 m³/sec.

1.4.2. QUALITE DU MILIEU ET DE LA BIOCENOSE :

1.4.2.1. Physico-chimie :

De façon générale, on peut dire que l'Ourthe est * de type ardennais dans son cours supérieur (pH acide de 5,5 et minéralisation faible)

* de type condruzien

dans son cours inférieur(pH de 7,5 et une prédominance des ions Ca⁺⁺ et HCO₃⁻⁻ qui confère une conductivité élevée et un bon pouvoir tampon)

(DESCY et EMPAIN 1981 in HERMAN 1985)

Le pH, l'alcalinité, la teneur en calcium et la minéralisation vont augmenter au fur et à mesure que la rivière va traverser des terrains calcaires, et recevoir des affluents.

La qualité chimique de l'eau est assez bonne malgré les nombreux déversements d'égouts et de quelques industries.

Au point de vue de la pollution organique, la situation est plus ou moins normale. On trouve cependant quelques signes d'eutrophisation traduits par un développement excessif de végétaux.

C'est après la confluence avec l'Amblève, et surtout au niveau d'Angleur que la qualité de l'eau se dégrade.

Des contaminations ponctuelles par certains métaux lourds ont été observées.

1.4.2.2. La végétation :

La végétation des berges est dominée par la baldingère, la glycérie et la reine des prés. La flore ligneuse est dominée par l'aulne glutineux, et trois espèces de saules (*Salix purpurea*, *S. triandra*, *S. viminalis*) (MICHA 1968) .

Taxons	R1 Hamoir amont	R2 Hamoir aval	R3 Combl. amont	R4 Combl. aval	R5 Esneux amont	R6 Esneux aval	R7 Tiff amont	R8 Tiff aval
<i>Dendrocoelum lacteum</i>	—	—	—	+	—	—	—	+
<i>Planaria gonocephala</i>	+	—	+	+	—	—	—	—
<i>Lumbriculus variegatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Glossosiphonia compl.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Piscicola geometra</i>	—	+	—	+	+	+	+	+
<i>Herpobdella atomaria</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ancyclus fluviatilis</i>	+	+	+	+	+	+	+	—
<i>Anisus albus</i>	—	—	—	—	+	+	—	+
<i>Physa fontinalis</i>	—	—	+	+	—	—	—	—
<i>Lymnea auricularia</i>	—	+	+	+	+	+	+	—
<i>Lymnea stagnalis</i>	—	—	+	—	+	—	+	+
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	—	—	+	+	+	+	+	+
<i>Bithynia tentaculata</i>	+	+	+	+	+	—	—	+
<i>Sphaerium corneum</i>	+	—	+	+	+	—	+	+
<i>Asellus aquaticus</i>	—	—	—	—	—	—	+	+
<i>Gammarus pulex</i>	—	+	+	+	+	+	—	—
Hydracariens	+	+	+	+	+	+	—	+
<i>Apelocheirus sp.</i>	—	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nemura sp.</i>	—	—	—	—	+	—	—	—
<i>Perla sp.</i>	—	+	+	+	—	—	—	—
Ephem. fouiss. et pétric.	+	+	+	+	+	+	+	+
Ephem. nageuses	+	+	+	+	+	+	—	+
<i>Sialis lutaria</i>	+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Helmis sp.</i>	+	+	+	+	—	+	—	—
<i>Limnius sp.</i>	+	+	+	+	+	+	—	—
<i>Oreochilus sp.</i>	—	+	+	—	+	+	—	—
<i>Hydropsyche sp.</i>	+	+	+	+	+	+	—	+
<i>Rhyacophila sp.</i>	—	+	+	+	+	+	—	+
<i>Agapetus sp.</i>	—	+	+	+	—	+	—	+
<i>Timodes sp.</i>	—	+	+	+	—	+	—	—
<i>Brachycentrus sp.</i>	—	+	+	+	+	+	—	+
<i>Notidobia ciliaris</i>	—	+	+	+	+	+	—	—
<i>Gaera sp.</i>	—	—	—	—	+	—	—	—
Leptoceridae sp.	—	—	—	—	+	—	+	+
<i>Stenophilax sp.</i>	—	—	—	—	+	—	—	—
<i>Limnophilus sp.</i>	—	—	+	—	—	—	—	—
<i>Trichoptère sp.</i>	+	+	—	+	+	—	+	+
<i>Simulium equinum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Rheotanytarsus sp.</i>	+	+	+	+	—	+	—	—
<i>Chironomus sp. p.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chironomus thummi</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Atherix sp.</i>	—	+	+	+	—	—	+	—
Total des taxons	26	28	32	32	30	26	30	33

+ : présent

— : absent

Tableau III : Liste faunistique aux différentes stations rhéophiles (R) en été 1968. (d'après MICHA 1968)

PARAMETRES	Nombre d'individus	Unités systématiques	Indices biotiques MICHA	Indices biotiques modifiés	S indices de diversité
STATIONS					
0 1	230	19	9	12	2,45
0 2	1203	24	10	14	1,61
0 3	356	24	10	13	2,42
0 4	784	24	10	14	1,77
0 5	419	18	9	11	1,39
0 6	375	18	8	11	0,99
0 7	199	18	9	7	2,39
0 8	705	20	8	7	1,78
0 9	259	17	7	8	1,86
0 10	256	18	10	9	1,60

Tableau IV : Ourthe - cours d'eau principal - Résultats faunistiques (d'après HERMAN 1988).

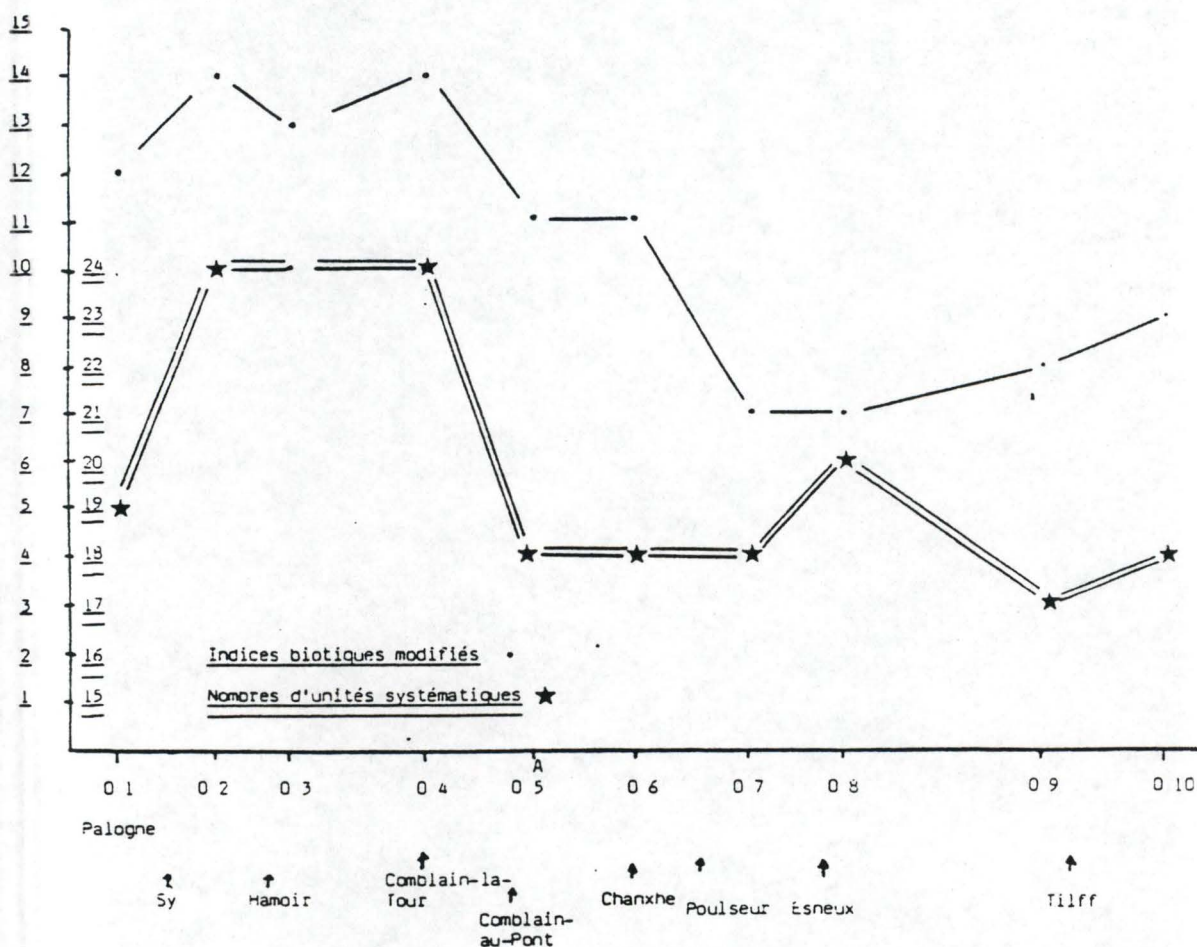


Figure 9 : Evolution des indices biotiques modifiés et des nombres d'unités systématiques sur le tronçon de l'Ourthe entre Palogne et Angleur . (d'après HERMAN 1988)

L'espèce dominante que l'on rencontre sur les graviers découverts à l'étiage, est *Poa annua*. Cette graminée est accompagnée d'autres plantes plus ou moins hygrophiles.

La végétation aquatique est représentée par des plantes submergées, amarrées, comme la renoncule flottante (*Ranunculus fluitans*), ou le potamot à feuilles perfoliées (*Potamogeton perfoliatus*).

Le substrat du lit de la rivière est recouvert d'algues vertes et bleues (MICHA 1968).

La végétation algale benthique de l'Ourthe condruzienne comprend des associations du *Chloro-Rhodophycion* caractéristique des eaux calcaires. Cette association est caractérisée par les algues du genre *Cladophora*, *Vaucheria*, *Bangia* et *Lemanea*. On trouve comme Cyanophycées des *Oscillatoria*. Deux espèces de Bryophytes sont dominantes dans l'Ourthe: *Fontinalis antipyretica* et *Hygroamblystegium fluviatilis*.

1.4.2.3. Les macroinvertébrés benthiques :

La faune benthique des macroinvertébrés est bien diversifiée, caractérisée par l'abondance des insectes (26 espèces) et des mollusques (8 espèces). Parmi les insectes, l'ordre des Trichoptères représente à lui tout seul une dizaine de taxons. (Tableau III)

Cependant, on trouve également des Annélides, Plathelminthes, Crustacés (MICHA 1968).

L'indice biotique renseigne sur la bonne qualité de l'Ourthe: Il est de 9-10 sur tout le cours excepté à Angleur (5-6) (Ministère de la Santé Publique 1979).

L'indice biotique mesuré par VRANKEN (in HERMAN 1985) au printemps 1978 est de 9 à Hamoir, de 7 à Esneux et à Angleur.

Voici les indices biotiques relevés par MICHA et al. en 1979 sur l'Ourthe et ses affluents: 10 à Hamoir et à Comblain-au-Pont, 9 à Esneux et 5 à Embourg

HANSOUL (1979 in HERMAN 1985) est plus nuancé : bonne qualité jusqu'à Comblain-au-Pont, puis la situation se dégrade avec les apports d'eaux usées des villes, camping, et la pollution due à l'Amblève.

HERMAN (1988) donne l'évolution des différents indices biotiques et de la diversité systématique sur le tronçon de l'Ourthe entre Palogne et Angleur (Tableau IV). L'indice biotique modifié est un indice biotique dont le principe de calcul reste identique à celui de

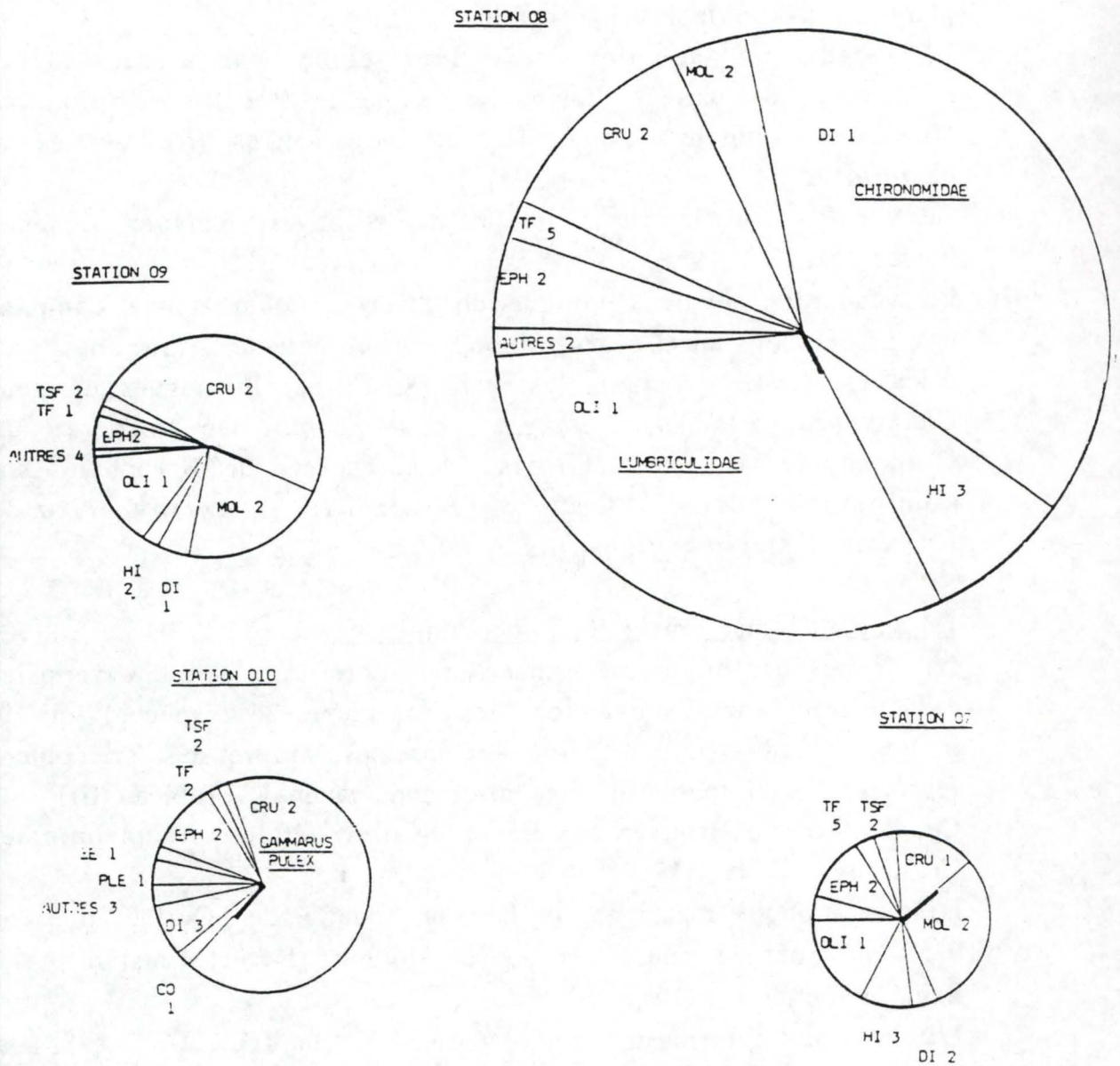


Figure 10 : Structure des communautés benthiques de l'Ourthe. La station 7 est en amont d'Esneux , la station 8 un peu en aval d'Esneux. La station 9 est en amont de Tilff et la station 10 en aval. (d'après HERMAN 1988)

TUFFERY et VERNAUX (1967) , mais sera élargi dans le cas de cours d'eau indemnes de toute pollution (indice biotique de 10) ou au contraire pour les cours d'eau pollués ou hypertrophiés . Des valeurs de 14-15 indiquent une eau de qualité excellente sans trace de pollution , et une grande richesse de la macrofaune d'invertébrés benthiques . Un indice de 12 ou 13 renseigne une eau de qualité très bonne soit avec une diversité plus faible , soit avec quelques restes d'une pollution en amont . Des valeurs de 10-11 renseignent une eau de bonne qualité avec des signes plus précis d'eutrophisation . Des valeurs de 7 , 8 , 9 indiquent une eau eutrophisée , une pollution moyenne , mais la présence d'une faune piscicole .

Il remarque une diminution des indices biotique au niveau de Comblain-au-Pont et Chanxhe , témoignage de l'eutrophisation des eaux à ces endroits . En aval de Poulseur et d'Esneux , les valeurs d'indice sont encore plus faibles indiquant l'hypertrophisation très importante des eaux sur ce tronçon . Les deux dernières stations présentent des indices supérieurs mais toujours caractéristiques d'une eau eutrophisée . La station en aval de l'île Rousseau présente un indice biotique modifié meilleur . Cela pourrait être dû à la meilleure oxygénation des eaux et la survivance d'espèces sensibles à cet endroit (Figure 9) .

Herman a également étudié la structure de la communauté benthique de l'Ourthe . Les graphes donnent la proportions des différents taxa (Figure 10). La surface est proportionnel au nombre d'individus récoltés . On remarque la moindre qualité de l'eau aux stations 7 et 8 (aval de Poulseur et d'Esneux) . En effet , les Plécoptères , Ephémères Ecdyonuridae et les Trichoptères à fourreau y sont rares ou absents . La faune est dominée par les Chironomidae (37 % de la faune en aval d'Esneux) , Mollusque (*Lymnaea* surtout) et Oligochètes . L'état des eaux s'améliore aux stations 9 et 10 . Cependant la diversité systématique n'augmente pas . Les Crustacés et les Mollusques dominent toujours .

1.4.2.4. Caractère piscicole :

Dans des conditions normales de vitesse de courant , de pH (entre 5 et 9), et en l'absence de pollution, les caractéristiques qualitatives de la faune piscicole d'une rivière dépendent de la température de l'eau, de la vitesse du courant et de la largeur, du débit du cours d'eau.

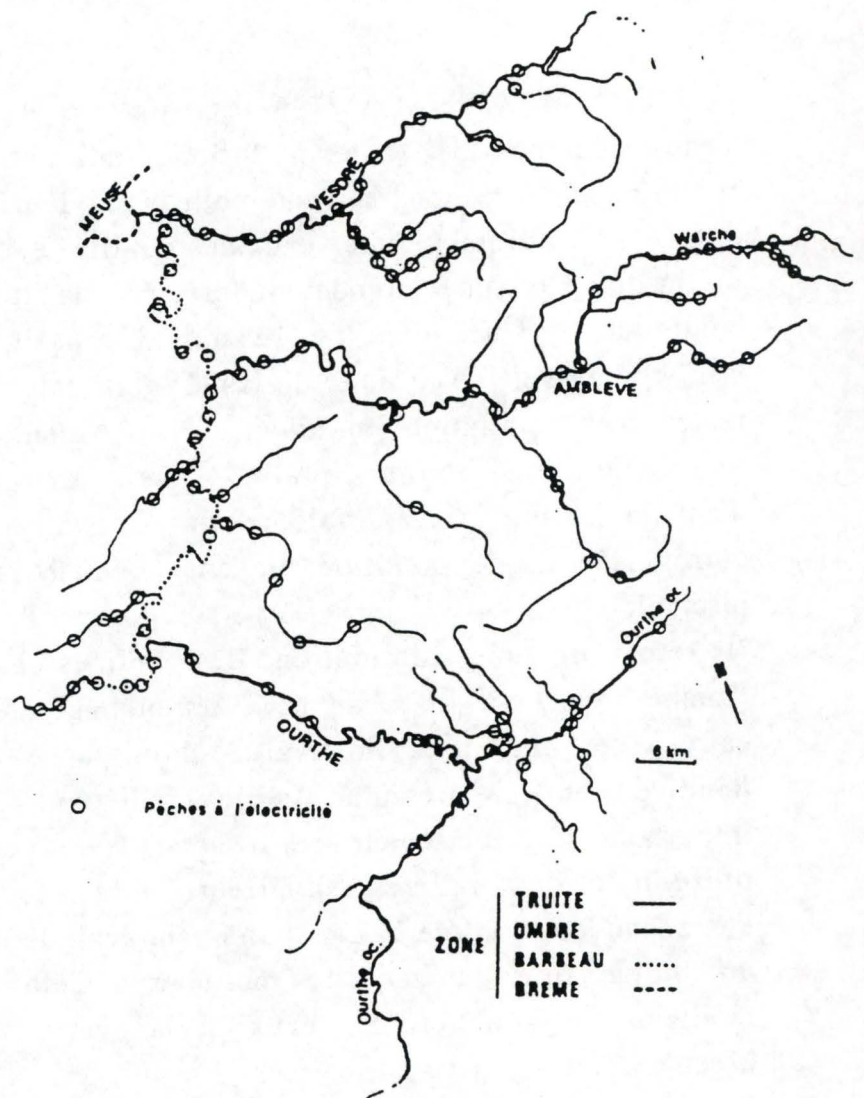


Figure 11 : Répartition des zones piscicoles théoriques dans le bassin de l'Ourthe (d'après DESCY et al. 1981).

Espèces	Type n°													Rivière et localité
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Truite ferio	95	87	62	38	57	50	22	11,1	10	4,4	8	1	0,7	1 Ronce
Ombre	-	9	26	58	10	10	6	4,9	6	2,5	-	-	-	2 Liègne à Bra
Barbeau	-	-	-	-	-	-	39	42,9	-	51,4	8	-	-	3 Néblon à Hamoir
Matu	-	-	-	-	-	-	5	2,6	-	0,9	6	15	12	4 Salm à Grand Helleux
Chevaline	-	-	-	-	30	28	18	16,0	27	11,6	16	12	-	5 Amblève à Deidenberg
Vandoise	-	-	-	-	-	-	3	15,0	38	5,9	26	7	-	6 Ourthe orientale à Houffe
Goujon	-	-	-	-	-	4	3	4,6	25	15,7	9	8	9	7 Ourthe occidentale à Wyom
Vairon	-	-	-	-	-	1	-	0,3	-	1,2	-	-	-	8 Ourthe à Modister
Ablette commune	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	37	9 Eau d'Heure à Beillonville
Gardon	-	-	-	0,1	-	3	-	-	1	0,8	8	38	18	10 Ourthe à Hamoir
Breme	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	11 Berwinne à Lixhe
Tanche	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	2	3	-	12 Méhaigne à Anthelt
Perche	-	-	-	-	-	0,5	-	0,3	4	0,6	6	3	-	13 Meuse à Lixhe
Brochet	-	-	-	-	-	-	-	0,9	2	0,5	-	3	-	
Anguille	-	-	-	0,4	-	-	-	0,4	2	1,4	7	4	-	
Autres	5	4	12	6,5	3	3,5	4	1,5	9	3,1	5	9	-	

Tableau V : Composition de la faune piscicole (proportion pondérale des espèces) dans différents types de rivières salmonicoles, cyprinicoles et mixtes (cas de rivières non ou faiblement polluée et physiquement altérées) (d'après DESCY et al. 1981).

Ces trois facteurs sont interdépendants. De plus, dans nos régions, ils sont liés à la pente de la rivière. On peut d'ailleurs se référer à l'étude réalisée par HUET (1949 in HERMAN 1985), et à sa " règle des pentes ". Selon cette règle, on peut définir, au niveau de l'Ourthe, une zone à truite, une zone à ombre et une zone à barbeau de type supérieure.

On peut se référer à une carte réalisée par DESCY et al. en 1981 indiquant la répartition des zones piscicole théoriques dans le bassin de l'Ourthe (Figure 11).

Le Tableau V permet de visualiser les différences de composition entre les 4 zones piscicoles.

La biomasse absolue des populations dépend de la capacité d'accueil physique (fonction du débit, des abris le long des berges...), des ressources alimentaires disponibles (fonction principalement des ressources nutritives de l'eau), de la température de l'eau. La biomasse des communautés de poissons dans l'Ourthe au niveau de Hamoir est de 315 Kg/ha, dont 60 % de Barbeau (PHILIPPART et VRANKEN 1983 in HERMAN 1985).

Un tronçon à cours rapide a été étudié, à Fêchereux, par MICHA (1968, 1969, 1971), puis par PHILIPPART et VRANKEN en 1980. Cette zone a une pente moyenne de 0,4 % et une largeur de 30 mètres.

Plus de 50 % des espèces capturées font partie de la famille des Cyprinidae. Les espèces les plus abondantes par ordre décroissant d'importance sont le barbeau (*Barbus barbus*) avec 50 % de la biomasse piscicole totale, la truite (*Salmo trutta fario*) avec 10 %, la vandoise (*Leuciscus leuciscus*), et le hotu (*Chondrostoma nasus*).

On trouve également l'ombre (*Thymallus thymallus*), la chevaine (*Leuciscus cephalus*), le goujon (*Gobio gobio*), l'ablette spirilin (*Alburnoïdes bipunctatus*) et le gardon (*Rutilus rutilus*).

Il est probable que l'on trouve dans les zones calmes, plus difficilement échantillonnables par pêche électrique, des carpes (*Cyprinus carpio*) et des ablettes communes (*Alburnus alburnus*).

Les données provenant de l'Université de Liège (PHILIPPART-VRANKEN 1983) renseignent une bonne diversité piscicole pour le secteur Hony-Tilff, entre 8 et 13 espèces.

De manière générale, l'ichtyofaune est bien diversifiée dans son ensemble, comprenant 23 espèces indigènes et 2 espèces introduites et acclimatées. (PHILIPPART 1977)

1.4.3. SYNTHÈSE DES DONNÉES EXISTANT SUR L'OURTHE LIÉGEOISE

Le tronçon de l'Ourthe étudié dans ce mémoire est une partie de l'Ourthe liégeoise . Deux sites sont localisés en amont d'Esneux , en face de l'extrémité aval de l'île de la Venne . Les sites suivants se situent au centre d'Esneux , de part et d'autre du pont . Le dernier est situé au niveau de l'île Rousseau , en aval de Tilff . (Figure 12)
Ces sites ont été choisis en fonction de la diversité des aménagements.

1.4.3.1. Description du secteur Hony-Tilff

1.4.3.1.a. Point de vue végétation :

La végétation aquatique est représentée par des renoncules flottantes dans les sites rhéophiles, et des Potamots à feuilles perfoliées dans les endroits plus calmes, du cresson de fontaine (*Nasturtium officinale*) et de l'élodée (*Elodea canadensis*) dans les endroits peu profonds et calmes.

Le substrat du lit de la rivière est recouvert par des algues vertes et bleues. Au niveau des plans d'eau de barrage, on trouve des mousses comme *Fontinalis antipyretica* et *Hygroamblystegium fluviatilis*, espèce réputée sensible à la pollution (MICHA 1968).

Les berges de l'Ourthe entre Esneux et Tilff présentent des faciès divers fortement dégradés, selon les aménagements effectués au cours des années. La végétation semi-aquatique du bord des eaux est assez pauvre.

Plusieurs types de berges peuvent être décrits:

Berges herbeuses

En pente abrupte, on y trouve les espèces habituelles des prairies humides accompagnées par des espèces rudérales (sur laisses d'inondation). Il s'agit entre autres: *Lolium perenne*, *Ranunculus repens*, *Potentilla anserina*, *Dactylis glomerata*, *Galeopsis tetrahit*, *Sinapsis arvensis*, *Polygonum persicaria*, *Verbascum thapsus*, *Urtica dioïca*.. On n'y trouve aucune espèce des berges proprement dites , si ce n'est *Phalaris arundinacea* ou *Scrophularia* sp. En cas d'absence d'espèces ligneuses, il y a un risque assez fort d'érosion .

En pente douce, l'érosion est moins forte si cette berge est située dans la partie convexe du méandre.

Dans certains cas, on y trouve *Artemisia vulgaris*, *Urtica dioïca*, *Phalaris arundinacea*, *Lamium album*, *Polygonum* sp. (dont *P. cuspidatum*). (VERNIERS 1988)

Berges arbustives ou arborées

Dans certains cas, des galeries arborées d'*Alnus glutinosa* permettent d'éviter l'érosion. Cependant si l'espacement est trop grand, alors il y a érosion entre les arbres, en période de crue.

On peut rencontrer des mélanges d'*Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior*, *Salix* sp., *Populus* sp. et *Quercus robur*. Des aulnes ont même recolonisé d'anciens perrés en s'enracinant entre les pierres. On y trouve aussi des *Prunus spinosa*, *Cornus sanguines* et jeunes *Acer campester*, avec des *Clematis vitalba*..

La strate herbacée est constituée d'espèces pour la plupart rudérales comme *Dactylis glomerata*, *Arrhenaterum elatius*, *Tanacetum vulgare*, *Geranium robertianum*, *Ranunculus repens*, *Daucus carotta*, *Trifolium repens*, *T. hybridum*, *Senecio* sp., des nitrophiles comme *Artemisia vulgaris*, *Urtica dioïca*, *Cirsium* sp.

Il faut ajouter à cela des espèces liées aux talus et berges comme *Origanum vulgare*, *Polygonum persicaria*, *Lotus corniculatus*, *Festuca gigantea*, *Filipendula ulmaria*, *Eupatorium cannabinum*, *Impatiens glandulifera*, *Melandrium dioicum*.. Il reste une frange fine pour les baldingères.

Autre cas où on rencontre un mélange d'*Alnus glutinosa*, de *Salix* sp. et de *Fraxinus excelsior*.

On y ajoute comme espèce lianeuse *Humulus lupulus*, ainsi que *Gallium mollugo*, *Symphytum officinale*, *Eupatorium cannabinum*, *Linaria vulgaris*, *Reseda lutea*, *Scrofularia* sp., *Tussilago fanfara*, *Ranunculus repens*, *Glechoma hederaces*, *Filipendula ulmaria*, *Mentha* sp., *Brachypodium sylvaticum*, et hors de la berge proprement dite *Iris pseudocorus*. (VERNIERS 1988)

Cela me servira de référence, en quelques sortes pour la suite du travail.

Groupes faunistiques	Ourthe à Hony
OLIGOCHETES	
Tubificidae	± 70
Lumbriculidae	± 30
Lumbricidae	3
ACHETES	
Erpobdellidae - <i>Erpobdella</i> spp.	6
Glossiphoniidae - <i>Glossiphonia</i> spp.	3
Piscicolidae - <i>Piscicola</i>	[1]
PLANAIRE	
Dugesidae - <i>Dugesia</i> sp.	20
MOLLUSQUES	
Ancylidae - <i>Ancylus fluviatilis</i>	30
Bithyniidae - <i>Bithynia tentaculata</i>	20
Lymnaeidae - <i>Lymnaea</i> spp.	18
Nerisidae - <i>Theodoxus</i>	[1]
Sphaeriidae	>200
CRUSTACES	
Gammaridae - <i>Gammarus</i>	>300
Asellidae - <i>Asellus</i>	3
INSECTES	
EPHEMEROPTERES	
Baetidae - <i>Centroptilum</i>	3
Baetidae - <i>Baetis</i>	>200
Ephemerellidae - <i>Ephemerella</i>	35
Heptageniidae - <i>Heptagenia</i>	10
Oligoneuriidae - <i>Oligoneuriella</i>	2
PLECOPTERES	
Leuctridae - <i>Leuctra</i>	29
COLEOPTERES	
Elmidae	60
TRICOPTERES	
Hydropsychidae	>200
Sericostomatidae	15
Rhyacophilidae	10
Leptoceridae	2
DIPTERES	
Simuliidae	7
Chironomidae	20
Athericidae	80
Limoniidae	[1]
HETEROPTERES	
Aphelocheiridae - <i>Aphelocheirus aestivalis</i>	2
Nombre total d'unités systématiques	27
Indice biotique	10
Classe	5

Tableau VI : Diversité et nombre de macroinvertébrés benthiques récoltés dans l'Ourthe à Hony (août 1988) suite à un échantillonnage de 5 minutes. (d'après VERNIERS 1988).

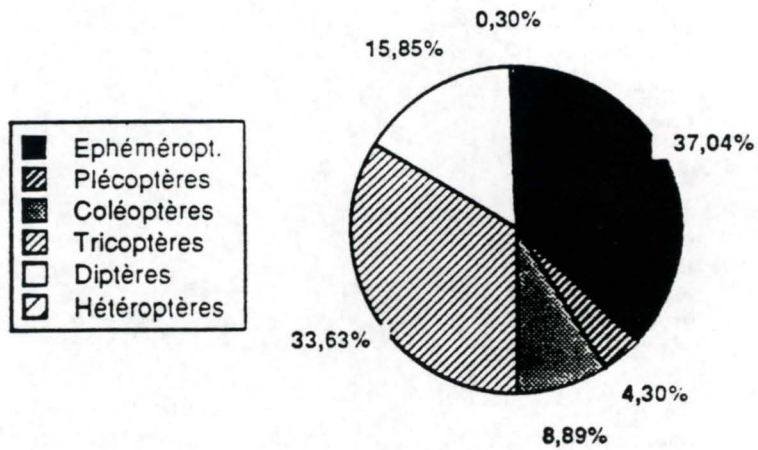
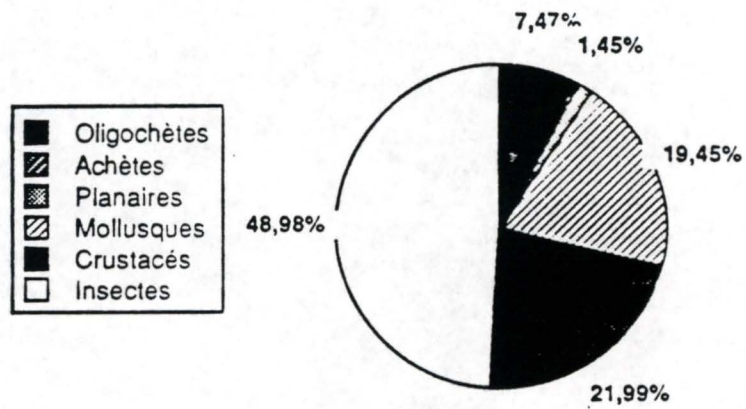


Figure 12 : Diagrammes représentant la diversité faunistique (macroinvertébrés) de la station de Hony sur l'Ourthe (1 à 4). (d'après VERNIERS 1988)

1.4.3.1.b. Point de vue macroinvertébrés :

Voici un tableau tiré de l'étude réalisée par VERNIERS G. en 1988 sur l'Ourthe liégeoise. Ces valeurs ont été prises au niveau de Hony, sur l'ensemble du secteur .(Tableau VI)

On remarque un nombre de 27 unités systématiques . Deux graphes nous renseignent sur la diversité taxonomique de cette station . (figure 12) Il s'agit ici d'un indice biotique de 10 , cependant il faut remarquer que l'on ne trouve qu'une seule famille de Plécoptère, les Perlidae, une seul genre d'Heptageniidae, Heptagenia, et deux seules familles de trichoptères à fourreaux. Si l'on emploie une méthode semblable à celle des indices biotiques mais plus exigeante quant au nombre de taxons, l'indice IQBG, on se trouve dans une situation normale avec des valeurs de 13-14 sur 20 max.

Pour la population piscicole, aucune étude supplémentaire n'a été réalisée . Il faut donc se référer à ce qui a été dit sur le caractère piscicole de l'Ourthe liégeoise en général .

1.4.3.2. Description de la boucle d'Esneux

Ce travail a été réalisé par le GEA dans le cadre d'une étude d'impact sur l'environnement d'un réservoir dans la boucle de l'Ourthe , a Esneux . (ANCION et LEMAIRE 1980)

Cette étude permet de préciser les types de végétations que l'on rencontre au niveau de l'Ourthe liégeoise et des berges plus ou moins aménagées.

Elle fait partie de la zone de transition entre l'Ardenne condrusienne et le Condroz.

Les caractéristiques tant physico-chimiques que hydrographiques correspondent aux données du 1.4.2.1.

1.4.3.2.a. Prairies semi-naturelles, humides et assainies:

C'est une zone caractérisée par l'abondance de Populage des marais (*Caltha palustris*), de menthe d'eau (*Mentha aquatica*), la veronique des ruisseaux (*Veronica beccabunga*), et divers joncs (*Juncus* spp.). On y trouve également la reine des prés (*Filipendula ulmaria*), la renouée bistorte (*Polygonum bistorta*), l'iris des marais (*Iris pseudacorus*), la valériane officinale (*Valeriana procurrens*), et l'angélique sauvage (*Angelica sylvestris*).

On peut trouver un facies plus pâturé de cette prairie, qui est riche en *Juncus effusus* .

Un cas de prairies humides abandonnée à *Filipendula ulmaria* est présent. On y trouve la stellaire des bois (*Stellaria nemorum*), la grande ortie (*Urtica dioïca*), la baldingère (*Phalaris arundinacea*), la berce (*Heracleum sphondylium*), le vulpin des prés (*Alopecurus pratensis*), le lamier blanc (*Lamium album*), le pétasite officinale (*Petasite hybridus*), la consoude officinale (*Symphytum officinale*), l'iris jaune (*Iris pseudacorus*), le gratteron (*Galium aparine*), le compagnon rouge (*Melandrium dioïcum*), la benoîte des ruisseaux (*Geum rivale*), le houblon (*Humulus lupulus*), le liseron des haies (*Calystegia setium*) et la clématite des haies (*Clematis vitalba*).

La strate ligneuse est constituée de *Alnus glutinosa*, de *Salix caprea* et de *S. alba*. On y trouve en plus *Impatiens noli-tangere*, *Ranunculus fluitans*.

1.4.3.2.b. Prairies mésophiles améliorées :

Elles sont bien entretenues et fertilisées.

Une prairie de fauche contient *Anthriscus sylvestris*, *Heracleum spondylium*, *Daucus carota*, *Alopecurus pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Trisetium flavescens*.

Une pâture améliorée contient *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, *Plantago lanceolata* et *P. major*, *Bellis perennis*, *Poa trivialis*, *P. pratensis*, *Rumex acetosa*, *Taraxacum vulgare*, *Achillea millefolium*.

On observe également *Galium mollugo*, *Urtica dioïca*, *Artemisia vulgaris*, *Cirsium sp.*, *Carduus sp.*, *Anthriscus sylvestris*, *Alopecurus pratensis*, *Daucus carota*.

1.4.3.2.c. Forêt alluviale ou marécageuse:

On trouve l'ormnaie-frênaie alluviale eutrophe, avec *Allium ursinum*, *Anemone nemorosa*, *Adoxa moschatellina*, *Ranunculus ficaria*, *Ulmus campestris*, *Euonymus europaeus*, *Ribes rubrum*.

Dans le cas de l'aulnaie-frênaie alluviale mésotrophe, on rencontre les espèces décrites dans la prairie humide abandonnée, dominée au printemps par *Stellaria nemorum*.

(VERNIERS 1988).

MATERIEL

ET

METHODES

2. MATERIEL ET METHODES .

Le travail de terrain a été effectué à trois niveaux :

- * caractérisation de chaque site
- * étude de la flore
- * étude de la faune des macroinvertébrés

2.1. CARACTERISATION DE CHAQUE SITE ETUDIE :

Les six sites étudiés sont localisés dans la région d'Esneux et de Colonster (Figures 13 et 14) . Ce tronçon d'Ourthe présente différents types d'aménagement des berges . Cependant , la diversité taxonomique tout comme la qualité du milieu y sont acceptables . Les types de berges étudiés sont les gabions (celui d'Esneux est âgé de deux ans et semé alors que celui de Colonster est âgé de quatre ans , non semé et localisé en milieu non urbain) , les perrés tout deux situés au centre d'Esneux (le premier est cimenté et en forte pente alors que le second est un perré à sec et en pente moins importante) , un enrochement (localisé en amont d'Esneux , à proximité du gabion) et un mur vertical (au centre d'Esneux).

Un schéma est réalisé pour chaque berge (Figures 15 à 24) , renseignant sur sa pente, sa hauteur , la longueur de la portion étudiée , les différentes zones pouvant être mises en évidence .

Le pente de la berge est déterminée à l'aide d'un clinomètre - hypsomètre Suunto PM-5 code PM-5 : 400 PC .

Les différentes zones se différencient les unes des autres par la vitesse du courant , le substrat , l'importance de la recolonisation par la végétation aquatique , semi-aquatique , mais aussi ligneuse (la présence d'un arbre ou d'une souche dans la partie inférieure de la berge).

La vitesse du courant est mesurée à l'aide d'un moulinet type C2 "10.150" . . Cet appareil est constitué d'une barre métallique de 9 mm de diamètre sur laquelle est vissée une pièce portant l'hélice . Les mesures ont été effectuées avec l'hélice n° 2-42888 . L'hélice doit être placée dans la direction du courant . Le nombre de tours faits par l'hélice est donné par un compteur Z 30 OTT , relié au moulinet par deux fils . La vitesse du courant est obtenue à l'aide de la formule appropriée pour l'hélice choisie : $V = 0,1035 n + 0,018$ où n est le nombre de tours effectués par seconde .

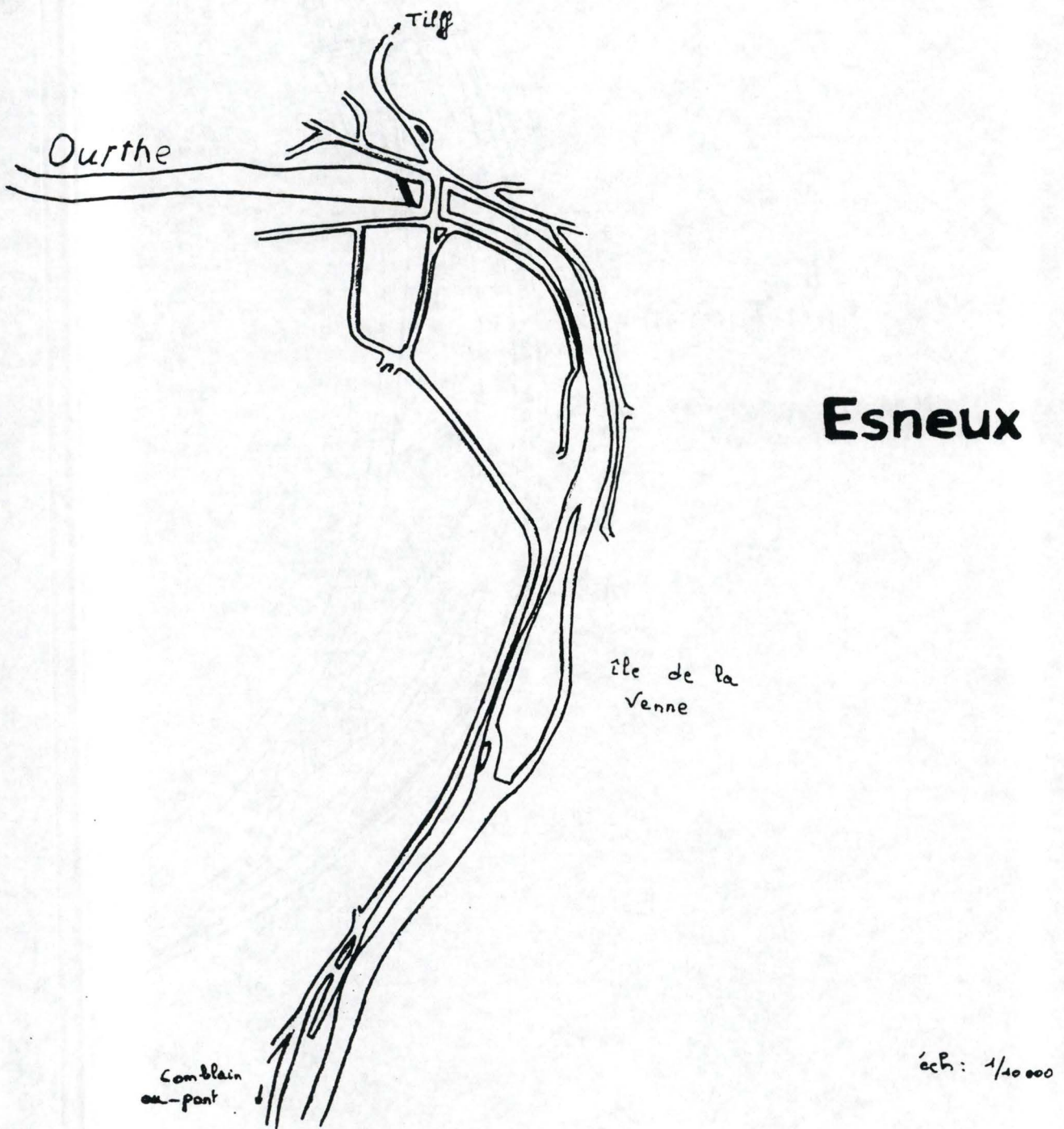
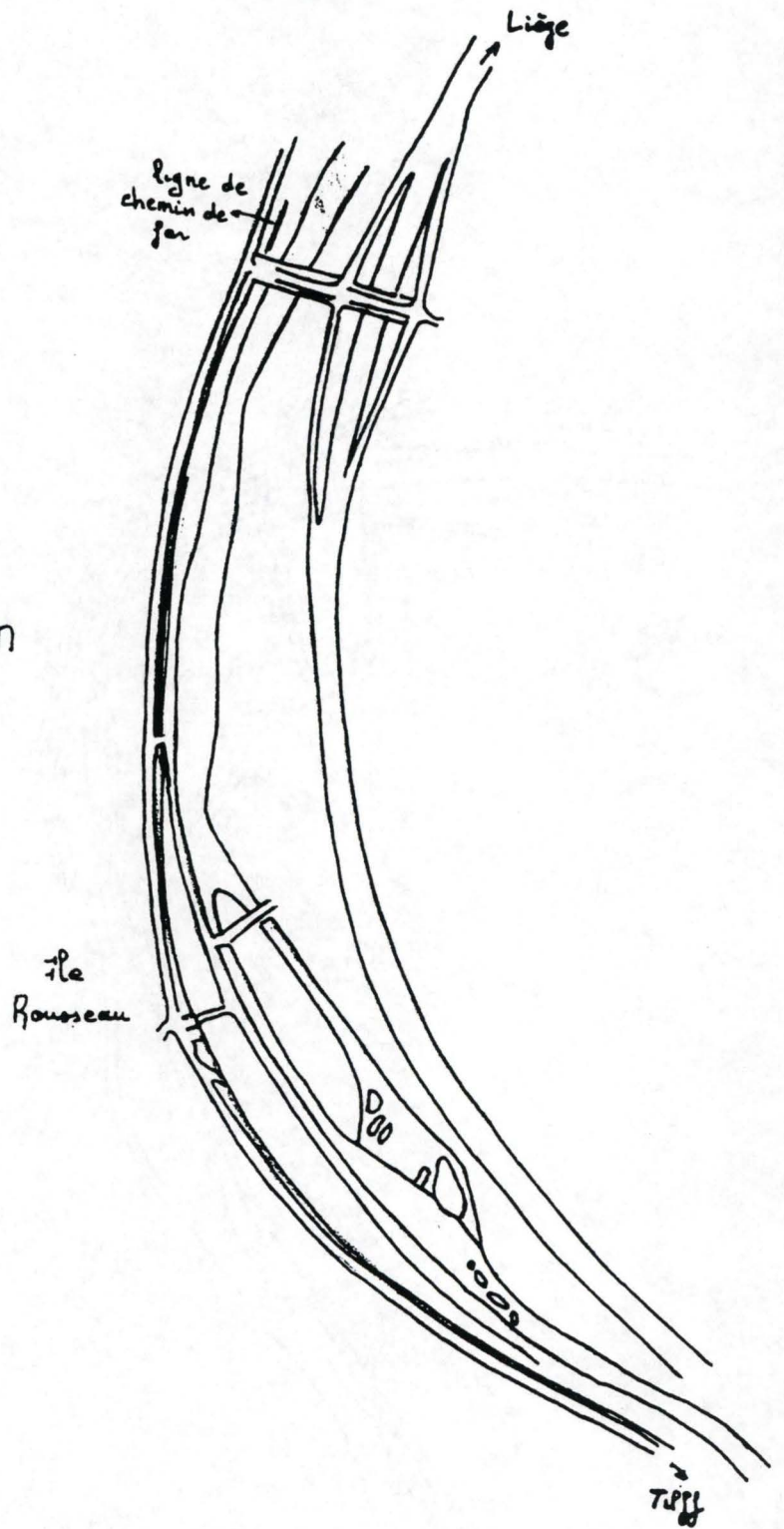


Figure 13 : Localisation des 5 sites étudiés dans la région d'Esneux.

Sart-Tilman



ECH: 1/10.000

Figure 14 : Localisation de la zone à gabions dans les environs de Colonster.

La description du substrat est réalisée grâce à un cylindre en plastique de 30 cm de diamètre muni d'un fond en plexiglass , permettant de voir nettement sous l'eau . Le substrat observé n'est pas attribué à une classe quelconque . Il est décrit sommairement : galets ou cailloux , sédiments ou non , présence d'algues ...

Certains plans nous ont été généreusement fournis par le Service de la Meuse Liégeoise ; c'est le cas pour les deux berges consolidées par des gabions .

Pour les autres sites , les schémas sont la synthèse des mesures effectuées sur le terrain .

L'ensemble des mesures et observations nous permet de décrire de manière la plus précise possible chaque site aménagé .

L'étude comparative des taxa rencontrés aux six stations pourra être nuancée, complétée par ce travail de description des berges .

2.2. ETUDE DE LA FLORE :

La flore étudiée dans ce mémoire est restreinte aux macrophytes , à savoir les plantes vasculaires , les hépatiques et les mousses . Les plantes , récoltées lors de la campagne printanière entre le 16 mai et le 21 juillet 1989 , sont déterminées directement sur le terrain ou ramenées au laboratoire pour identification et vérification . L'ouvrage de détermination de référence est "La nouvelle Flore de la Belgique , du Grand-Duché de Luxembourg , du nord de la France et des régions voisines" (DE LANGHE et al. 1973) . Certaines plantes ont été identifiées avec l'aide de Messieurs DE SLOOVER et MARGOT ainsi que d'autres membres du laboratoire de systématique végétale. L'emplacement de chaque macrophyte sur la berge est noté . Cela permet de compléter le plan de la berge avec la localisation des différents groupes végétaux en fonction du niveau d'eau .

Trois zones ont été définies sur chaque berge :

a. La première est en contact quasi permanent avec le cours d'eau. Il s'agit en fait du pied du talus .

b. La seconde zone est le talus , la zone intermédiaire de la berge . Elle subit les crues ordinaires et présente une végétation supposée hétérogène en raison de l'alternance d'immersion et d'émersion (cas le plus fréquent).

c. La dernière partie est le sommet de la berge , inondée lors des fortes crues .

Cette façon de procéder nous renseigne sur la diversité floristique et autorise l'observation des successions de groupes de végétaux du pied du talus au sommet de la berge .

Cette succession se fait en fonction de la durée d'immersion , du niveau d'humidité du substrat .

2.3. ETUDE DES MACROINVERTEBRES :

Les prélèvements ont été effectués durant deux campagnes , une en automne 1988 et l'autre au printemps 1989 .

Les méthodes employées pour la campagne automnale :

a. Recherche à vue pendant cinq minutes . Cela consiste à récolter activement tous les macroinvertébrés que l'on trouve sur les différents substrats de la berge . Cette méthode permet notamment de prélever des individus en des endroits inaccessibles au filet troubleau, en raison de l'exigüité , de la faible hauteur d'eau du lieu.

b. Le filet troubleau : se compose d'un cadre métallique à base plane d'environ 500 cm² de superficie sur lequel est fixé une poche à maille de 500 m . Ce cadre est relié à un manche .

La récolte est effectuée durant cinq minutes sur la partie immergée de la berge , ou si cela est impossible (cas des gabions), dans la partie du lit de la rivière à proximité de la berge .

Suite aux problèmes rencontrés pour l'échantillonnage représentatif des gabions (le filet Troubleau n'a pas accès à l'intérieur du gabion mais à la portion la plus proche de la berge).

Il a été décidé d'employer des substrats artificiels . Il s'agit de bourriches en treillis de 70 x 35 cm , remplies de galets . Ces galets sont de même taille que ceux remplissant les gabions . Ces bourriches , appelées gabions artificiels , ont été placées aux deux sites à gabions , deux substrats artificiels par berge , au début février 1989 . Ils sont restés immergés pendant deux mois et demi , temps jugé suffisant pour la colonisation par la faune . La durée d'immersion des substrats artificiels a été choisie en fonction des données de KHALAF et TACHET (1980) .

Ils laissent leurs substrats artificiels immergés durant cinq semaines. Après une discussion avec l'ensemble du laboratoire , il a

été décidé de les laisser d'avantage , pour s'assurer de la bonne recolonisation .

La seconde campagne de prélèvement a été réalisée au printemps avec les deux techniques décrites pour la première série de récoltes, et les gabions artificiels .

Cependant , les berges présentent des hétérogénéités quant au substrat , à la hauteur d'eau , à la vitesse du courant et à la colonisation végétale .

Chaque site a été divisé en zones selon les hétérogénéités décelées et mises en évidence . Les prélèvements de la seconde campagne sont donc reliés à un microhabitat rencontré sur la berge .

Il a été décidé d'employer un grattoir pour prélever les macroinvertébrés directement au niveau du mur . La récolte par filet troubleau nous renseignait sur la faune au pied de la berge .

Cette évolution dans la façon de procéder est une conséquence des problèmes rencontrés durant l'année , des solutions trouvées pour y remédier , et de la volonté d'obtenir d'avantage de renseignements sur la faune et de préciser les raisons pour lesquelles tel ou tel taxon est absent d'un site .

Les individus récoltés sont identifiés au laboratoire à l'aide principalement de la clé d'identification mise au point par STROOT et d'un livre de systématique élémentaire de TACHET , BOURNAUD et RICHOUX (1984).

Les identifications sont réalisées jusqu'à la famille pour certains ordres , ou jusqu'à l' espèce pour d'autres . Cette variation dans le niveau d'identification est une conséquence des difficultés systématiques et surtout du temps imparti pour ce travail .

Les données sont interprétées de façon à nous renseigner sur le nombre d'individus , de taxa récoltés aux différents sites . Aucune évaluation de la biomasse n'est effectuée . Il s'agit principalement d'un inventaire qualitatif des macroinvertébrés .

Un traitement en analyse multivariée n'a pas été jugé nécessaire en raison du faible nombre de stations (six) .

RESULTATS

ET

DISCUSSIONS

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS .

3.1. DESCRIPTION DES SITES ETUDIES .

L'ensemble des observations et mesures effectuées sur le terrain sont regroupées sur des schémas .

Pour chaque berge , un plan reprend les longueurs des différentes portions , le niveau de l'eau , les lieux de mesure de la vitesse du courant , les zones de récolte des végétaux et des macroinvertébrés , la localisation des éventuels substrats artificiels , ainsi que diverses caractéristiques .

Voici la synthèse de ces observations :

3.1.1. le gabion 1 (figures 15 et 16) :

la longueur de la portion de berge étudiée est de 45 mètres ;

la vitesse du courant varie entre 6,9 cm/sec et 17 cm/sec au point 1 et entre 25,6 cm/sec et 35,6 cm/sec au point 2 . Les substrats artificiels ont été placés au niveau des deux lieux de mesures de la vitesse du courant ;

substrat constitué de galets dans les gabions , et au pied de ceux-ci . présence d'algues microscopiques . faible colmatage au niveau du point 1 ;

aucune couverture végétale à la base de la berge ;

angle au pied de la berge de 61° ;

3.1.2. le gabion 2 (figures 17 et 18) :

la longueur de la station est de deux fois 50 mètres ;

la vitesse du courant est nulle ;

le substrat est vaseux , très sédimentaire . substrat colmaté .

couverture végétale assez importante au pied de la berge .

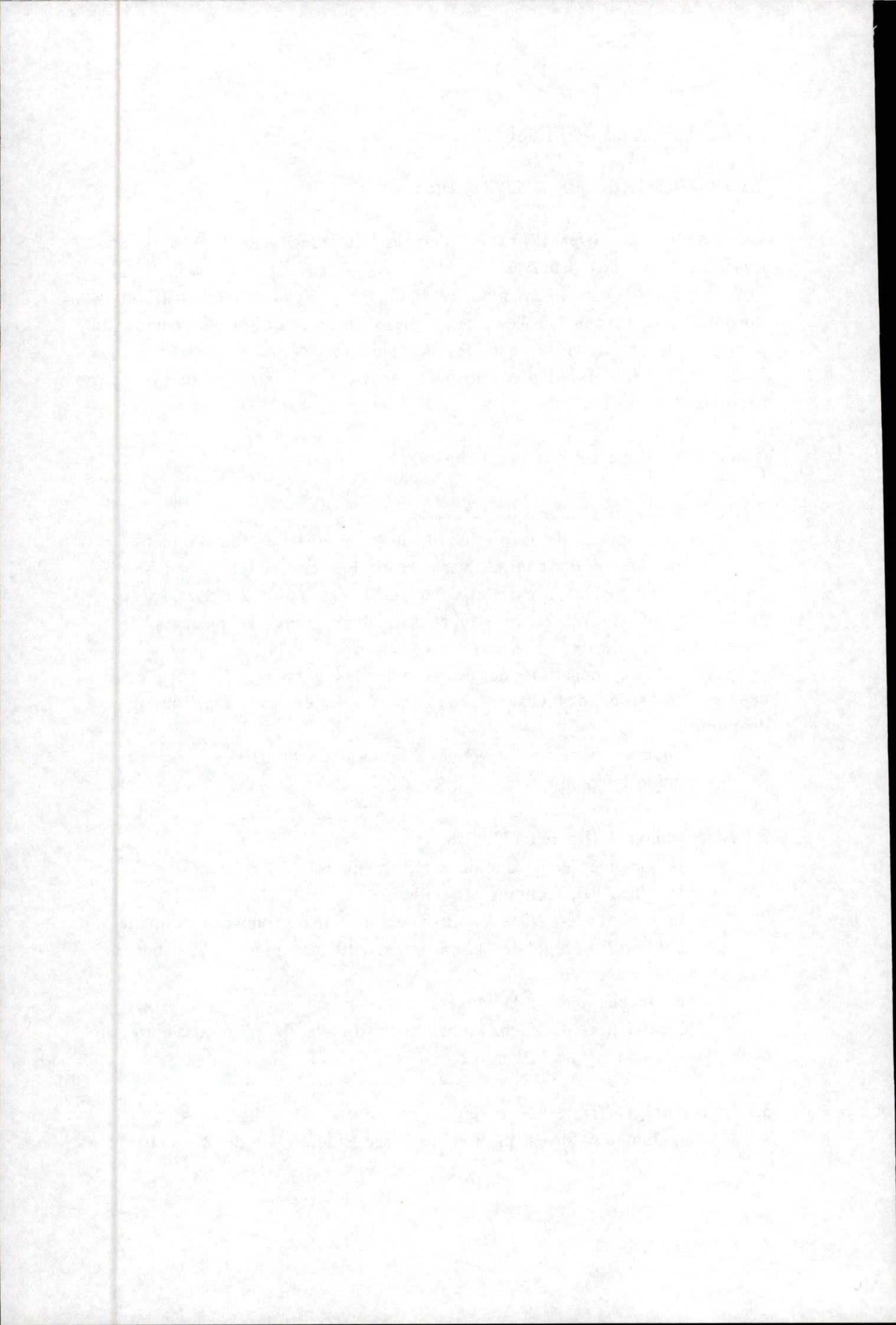
aucune algue observée ;

angle au pied de la berge non mesuré ;

localisation des deux substrats artificiels de part et d'autre du cours d'eau , le long de la berge ;

3.1.3. le perré 1 (figures 19 et 20) :

la longueur de la portion de berge étudiée est de 27 mètres ;



la vitesse du courant est de 36,8 cm/sec à la pointe du cône d'enrochement et de 4 cm/sec à un demi-mètre de la berge ;

le substrat est constitué de galets et blocs . colmatage par divers sédiments . présence de limons et d'algues microscopiques ;

la couverture végétale est nulle sur perré 1 arbre et un peu meilleur au niveau de la souche de perré 1 souche ;

angle au pied de la berge de 80° ;

3.1.4. le perré 2 (figures 21 et 22) :

la longueur de la partie étudiée est de 25 mètres ;

la vitesse du courant augmente d'une extrémité à l'autre , passant de 11 cm/sec au point 2 à 24,5 cm/sec au point 4 . la vitesse du courant n'a pas été mesurée plus en aval . estimation d'une valeur d'une cinquantaine de cm/sec plus loin dans le perré 2 rapide ;

le substrat est un peu colmaté au niveau de perré 2 calme et ouvert au niveau de la seconde zone avec un grand nombre d'algues macroscopiques et de Bryophytes ;

la couverture végétale est bonne dans la portion lotique (colonisation par des *Phalaris arundinacea*) et très faible dans la portion lentique ;

l'angle au pied de la berge est de 43,5° ;

3.1.5. l'enrochement (figures 23 et 24) :

la longueur du site étudié est de 43 mètres ;

la vitesse du courant varie entre 4 cm/sec au niveau du cône d'enrochement et 69,6 cm/sec dans les enrochements de moindre calibre ;

le substrat est constitué de galets , blocs de taille diverse et de cailloux pour l'enrochement loin et l'enrochement creux . le substrat est constitué d'une bande de terre , de sol mouilleux avec quelques galets au niveau de l'enrochement arbres ;

la couverture végétale est bonne pour l'enrochement arbres (bryophytes divers) et l'enrochement loin (plantes hygrophiles variées) . l'enrochement de gros calibre est très peu végétalisé ;

l'angle au pied de la berge varie globalement entre 35 et 45° ;

3.1.6. le mur : aucun plan n'a été réalisé pour cette station .

la longueur de la zone étudiée est de 10 mètres en automne et 5 mètres au printemps . La récolte automnale a été effectuée au pied de la berge alors que les prélèvements printaniers ont été réalisés sur toute la hauteur de la berge ;

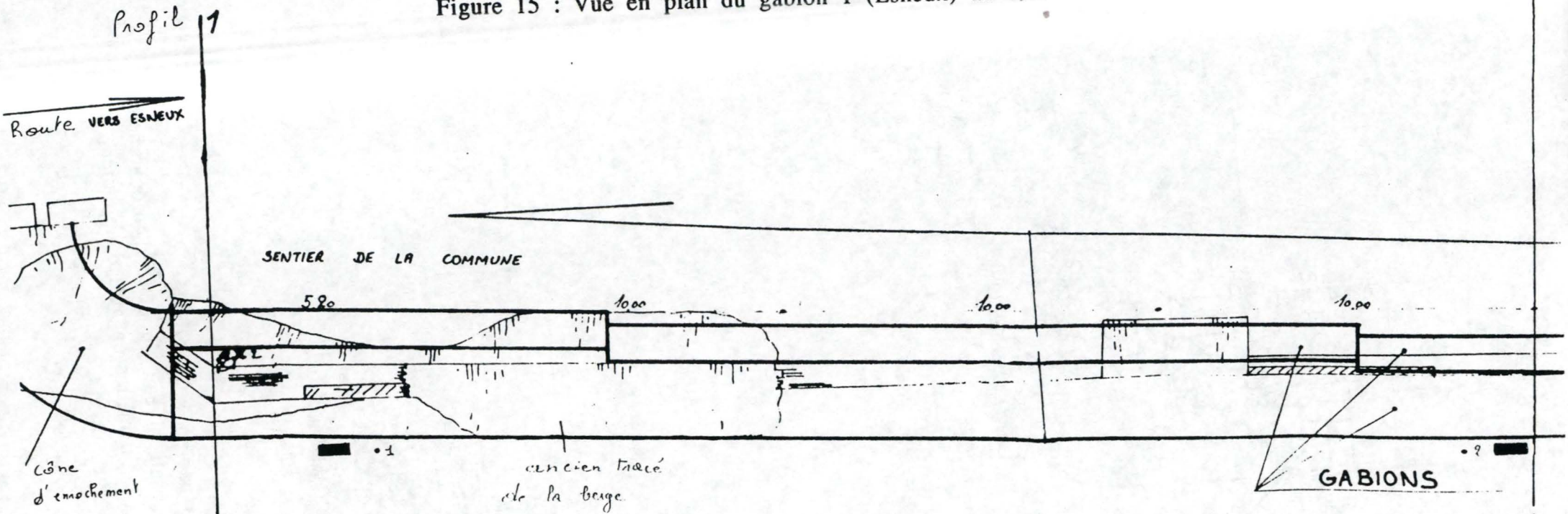
la vitesse du courant est de 8 cm/sec ;

le substrat est constitué de moëllons cimentés ;

la couverture végétale est nulle ;

l'angle au pied de la berge est de 90° ;

Figure 15 : Vue en plan du gabion 1 (Esneux) au 1/139.



Ouvrthe

Mesure de la vitesse du courant

points	vitesse
1	6.9 cm/sec 17 cm/sec
2	25.6 cm/sec 35.6 cm/sec

légende: ■ substrat artificiel
 éch: 1/139

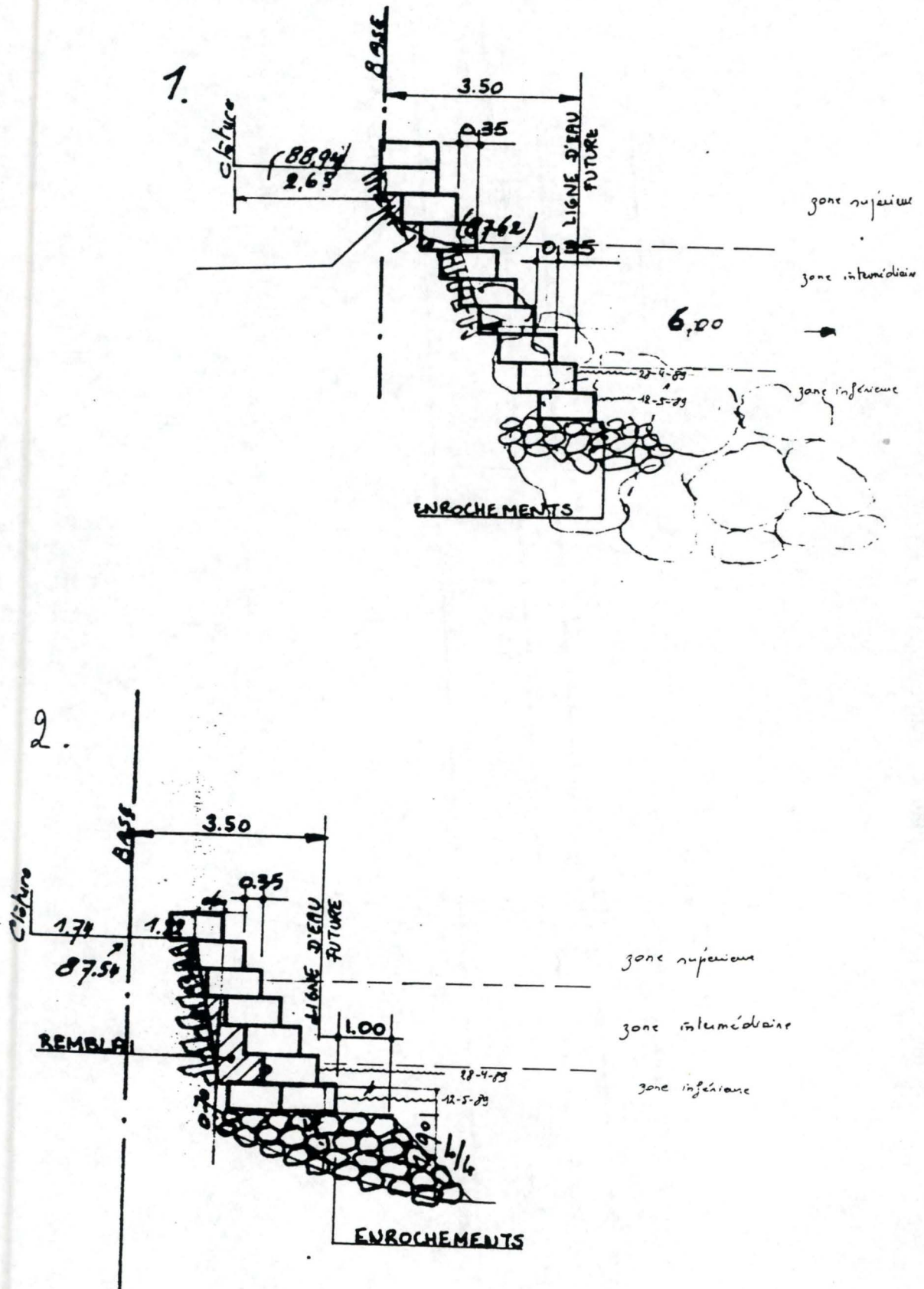
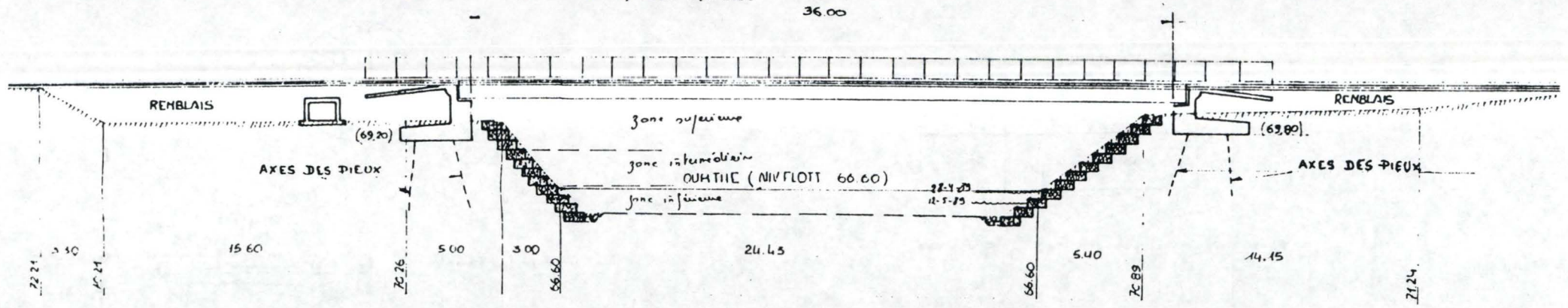


Figure 16 : Vue de profil du gabion 1 au 1/100.
deux transects différents : 1. au niveau du cône d'enrochement
2. 30 mètres en aval du premier

Figure 17 : Vue en plan du gabion 2 (Colonster) au 1/500.



légende:
 pour 27-1-89 : niveau de l'eau à la date indiquée
 ■ substrat artificiel

en plan :

L'OURTHE

échelle:
 vue en plan : 1/500
 vue de profil : 1/280

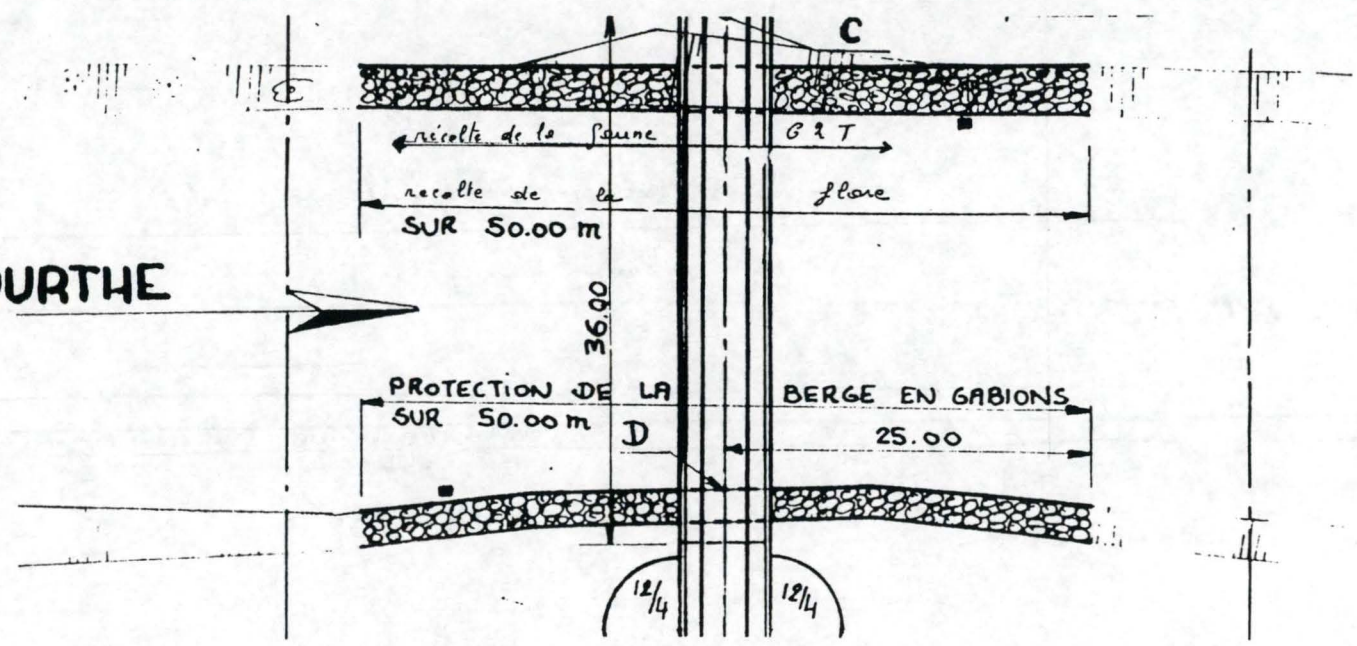


Figure 18 : Vue de profil du gabion 2 au 1/280.

Figure 19 : Vue en plan du perré 1 au 1/122.

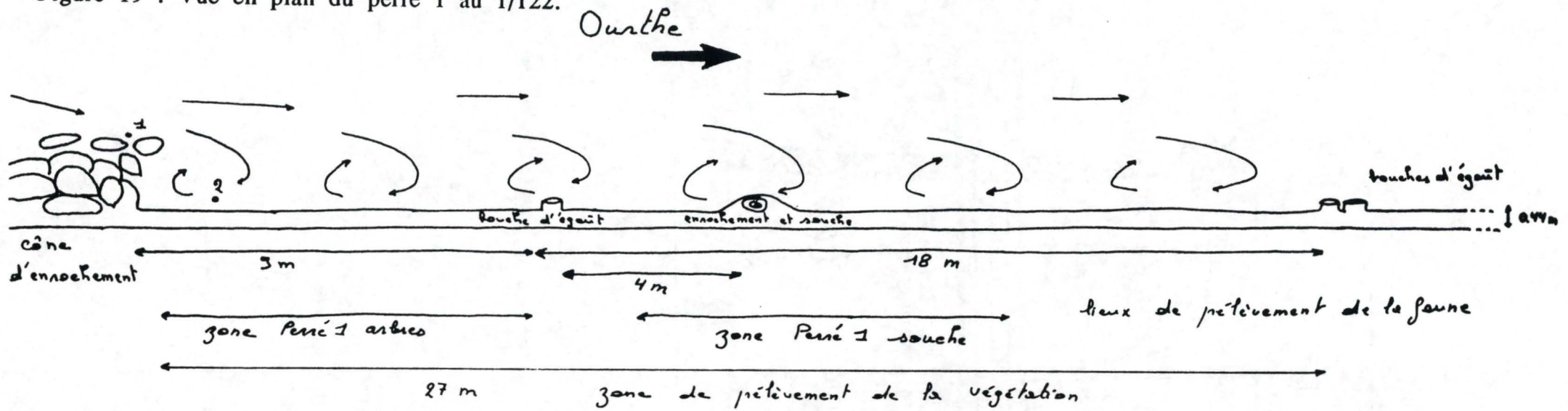
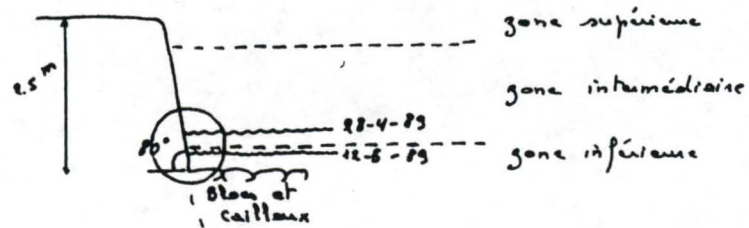


Figure 20 : Vue de profil du perré 1 au 122

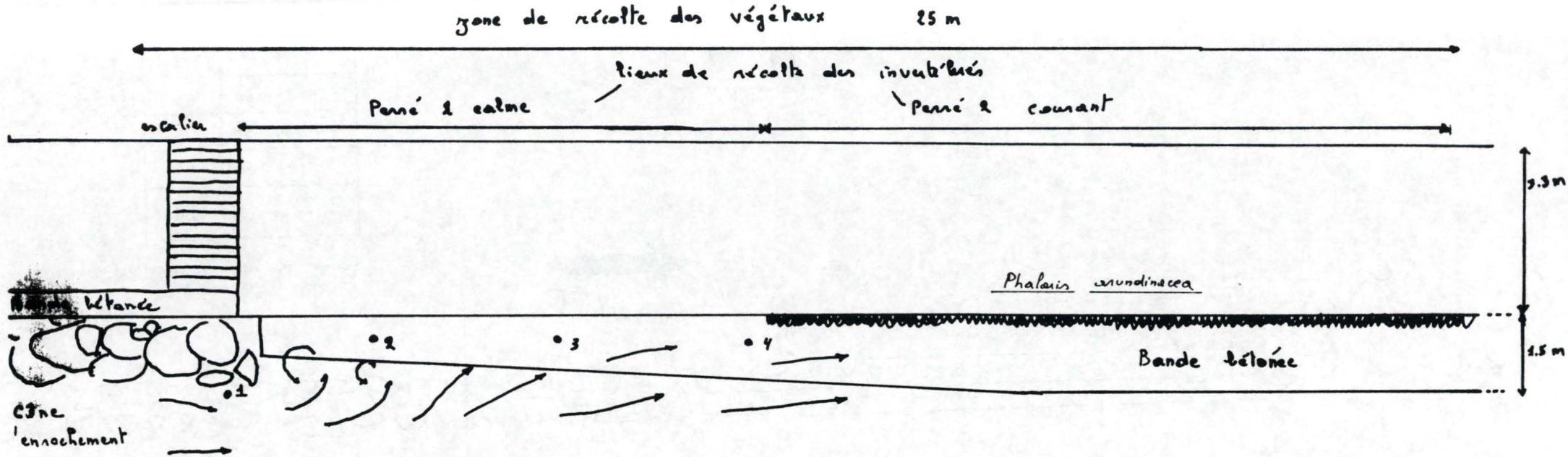


Mesures de la vitesse du courant

points	vitesse du courant
1	36.8 cm/sec
2	4 cm/sec

légende : $\text{niveau } 2.5 \text{ m} = \text{niveau de l'eau}$

Figure 21 : Vue en plan du perré 2 au 1/100.



Orientation

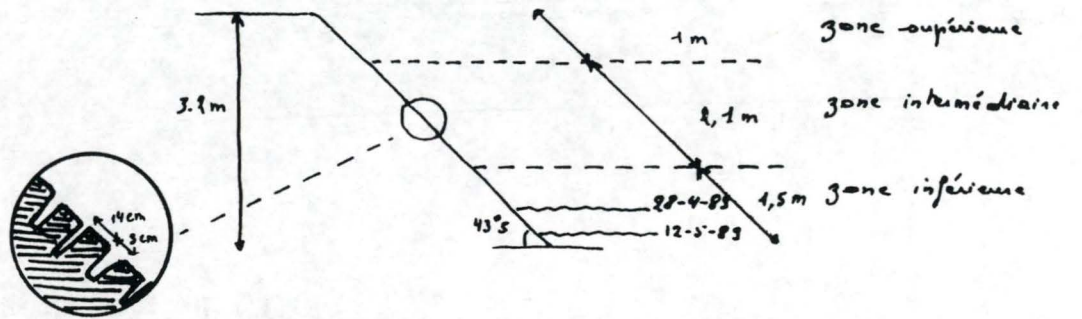
Figure 22 : Vue de profil du perré 2 au 1/100.

Mesures de la vitesse du courant

points	vitesse du courant
1	22.5 cm/sec
2	11 cm/sec
3	16 cm/sec
4	17.5 cm/sec
	24.5 cm/sec

Régende :

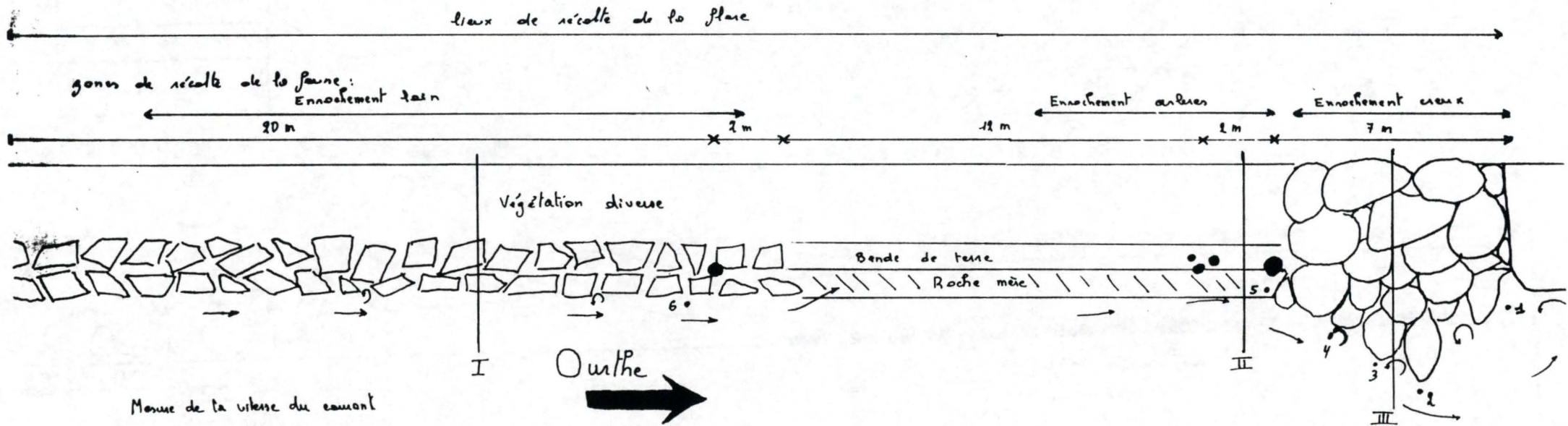
pour 28-4-83
niveau de l'eau
à la date indiquée



échelle : 1/100

Figure 23 : Vue en plan de l'enrochement au 1/150.

Vue en plan de l'enrochement



Mesure de la vitesse du courant

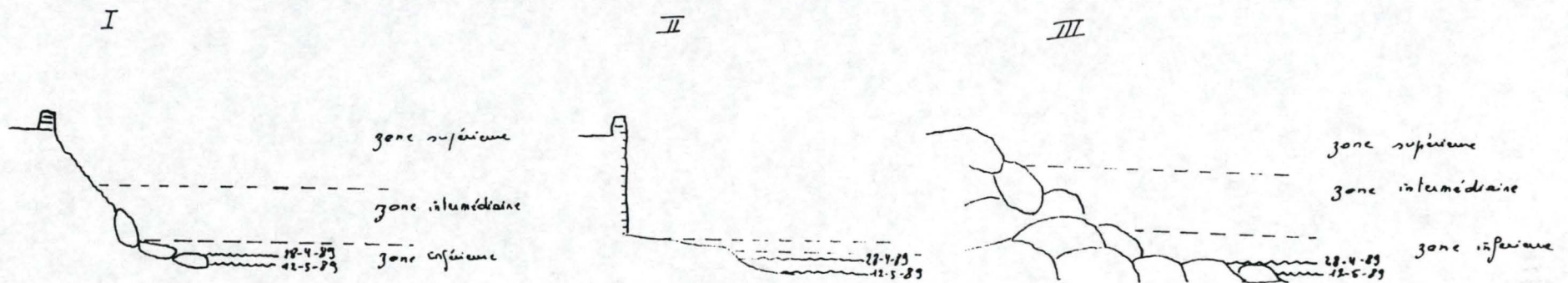
points	vitesse du courant
1	3.5 cm/sec
2	39.4 - 98 cm/sec
3	4 cm/sec
4	6.2 - 28 cm/sec
5	12.5 - 63.6 cm/sec
6	10.4 - 63.9 cm/sec

Légende :


- végétation ligneuse
- I... localisation des vues de profil
- enrochement de petite taille
- enrochement volumineux


echelle : 1/150

Figure 24 : Vues de profil de l'enrochement au 1/150.



Légende :

 18-4-89 niveau de l'eau
à la date indiquée

 ancien percé

échelle : 1/150

3.2. RESULTATS ET DISCUSSIONS SUR LA FLORE

Les tableaux VII à XI donnent l'inventaire des taxa rencontrés aux niveaux des différents sites. L'ensemble des discussions sur la flore fait intervenir ces tableaux et les schémas de berges (figures 15 à 24).

La flore du mur n'est pas placée dans les tableaux d'inventaire des résultats. En effet, deux taxa seulement ont été rencontrés : *Polypodium vulgare* et quelques graminées non déterminées. Le fait de ne rencontrer que quelques spécimens est assez éloquent. Les taxa récoltés ne seront donc pas discutés dans ce paragraphe.

3.2.1. Espèces rencontrées au niveau de la zone inférieure

Les espèces rencontrées au bord de la rivière devraient être hygrophiles, adaptées à ce milieu.

L'enrochement n'est colonisé que par des espèces hygrophiles, à l'exception de *Potentilla anserina*, habituellement rencontrée au niveau des haies, bois et prairies. La majorité des plantes observées était localisée au niveau des enrochements moins grossiers, c'est-à-dire la zone appelée "enrochement loin" (figure 23).

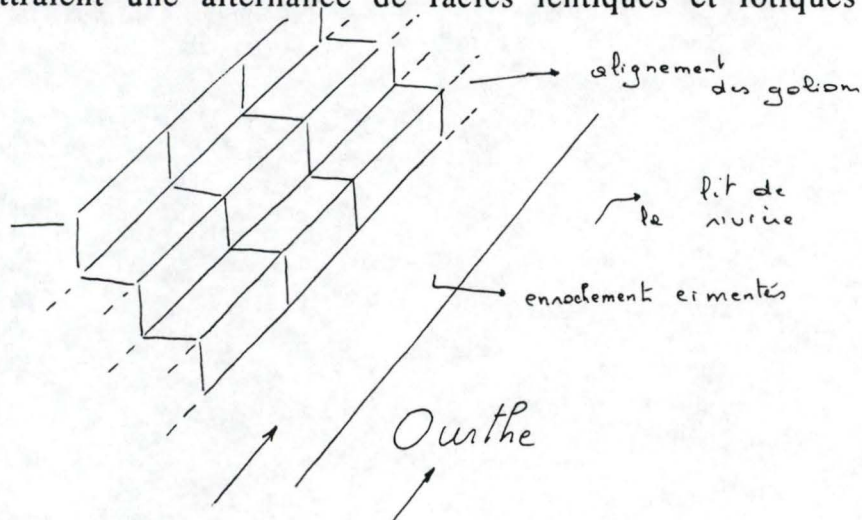
Au niveau du perré 2, le pied de la berge est colonisé par un grand nombre de *Phalaris arundinacea* (La baldingère domine la flore de la zone inférieure sur une moitié du site étudié), ainsi que par des *Epilobium roseum*, *Filipendula ulmaria* et *Lysimachia vulgaris*. A côté des végétaux hygrophiles se trouvent, en nombre moins important, d'autres plantes comme *Artemisia vulgaris*, *Rumex obtusifolius*, *Clematis vitalba*, *Ranunculus reptans* et *Urtica dioïca*. Ces espèces évitent les sols gorgés d'eau (c'est le cas de *Rumex obtusifolius* et *Urtica dioïca*), fuient les terrains humides en général (comme *Artemisia vulgaris*) ou vivent à la lisière des bois (cas de *Clematis vitalba*). *Ranunculus reptans* est souvent rencontré sur toute la hauteur de la berge (DETHIOUX 1989). On peut mettre ce phénomène en relation avec le type de substrat rencontré sur ce site : moëllons à sec. Ce genre de substrat s'apparente aux murs, rocailles et explique la présence des espèces citées au niveau de la partie haute de la zone inférieure.

Le perré 1 est peu recolonisé à la base. Il y a une zone de 30 cm pratiquement sans végétation macrophytique, seules sont observées les racines des plantes de la zone intermédiaire. *Salix fragilis* se

trouve au niveau de la souche et du petit enrochement . Les autres plantes rencontrées dans la zone inférieure (tout en étant pas en contact avec l'eau) sont *Artemisia vulgaris* , *Rumex obtusifolius* (espèce évitant les sols trop humides) et *Glechoma hederacea* , qui vit notamment dans les terrains vagues ...

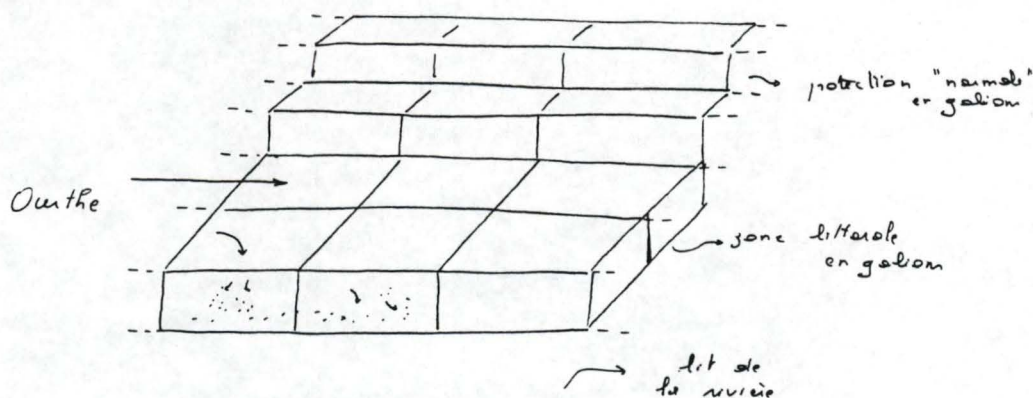
Ce site semble être défavorable aux végétaux hygrophiles , sensés coloniser cette partie de berge . Le fait que la pente soit importante et que la zone de contact avec la rivière soit de petite taille et présente un affouillement peut expliquer l'absence d'une flore caractéristique . En effet , au niveau du petit enrochement , on rencontre une végétation plus importante et *Salix fragilis* . La plante dominante serait *Artemisia vulgaris* , surtout présente au niveau de la souche (figure 19) .

Le gabion 1 n'est pas recolonisé à la base . Il n'y a que quelques *Phragmites communis* . Cette absence de végétation peut s'expliquer par l'âge (deux ans) de l'aménagement ou le faciès lotique du site . Les galets constitutifs des gabions sont "lessivés" par la rivière . Il y a peu de sédiments et peu de substrat permettant à des plantes de se développer. D'un autre côté , les gabions de même niveau sont placés dans un même alignement , parallèlement au courant . Cette disposition des gabions implique l'absence de fortes irrégularités qui permettraient une alternance de faciès lentiques et lotiques .



Le substrat à la base de la berge consiste en une bande de galets cimentés . Il n'y a aucune zone littorale en pente douce . Les possibilités de sédimentation sont faibles . On peut se demander si une série de gabions placés au pied de la berge ne permettrait pas une

sédimentation (le courant à l'intérieur de ces gabions serait plus faible) et par après une recolonisation facilitée, le substrat étant présent.



Cependant les quelques gabions juste en aval du cône d'enrochement, se situent en faciès lentique. Cette zone pourrait permettre la sédimentation en raison du faible courant. Une explication serait la bande bétonnée peu accueillante pour la flore. La sédimentation n'est pas assez importante dans cette zone pour recouvrir la risberme de substrat recolonisable.

Le gabion 2 est recolonisé par une majorité de plantes hygrophiles dans la zone inférieure. En effet, on a observé *Phalaris arundinacea*, *Juncus effusus*. Quelques graminées (*Poa annua* entre autres) et des Crucifères indéterminées complètent la flore. Cela confirme la réflexion faite au sujet du gabion 1. Cette station est plus ancienne (quatre ans) et lentique (l'ancrage de la plante est plus facile). Le substrat est constitué de vase, de sédiments divers. La zone littorale est ici constituée d'une série de gabions. Le niveau de l'eau sur la berge est toujours supérieur, un plus grand nombre de gabions sont en contact avec la rivière.

On observe que la flore colonise la zone inférieure de la berge si un substrat est présent (sédiments par exemple). Peu de plantes sont observées dans le cas du gabion 1 (aucun substrat au niveau du gabion en contact avec le cours d'eau) alors que la même technique employée dans un milieu à faciès d'écoulement lentique avec présence de sédiments favorise la recolonisation par la flore. La différence d'âge des deux stations intervient certainement et nous oblige à nuancer ces conclusions.

Des moëllons non cimentés ou un enrochement à la base semblent permettre également à la flore de s'installer . Le perré 2 répond aux deux conditions et présente une flore assez dense (sur une moitié de la longueur de la berge) . Par contre , le perré 1 est en forte pente , avec des zones cimentées ; il laisse peu d'interstices disponibles à la végétation .

Les enrochements de gros calibre ne semblent pas permettre une recolonisation floristique . Ces milieux laissent peu de place aux plantes pour atteindre le sol . De plus , le volume occupé par ces blocs empêche beaucoup d'espèces héliophiles de s'installer (important pour les jeunes plantes) . A l'inverse , les enrochements moins grossiers , tels que ceux de la zone "enrochement loin" , constitués de "dalles" laissent assez d'espaces entre eux pour la végétation .

3.2.2. Comparaison des trois zones de la berge

Sur l'ensemble des sites , à l'exception du perré 1 , la végétation de la zone inférieure est dominée par des plantes hygrophiles . En remontant le long de la berge , la flore rencontrée comprend d'avantage d'espèces des sites rudéralisés , des lisières de bois , des haies et des bords de chemin . Il est difficile de caractériser les deux zones, intermédiaire et supérieure, par un type de flore . Il semble y avoir un gradient négatif du nombre de plantes hygrophiles du pied de la berge vers le sommet de celle-ci . Ce gradient est évident au niveau de l'enrochement : 5 espèces dans la zone inférieure , 2 dans la zone intermédiaire et 0 dans la zone supérieure . Cette dernière zone est colonisée par des *Mycelis muralis* (vieux murs et chemins) , *Geranium robertianum* (rocailles et bois) ou autres plantes des terrains vagues . On remarque également un gradient au niveau du gabion1 . Cependant des spécimens de *Filipendula ulmaria* , espèce hygrophile , sont observés au niveau de la zone supérieure de la station alors que le substrat semble être très sec !

L'absence de recolonisation de la zone inférieure fausse ce gradient . Toutefois , les spécimens de *Solanum dulcamara* , *Epilobium hirsutum* et *Angelica sylvestris* ont été récoltés dans la partie inférieure de la zone médiane . Il y aurait donc également un gradient , débutant à partir de la zone intermédiaire .

On remarque un plus grand nombre d'individus dans les zones supérieures ou intermédiaires . L'explication vient du contraste entre le pied de la berge (milieu particulier exigeant des adaptations bien spécifiques) et le sommet de la berge (milieu rudéralisé , s'apparentant parfois d'avantage à un vieux mur qu'à une berge) . La zone intermédiaire du perré 2 est la plus riche avec 32 espèces récoltées . Au niveau du gabion 1 , le milieu est également le plus diversifié avec 16 taxa . La zone supérieure est peu recolonisée et présente un aspect rocailleux avec des *Saxifraga rotundifolia* et *Chelidonium majus* .

Pour les trois autres sites , la zone supérieure est celle qui présente la flore la plus diversifiée : 20 espèces au perré 1 , 13 espèces au gabion 2 et 10 espèces à l'enrochement . Les plantes de la zone supérieure de l'enrochement sont influencées par l'ancien perré (figure 23) et le couvert des arbres . Cela donne une flore d'espèces de muraille et lieux frais : *Mycelis muralis* et *Geranium robertianum* .

Il semble que *Artemisia vulgaris* soit dominant dans beaucoup de zones supérieures de berges . C'est le cas plus particulièrement pour le perré 1 (sur presque l'ensemble de la berge) , gabion 1 (zone intermédiaire) et perré 2 (zones intermédiaire et supérieure) . D'autres plantes semblent dominer la moitié supérieure des berges : *Tanacetum vulgare* (zones intermédiaires du gabion 1 et du perré 1 et zone supérieure du perré 2) et *Heracleum sphondylium* (zones supérieures de l'enrochement , du perré 2 , du gabion 1 et du perré 1 ainsi que la zone intermédiaire du perré 1).

Il est intéressant de comparer la flore observée au niveau du gabion 1, gabion ayant été semé expérimentalement (DETHIOUX communication personnelle) . A l'exception de *Plantago lanceolata* , présent sur ce seul site , on ne remarque pas la présence de ces taxa semés . Cela peut s'expliquer par l'indétermination des graminées . Or beaucoup des espèces semées sont des graminées . Il semblerait que la flore dans le cas de cette station peu recolonisée , ne soit pas trop influencée par les semis .

3.2.3. Discussion à propos de la végétation ligneuse

La végétation ligneuse est principalement représentée par *Alnus glutinosa* , *Salix fragilis* , *Salix caprea* , *Salix triandra* , *Fraxinus excelsior* , *Acer sp.* , *Picea sp.* , *Betula pendula* et *Tilia sp.* .

Le niveau de la berge où l'on rencontre une végétation ligneuse varie d'un site à l'autre :

- * au niveau du gabion 1 , quelques pousses de *Alnus glutinosa* et d'*Acer sp.* sont présentes dans la zone intermédiaire .

- * pour l'enrochement , la végétation ligneuse est localisée au bord de la rivière , en zone lotique , ou dans la zone supérieure . Il s'agit de jeunes arbres au niveau de l'"enrochement loin" (les arbrisseaux sont situés entre les blocs) et d'arbres plus vieux pour l'"enrochement arbres" (ils sont implantés dans une bande de terre en faible pente avec peu de blocs) .

- * la végétation ligneuse du perré 2 est localisée dans la moitié supérieure de la berge . Le faciès d'écoulement au niveau de cette station est lotique . On peut supposer qu'il est difficile pour la végétation ligneuse de s'installer dans de faibles interstices en zone de fort courant. La moitié supérieure du perré est rarement soumise au pouvoir érosif de la rivière . Il permettrait dès lors une recolonisation plus aisée . Les espèces observées sont *Salix sp.* , *Picea sp.* (dans la zone intermédiaire seulement) , *Acer sp.* , *Betula pendula* et *Tilia sp.*

- * au niveau du gabion 2 , la végétation ligneuse est présente à tous les niveaux . L'aménagement est âgé de quatre ans . La présence de vase et le faciès lentique , expliquent la facilité avec laquelle les arbrisseaux , tout comme la végétation en général , colonisent le pied de la berge . On y rencontre *Salix triandra* , *Alnus glutinosa* . Une caractéristique particulière à cette station pourrait intervenir dans la recolonisation du site : le milieu environnant . En effet , le gabion 2 est situé à Colonster , en milieu non urbain . Les possibilités de recolonisation par la flore environnante plus abondante et variée sont importantes .

- * le perré 1 est colonisé par *Salix fragilis* au niveau de la souche et du petit enrochement (figure 19) . Il ne s'agit pas en fait du perré en tant que tel ! La végétation ligneuse est présente aux deux autres niveaux de la berge , avec *Salix triandra* , *Alnus glutinosa* .

La végétation ligneuse a besoin de place et de substrat pour s'installer. L'implantation est plus aisée en milieu lentique en raison de la présence de sédiments et de la faible action déstabilisante du courant. En milieu lotique, à l'exception de l'enrochement, les arbrisseaux sont localisés sur la moitié supérieure de la berge. Le cas de l'enrochement a été abordé plus en détails précédemment.

3.2.4. Comparaison avec d'autres relevés de l'inventaire des espèces récoltées.

Voici un tableau donnant pour chaque berge le nombre d'espèces en commun avec les listes de référence. Ces listes de références sont les inventaires de la flore observée au niveau du secteur Hony-Tilff (VERNIERS 1988) et de la boucle d'Esneux (ANCION et LEMAIRE 1980). Il est possible de les consulter au 1.4.3.

gabion 1	3
gabion 2	6
perré 1	12
perré 2	19
enrochement	8

Il ressort de cette comparaison que le perré 2 semble être un milieu assez accueillant pour la flore riveraine. Parmi les espèces rencontrées sur les berges de l'Ourthe liégeoise lors des études du GIREA (1988) et du GEA (1980), 19 ont été observées au niveau du perré 2. A l'inverse, le gabion 1 paraît être très défavorable. Seulement 3 espèces récoltées sur cette station sont présentes dans l'inventaire effectué par le GIREA. Cependant, selon cette comparaison, le perré 1 présenterait une flore plus caractéristique des berges que l'enrochement ! Cela s'explique par le faible nombre d'espèce observée sur cette station comparé au perré 1. Ce type de comparaison confirme ce qui a été évoqué précédemment : le perré 2 présente une recolonisation non négligeable par flore alors que le gabion 1 est faiblement recolonisé. Des comparaisons plus précises sont impossibles à ce niveau.

3.2.5. Conclusions

Il ressort de cette étude, sommaire, de la flore que différents facteurs jouent un rôle dans la recolonisation des sites.

La vitesse du courant peut empêcher l'implantation de végétaux de plusieurs façons : * le courant de la rivière est tel qu'il "lessive" la berge et enlève tout substrat . La plante ne peut survivre sans substrat , sans apports de matière nutritive par ses racines . (cas du gabion 1)

* le végétal ne sait s'installer en raison de la force du courant . Ce dernier empêche l'ancrage de la plante . Les végétaux sont emportés par le cours d'eau . (cas des petits arbrisseaux du perré 2 absents du pied de la berge)

Le substrat d'accueil de la plante est vital . Une berge ne donnant aucune possibilité d'ancrage aux végétaux est faiblement recolonisée . Cela est dû à l'absence d'interstices (exemple : le mur vertical) ou au petit nombre de ceux-ci (cas de l'enrochement de gros volume) , à l'absence de sédiments (cas du gabion 1) . Ce dernier point est relié à la vitesse du courant . Un courant important implique une faible sédimentation . Une même technique de consolidation dans des conditions de faciès d'écoulement différentes , peut présenter une colonisation par la flore différente (comparer gabion 1 et gabion 2)

L'âge de l'aménagement intervient . L'aménagement de la berge est détérioré avec le temps . Les sources de détérioration sont entre autres les facteurs climatiques et la rivière elle-même . Ce phénomène est visible au niveau du perré 2 où les moëllons laissent des interstices entre eux (perte des joints en ciment) . Cette détérioration implique une complexification du milieu (d'avantage de microhabitats) et par conséquent une recolonisation plus importante . Le temps , en lui-même, est évidemment un facteur clé pour expliquer la recolonisation par la flore .

L'exposition de la station explique la présence ou l'absence de certains taxa héliophiles . Les différentes stations ne sont pas éclairées de la même façon . Ce facteur explique les différences de composition floristique entre certains sites . Une portion du perré 1 (perré 1 arbre) ainsi qu'une partie de l'enrochement (enrochement arbres) sont moins exposés que les autres . La recolonisation du perré 1 y est plus faible alors que la composition de la flore de cette partie d'enrochement comprend des espèces tolérant l'ombrage ou préférant les lieux frais .

La végétation environnante intervient dans la recolonisation du site. Un milieu environnant pauvre diminue les possibilités de recolonisation d'une berge qu'elle soit accueillante ou non .

Un seul site n'est pas en milieu urbain : le gabion 2 . Il présente une recolonisation assez importante qui pourrait être expliquée en partie par ce facteur .

Il ressort de ce travail qu'aucune technique , à priori , ne permet une recolonisation valable par la flore . Les végétaux sont quasi absent des enrochements volumineux , le gabion 1 est peu recolonisé et le perré 1 présente une flore (lorsqu'elle est présente) de milieu rudéralisé . Alors que les enrochements de taille plus faible , le gabion 2 et le perré 2 (pour une moitié de sa longueur) présentent une flore contenant des espèces hygrophiles , de cours d'eau .

Il semble certain que la flore a besoin d'une zone littorale , région en faible pente au pied de la berge , pour recoloniser la zone inférieure . Cette partie en faible pente ou cette risberme doivent permettre à la végétation de trouver un substrat accueillant (il ne doit pas s'agir uniquement de béton) .

Les sites présentant une recolonisation , dans la zone inférieure , sont les enrochement de faible volume , le perré 2 dans la portion à courant important et le gabion 2 . Un point commun entre eux est l'accessibilité à un substrat accueillant : la vase pour le gabion 2 , les interstices entre les moëllons et la risberme pour le perré 2 et le sol mouilleux entre les "dalles" pour l'enrochement .

Il semble (en fonction du peu de données en possession) que les gabions en milieux lotiques tels qu'ils sont installés , ne permettent qu'une mauvaise recolonisation à la base par la flore . La solution pourrait être de créer une zone littorale soit en petits enrochements non cimentés , soit en gabions ou de créer des irrégularités au niveau de la berge autorisant la sédimentation dans les zones lenticques . Une technique comme le perré , lorsque la pente n'est pas trop importante (45° maximum) , les moëllons sont à sec , permet une bonne recolonisation . La présence d'une zone de faible pente et profondeur au pied de la berge est favorable . Les enrochement lorsqu'ils sont volumineux sont très peu végétalisés . Cette technique , appliquée de la sorte , n'est pas favorable à la flore , au contraire des petits enrochements .

La technique la plus appropriée de ce point de vue sont les petits enrochements . Une technique comme les gabions ne semble pas être très intéressante de la manière dont elle est employée .

Tableau VII : Inventaire floristique du gabion 1 (Esneux).

Zone supérieure	Zone intermédiaire	Zone inférieure
<i>Barbarea vulgaris</i> <i>Filipendula ulmaria</i> <i>Saxifraga rotundifolia</i> <i>Chelidonium majus</i> <i>Geranium robertianum</i> Graminées diverses	<i>Alliaria petiolata</i> <i>Urtica dioïca</i> <i>Barbarea vulgaris</i> <i>Artemisia vulgaris</i> <i>Plantago lanceolata</i> <i>Filipendula ulmaria</i> <i>Myosotis arvensis</i> <i>Geranium robertianum</i> <i>Solanum dulcamara</i> <i>Tanacetum vulgare</i> <i>Epilobium hirsutum</i> <i>Angelica sylvestris</i> <i>Rumex obtusifolius</i> <i>Hypericum perforatum</i> Gramminées diverses <i>Alnus glutinosa</i> <i>Acer sp.</i>	<i>Phragmites communis</i>
5 taxa + graminées	16 taxa + graminées	1 taxon

Tableau VIII : Inventaire floristique du gabion 2 (Colonster).

Zone supérieure	Zone intermédiaire	Zone inférieure
<i>Geum urbanum</i> <i>Alnus glutinosa</i> <i>Galium aparine</i> <i>Melandrium dioïcum</i> <i>Alliaria petiolata</i> <i>Heracleum sphondylium</i> <i>Epilobium angustifolium</i> <i>Scrophularia nodosa</i> <i>Lampsana communis</i> <i>Rumex obtusifolius</i> <i>Galium mollugo</i> <i>Cirsium arvense</i> <i>Urtica dioïca</i>	<i>Alnus glutinosa</i> <i>Galium mollugo</i> <i>Melandrium dioïcum</i> <i>Alliaria petiolata</i> <i>Rumex obtusifolius</i> <i>Epilobium hirsutum</i> <i>Epilobium angustifolium</i> <i>Cirsium arvense</i> <i>Scrophularia nodosa</i> <i>Urtica dioïca</i>	<i>Juncus effusus</i> <i>Phalaris arundinacea</i> <i>Lithrum salicaria</i> <i>Salix triandra</i> <i>Poa trivialis</i> Crucifères ?
13 taxa	10 taxa	5 taxa + Crucifères

Tableau IX : Inventaire floristique du perré 2.

zone supérieure	zone intermédiaire	zone inférieure
<i>Epilobium angustifolium</i> <i>Eupatorium cannabinum</i> <i>Artemisia vulgaris</i> <i>Betula pendula</i> <i>Cirsium palustre</i> <i>Hypericum perforatum</i> <i>Poa annua</i> <i>Lamium album</i> <i>Taraxacum vulgare</i> <i>Salix caprea</i> <i>Tilia sp.</i> <i>Alliaria petiolata</i> <i>Castanea sativa</i> <i>Tanacetum vulgare</i> <i>Sagina procumbens</i>	<i>Urtica dioïca</i> <i>Salix sp.</i> <i>Epilobium angustifolium</i> <i>Filipendula ulmaria</i> <i>Scrophularia nodosa</i> <i>Epilobium roseum</i> <i>Artemisia vulgaris</i> <i>Lysimachia vulgaris</i> <i>Alchemilla glabra</i> <i>Stachys sylvatica</i> <i>Solanum dulcamara</i> <i>Betula pendula</i> <i>Geranium robertianum</i> <i>Melandrium dioïcum</i> <i>Phalaris arundinacea</i> <i>Hypericum perforatum</i> <i>Picea sp.</i> <i>Heracleum sphondylium</i> <i>Geum urbanum</i> <i>Acer sp.</i> <i>Fraxinus excelsior</i> <i>Senecio jacobaea</i> <i>Trifolium pratense</i> <i>Clematis vitalba</i> <i>Eupatorium cannabinum</i> <i>Aegopodium podagraria</i> <i>Calamintha clinopodium</i> <i>Achillea ptarmica</i> <i>Alnus glutinosa</i> <i>Gallium molugo</i> Asteracee ? <i>Epilobium hirsutum</i>	<i>Fontinalis antypyretica</i> <i>Vaucheria sp.</i> <i>Phalaris arundinacea</i> <i>Urtica dioïca</i> <i>Ranunculus repens</i> <i>Clematis vitalba</i> <i>Salix sp.</i> <i>Filipendula ulmaria</i> <i>Rumex obtusifolius</i> <i>Lysimachia vulgaris</i> <i>Epilobium roseum</i> <i>Artemisia vulgaris</i> <i>Rumex crispus</i> <i>Mentha arvensis</i> <i>Symphytum officinale</i> <i>Potentilla anserina</i>
15 taxa	31 taxa + Astéracee	16 taxa

Tableau X : Inventaire floristique du perré 1.

Zone supérieure	Zone intermédiaire	Zone inférieure
<i>Galium aparine</i> <i>Taraxacum vulgare</i> <i>Urtica dioïca</i> <i>Convolvulus dioïca</i> <i>Artemisia vulgaris</i> <i>Galium mollugo</i> <i>Scrophularia nodosa</i> <i>Sisymbrium officinale</i> <i>Dactylis glomerata</i> <i>Lamium album</i> <i>Potentilla reptans</i> <i>Rubus rubus</i> <i>Sagina procumbens</i> <i>Heracleum sphondylium</i> <i>Stellaria media</i> <i>Lamium purpureum</i> <i>Rumex obtusifolius</i> <i>Poa annua</i> <i>Origanum vulgare</i>	<i>Lysimachia vulgare</i> <i>Tanacetum vulgare</i> <i>Vicia cracca</i> <i>Rumex obtusifolius</i> <i>Heracleum sphondylium</i> <i>Polygonium persicaria</i> <i>Lythrum salicaria</i> <i>Scrophularia nodosa</i> <i>Nasturtium officinale</i> <i>Alnus glutinosa</i> <i>Salix trianda</i> <i>Rubus rubus</i> <i>Urtica dioïca</i> <i>Artemisia vulgaris</i> <i>Lamium purpureum</i>	<i>Salix fragilis</i> <i>Glechoma hederacea</i> <i>Potentilla reptans</i> <i>Rumex obtusifolius</i> <i>Asteraceae</i> <i>Artemisia vulgaris</i>
20 taxa	15 taxa	5 taxa + Astéracée

Tableau XI : Inventaire floristique de l'enrochement.

zone supérieure	zone intermédiaire	zone inférieure
<i>Geranium robertianum</i> <i>Silene vulgaris</i> <i>Heracleum sphondylium</i> <i>Galium aparine</i> <i>Geum urbanum</i> <i>Rubus fruticosus</i> <i>Fraxinus excelsior</i> <i>Anthriscus sylvestris</i> <i>Phalaris canariensis</i> <i>Mycelis muralis</i>	<i>Melandrium dioicum</i> <i>Lamium album</i> <i>Alliaria petiolata</i> <i>Filipendula ulmaria</i> <i>Anthriscus sylvestris</i> <i>Epilobium hirsutum</i>	<i>Phragmites communis</i> <i>Phalaris arundinacea</i> <i>Sparganium erectum</i> <i>Tussilago farfara</i> <i>Lythrum salicaria</i> <i>Potentilla anserina</i> <i>Alnus glutinosa</i> <i>Salix sp.</i>
10 taxa	6 taxa	8 taxa

3.3. RESULTATS ET DISCUSSIONS DES INVENTAIRES FAUNISTIQUES .

3.3.1. Campagne automnale .

Le tableau XII reprend l'inventaire des macroinvertébrés prélevés par troubleau et par recherche à vue , pendant 5 minutes , au niveau des six stations . Ces prélèvements ont été réalisés fin septembre et début octobre 1988 . Ce tableau est utilisé lors des discussions fines sur les différents taxa . Le tableau suivant (tableau XIII) synthétise l'ensemble des données. Il donne , pour chaque site , la diversité taxonomique . Les Hydracariens , Ostracodes et Copépodes ne sont pas repris , le matériel de récolte étant inadéquat pour les individus de petite taille (microinvertébrés) .

3.3.1.1. Importance de la recolonisation des sites .

Les deux berges présentant la plus forte recolonisation (figure 25) , en nombre d'individus , sont le gabion 1 (613 individus) et le perré 2 (561 individus) . Les valeurs obtenues pour les enrochements (264) , les gabions 2 (236) et le perré 1 (312) sont proches , de ce point de vue . Un seul site est vraiment très peu recolonisé : le mur . Les prélèvements réalisés , par troubleau , à cette station ne contenaient que 127 individus . Ce résultat était prévisible en raison des caractéristiques du milieu , à savoir une berge verticale exigeant des individus un système de fixation , l'absence d'interstices rendant le substrat peu accueillant et la présence de vase et sédiments divers au pied de la berge .

Les sites présentant la plus grande diversité taxonomique (en ne tenant pas compte des Ostracodes , Copépodes et Hydracariens) sont ceux du perré 1 , du perré 2 et du gabion 1 (30 taxa) . La faune au niveau des enrochements comprend 29 taxa .

Les deux stations dont la faune est la moins variée sont celles du gabion 2 et du mur (14 taxa) . Elles sont toutes deux lentiques , comprenant principalement un biotope vaseux , constitué de sédiments .

Peu d'espèces sont capables de subsister dans un tel milieu .

Il est difficile de comparer la diversité taxonomique au sein des différents grands groupes systématiques (tableau XIII) .

	Gabion 1	Gabion 2	Perré 1	Perré 2	Enroche- ment	Mur
TRICLADES						
Dugesiiidae						
<i>Dugesia</i>	0	0	0	0	1	0
OLIGOCHETES						
Lumbricidae	0	0	0	1	2	0
Lumbriculidae	20	25	10	14	1	8
Tubificidae	51	64	31	26	0	23
Naididae	4	65	20	21	15	0
Divers	0	13	0	0	0	9
HIRUDINEES						
Erpobdellidae						
<i>Erpobdella</i>	7	1	4	2	16	0
Glossiphoniidae						
<i>Glossiphonia</i>	1	0	0	0	3	1
Piscicolidae						
<i>Piscicola</i>	4	0	6	1	9	0
MOLLUSQUES						
Ancylidae						
<i>Ancylus</i>	25	3	29	28	17	0
Lymnaeidae						
<i>Lymnaea</i>	17	3	17	19	6	11
Physidae						
<i>Physa</i>	0	0	5	0	3	1
Planorbidae	2	0	0	0	1	0
Neritidae						
<i>Theodoxus</i>	0	0	13	0	0	0
Sphaeriidae						
<i>Sphaerium</i>	0	0	8	0	0	0
<i>Pisidium</i>	8	0	7	0	6	0
Hydrobiidae	0	0	0	2	0	0
CRUSTACES						
Asellidae						
<i>Asellus</i>	0	5	28	0	0	1
Gammaridae						
<i>Gammarus</i>	271	1	19	125	62	5
EPHEMEROPTERES						
Baetidae						
<i>Baetis</i>	4	0	5	19	0	1
Heptageniidae						
<i>Heptagenia</i>	5	0	8	2	2	0
Caenidae						
<i>Caenis</i>	4	0	3	4	0	1
Ephemeridae						
<i>Ephemera</i>	0	0	0	1	0	0
Ephemerellidae						
<i>Ephemerella</i>	0	0	0	3	0	0
Leptophlebiidae						
<i>Habrophlebia</i>	1	0	5	0	2	0
Potamanthidae						
<i>Potamanthus</i>	1	0	0	0	0	0
PLECOPTERES						
Nemouridae						
<i>Nemoura</i>	0	0	0	0	1	0
Taeniopterygidae						
<i>Taeniopteryx</i>	0	0	0	1	1	0
TRICHOPTERES A						
FOURREAU						
Limnephilidae	0	0	0	10	0	0
Sericostomatidae	2	0	1	2	0	0
Lepidostomatidae	0	0	2	4	0	0
Leptoceridae	0	1	1	4	0	0

	Gabion 1	Gabion 2	Perré 1	Perré 2	Enroche- ment	Mur
TRICHOPTERES SANS FOURREAU						
Hydropsychidae	6	0	7	2	7	1
Polycentropodidae	2	4	28	1	1	1
Rhyacophilidae	0	0	0	0	1	0
Psychomyidae	10	0	4	3	0	1
COLEOPTERES						
Dysticidae larve	0	2	0	0	0	0
adulte	0	0	0	0	2	0
Gyrinidae larve	0	0	0	0	1	0
Dryopidae adulte	0	0	1	0	0	0
Elmidae larve	26	0	13	40	16	1
adulte	9	1	2	10	0	0
Hydraenidae adulte	0	0	0	0	2	0
MEGALOPTERES						
Sialidae						
<i>Sialis</i>	1	0	1	1	8	0
DIPTERES						
Athericidae	2	0	0	1	1	0
Ceratopogonidae	2	0	0	0	0	0
Chironomidae	99	47	19	128	39	17
Psychodidae	5	0	1	2	27	0
Tipulidae	0	0	0	0	10	0
Limoniidae	14	1	4	72	0	22
Hydracariens	2	0	3	4	0	8
Copépodes	0	0	1	0	0	2
Ostracodes	0	0	4	0	0	0
Hydra	0	0	1	0	0	0
HETEROPTERES						
Naucoridae	3	0	0	0	0	0
Gerridae	2	0	1	0	0	0
Corixidae	3	0	0	0	0	13
Pleidae	0	0	0	2	0	0

Tableau XII : Liste des macroinvertébrés prélevés par Troubleau et à vue au niveau des six stations . Ces macroinvertébrés ont été récoltés en automne (fin septembre- début octobre)

	G1	G2	P1	P2	E	M
Annélides :						
Oligochètes	3	3	3	4	3	2
Hirudinés	3	1	2	2	3	1
Triclades	0	0	0	0	1	0
Mollusques:						
Gastéropodes	3	2	4	3	4	2
Bivalves	1	0	2	0	1	0
Insectes :						
Ephemères	5	0	4	5	2	2
Plécoptères	0	0	0	1	2	0
Trichoptères F	1	1	3	4	0	0
Trichoptères SF	3	1	3	3	4	1
Diptères	5	2	3	4	4	2
Hétéroptères	3	0	1	1	0	1
Coléoptères	1	2	2	1	4	1
Mégaloptères	1	0	1	1	1	0
Crustacés :						
Isopodes	0	1	1	0	0	1
Amphipodes	1	1	1	1	1	1
Nombre de taxon	30	14	30	30	29	14
Nombre d'individus	613	236	312	561	264	127

Tableau XIII : Tableau de synthèse des données de la campagne automnale. Les taxa sont rassemblés en groupes taxonomiques.

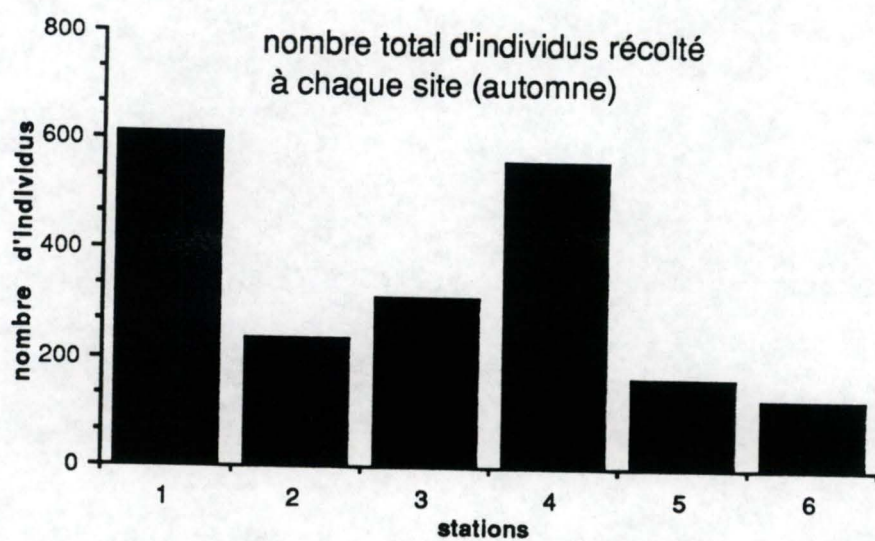


Figure 25 : Nombre d'individus récoltés aux différents sites lors de la campagne automnale.

En effet , certains taxa ne sont représentés que par un seul individu , ce qui peut entraîner une surestimation de la diversité du site par rapport aux autres . Cependant , on peut remarquer une plus grande diversité au sein des :

- * Ephémères pour le site à gabion 1 et les perrés 1 et 2
- * Mollusques au niveau du perré 1 et de l'enrochement
- * Trichoptères pour les perrés
- * Hétéroptères au niveau du gabion 1
- * Diptères pour la station à gabion 1 , le perré 2 et l'enrochement
- * Coléoptères au niveau de l'enrochement

Une interprétation de ces groupes est réalisée au 3.3.1.4. et au 3.3.1.5

3.3.1.2. Répartition des taxa en fonction des sites .

Voyons à présent les taxa spécifiques à un site ou , au contraire absent d'une seule berge . (Tableau XII)

a. Les annélidés : * Les Tubificidae sont absents des enrochements . Cette famille d'oligochète se nourrit de sédiments organiques et de la microflore. Elle préfère les fonds vaseux et les substrats meubles . Son absence est donc justifiée par un préférendum plus accentué , comparé aux autres oligochètes pour les milieux vaseux , absent des enrochements .

* Les *Erpobdella* sont en grand nombre aux sites à gabion 1 et aux enrochements . Ces Hirudinées rhéophiles capturent des invertébrés aquatiques pour se nourrir . On peut expliquer leur présence en plus grand nombre au niveau de ces deux sites de deux façons :

* étant des prédateurs , ces Hirudinés préféreraient un site où les proies sont en abondance . Le site à gabion 1 semble être le plus recolonisé (613 individus) . Il possède des proies potentielles comme les mollusques .

* La présence de ce taxon s'expliquerait par des facteurs abiotiques non mesurés. On peut envisager une source de pollution organique en amont d'Esneux (les deux sites préférés sont contigus) qui favoriserait la prolifération de ces individus . (MAQUET 1981) .

On remarque la présence de sorties d'égoût au niveau des gabions , qui expliquerait une microrépartition des Hirudinées .

b. Les mollusques : * On ne rencontre *Theodoxus fluviatilis* qu'au site à perré 1 . Cette station , à facies lotique , est colonisée par une flore microphytique . Ces deux caractéristiques expliquent la colonisation du site par ce Mollusque . Toutefois la conjugaison de la nourriture potentielle (microphytes) et du biotope favorable (substrat dur , comme des pierres) est présente sur d'autres sites , où *Theodoxus fluviatilis* est absent .

* Aucun Lamellibranche , à savoir Sphaeriidae , n'est rencontré au perré 2 . Ces mollusques ont besoin d'un substrat meuble et de courant assez fort pour vivre .

La berge citée précédemment ne contient pas de zone avec ce biotope. Le fait de les rencontrer en grand nombre au site à perré 1 peut s'expliquer par la présence de sédiments (constituant un substrat meuble) près des berges .

c. Les Crustacés : *Asellus* vit principalement au site à perré 1 , site favorable par endroits aux limnophiles et riche en débris organiques . Ce site , tout en ne présentant pas de réel faciès vaseux est favorable à cet Isopode .

d. Les Ephémères : * *Baetis* et *Ephemerella* occupent le site à perré 2 . Ce milieu est composé de cailloux et de macrophytes . Il est favorable à ces deux genres d'Ephémères rhéophiles .

* *Heptagenia* colonise le site à perré 1 principalement en raison du courant pas trop important . La conjonction d'un milieu constitué de blocs et d'un courant moyen lui est favorable .

e. Les Trichoptères : * Les Limnephilidae , pour les mêmes raisons que les Ephémères *Baetis* et *Ephemerella* préfèrent le site à perré 2 .

* Les Lépidostomatidae ont été capturés principalement aux perrés . Ces Trichoptères rhéophiles vivent en milieux constitués de végétation et débris de toutes sortes . De façon globale , les perrés comprennent des zones répondant à cette description .

* Les Polycentropodidae sont récoltés au perré 1 . Ces rhéophiles préfèrent les substrats durs et les branchages comme biotope . Le site à perré 1 possède une végétation ligneuse (et

tableau XIV : Taxa repères pour le calcul de l'indice biologique global (Norme française T 90-350)

N°	Taxa repères
9	Chloroperlidae , Perlidae , Perlodidae , Taeniopterygidae
8	Capniidae , Brachycentridae , Odontoceridae , Philopotamidae
7	Leuctridae , Glossosomatidae , Goeridae , Leptophlebiidae
6	Nemouridae , Lepidostomatidae , Sericostomatidae , Ephemeridae , Heptageniidae
5	Hydroptilidae , Limnephilidae , Rhyacophylidae , Polymitarcidae , Potamanthidae
4	Leptoceridae , Polycentropodidae , Psychomyidae , Ephemerellidae
3	Hydropsychidae , Baetidae , Caenidae , Triclades
2	Elmidae , Odonates , Gammaridae , Mollusques
1	Chironomidae , Asellidae , Achètes , Oligochètes

Seuls les taxa comprenant au moins trois individus sont pris en compte .

également une souche d'arbre) à la base de la berge . La portion de la berge favorable est nommée perré 1 souche .

* Les Psychomyidae sont rencontrés principalement au gabion 1 . Ils ont comme biotope un substrat dur (pierres , blocs) et le bois immergé .

f. Les Coléoptères : Les Elmidae vivent sous des pierres , des mousses et des morceaux de bois . La présence de ces trois biotopes est observée au niveau du site à perré 2 . Il s'agit de la station où ils sont le plus abondants . Les larves et adultes de cette famille de Coléoptère constituent 9 % de la faune de cette station .

g. Les Mégaloptères : Les *Sialis* sont limnophiles , vivant dans un milieu constitué de sable fin et de vase . Le fait de les rencontrer au niveau des enrochements est difficilement explicable . La seule portion de ce site répondant aux exigences de *Sialis* est la bande de terre au niveau des arbres .

h. Les Diptères : * Les Psychodidae et les Tipulidae sont capturés au niveau des enrochements . Ces diptères sont principalement limnophiles , préférant les vases et sols humides . Une portion des enrochements (au niveau des arbres) correspond à cette description (sols humides) et pourrait expliquer leur seule présence à ce site .

* Les Limoniidae sont rhéophiles mais vivent sur des sédiments meubles . Le site "préférée" est le perré 2 . Cependant , cette station est constituée de blocs , galets et macrophytes . Il n'y a aucun substrat meuble à ce niveau !

Il est également possible d'analyser les résultats en se référant aux taxa plus sensibles à la qualité du milieu .

Les taxa envisagés sont ceux utilisés pour le calcul des indices biotiques de qualité (ici utilisation de l'indice biologique global IBG , Norme française T 90-350) . Cet indice tient compte de la qualité de l'eau et de celle du milieu (substrat) . Neuf classes de sensibilité sont formées , chacune contenant quelques taxa représentatifs . La première classe indique un milieu de mauvaise qualité et la dernière un très bon état . (tableau XIV)

Un seul site comprend des individus de la septième classe : le perré 1 . Il y a en effet plus de trois individus de Leptophlebiidae au niveau de

Figure 26 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques de la zone à gabions 1 lors de la campagne automnale.

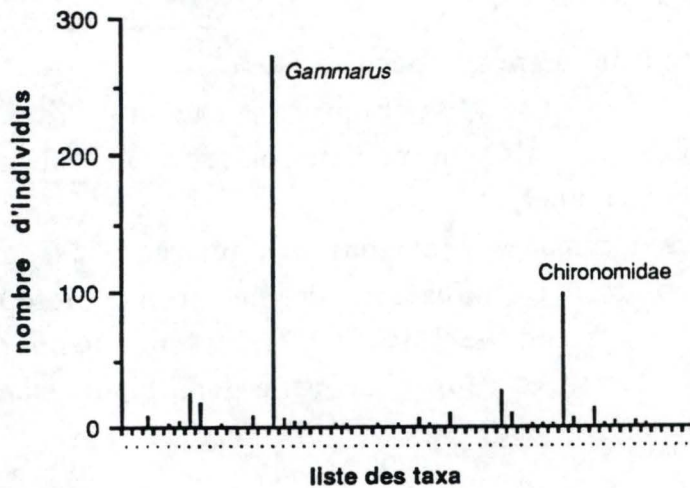


Figure 27 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques du perré 2 lors de la campagne automnale.

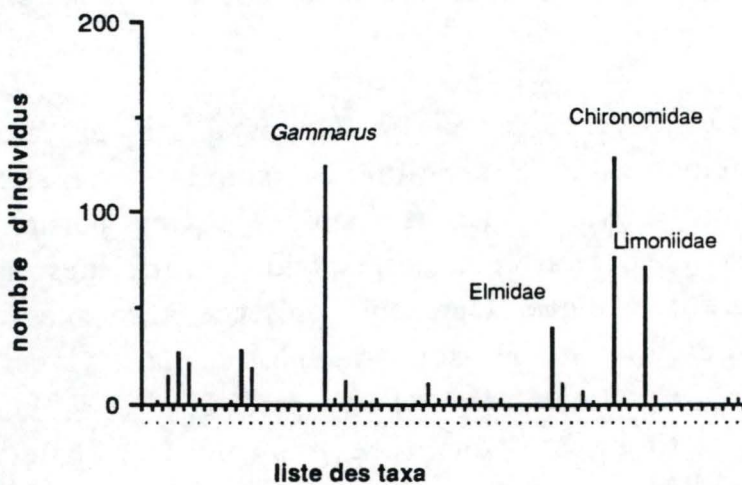
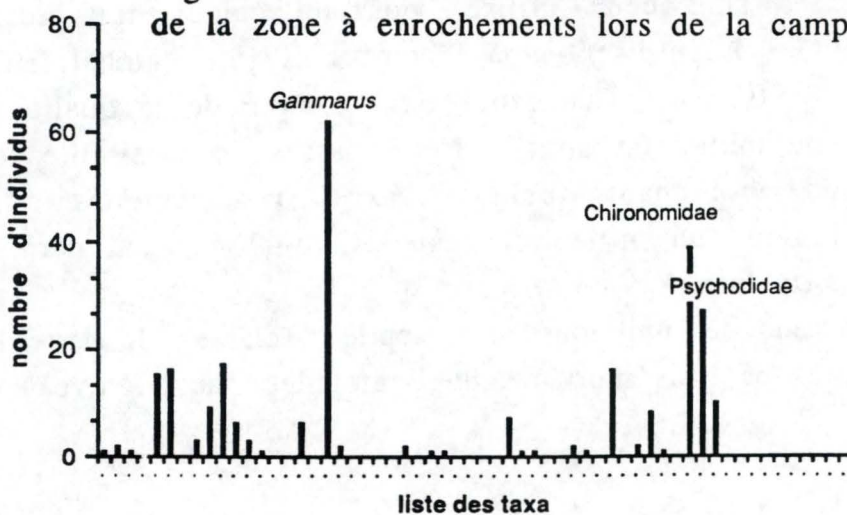


Figure 28 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques de la zone à enrochements lors de la campagne automnale.



cette berge . Cela tend à indiquer une meilleure qualité du milieu , milieu qui serait le plus favorable à la recolonisation par la faune de macroinvertébrés .

Les prélèvements effectués au perré 2 , comprenaient des Lepidostomatidae (taxon repère de la classe 6) , Limnephilidae (taxon repère de la classe 5) entre autres .

Un autre site est recolonisé significativement par un taxon repère de la classe 6 . En effet , des Heptageniidae sont en nombre suffisant au niveau du gabion 1 (et du perré 1 , déjà renseigné comme "meilleure berge") . Le perré 2 et le gabion 1 présentent des espèces sensibles à la qualité du milieu .

Des taxa repères de classe 4 sont prélevés sur différents sites : Leptoceridae en perré 2 , Polycentropodidae au perré 1 et au gabion 2, Psychomyidae en perré 2 . Le gabion 2 est donc colonisé par des espèces plus résistantes à la détérioration du milieu .

L'enrochement est colonisé par des taxa repères de la classe 3 (Hydropsychidae) . La faune rencontrée sur ces stations serait moins dépendante de la qualité du milieu .

Le dernier site, le mur , est recolonisé par un taxon de classe 2 : les Mollusques .

Le perré 1 présenterait une faune moins sensible à la qualité du milieu que celle de l'enrochement ou du mur .

3.3.1.3. Analyse de la structure des communautés de macroinvertébrés .

Le traitement des données, dans ce cas-ci , vise à montrer l'homogénéité ou l'hétérogénéité de la faune des sites étudiés . Le terme d'homogénéité est utilisé pour caractériser une faune dont aucun taxon n'est vraiment dominant . Au contraire une faune hétérogène implique la présence de quelques taxa en très grand nombre . Les diagrammes donnent pour chaque site , le nombre d'individus récoltés de chaque taxon . Il peut être intéressant de connaître la structure de la population , avec ces taxa dominants , pour caractériser la berge .

Les sites à gabion 1 (figure 26) , à perré 2 (figure 27) et à enrochements (figure 28) présentent des diagrammes similaires . Ils sont caractérisés par une dominance de la faune par les Gammarets et

Structure de la faune du gabion 2

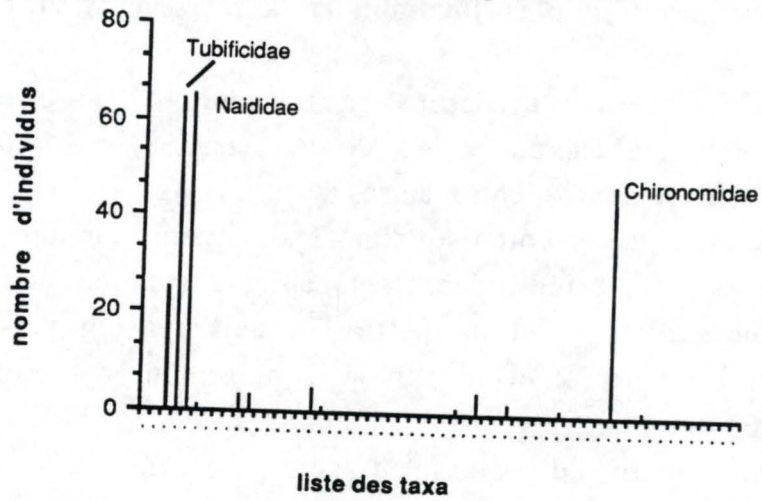


Figure 29 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques de la zone à gabions 2 lors de la campagne automnale.

Structure de la faune au mur vertical

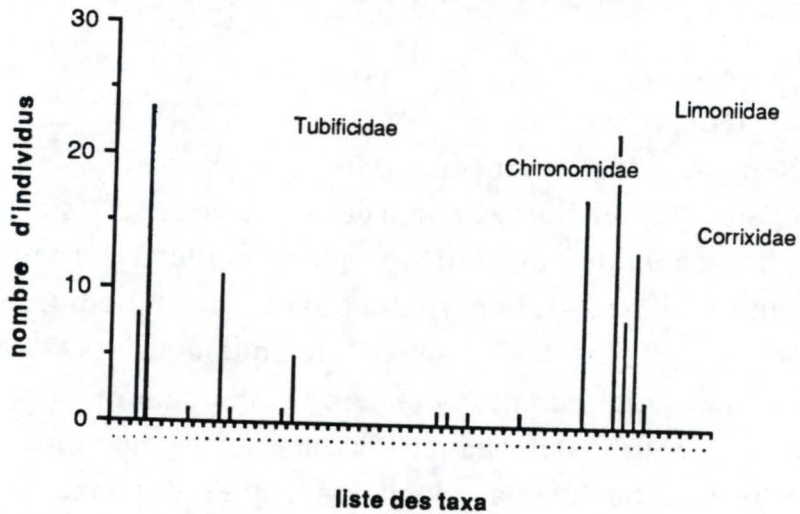


Figure 30 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques du mur lors de la campagne automnale.

les Chironomidae . Chaque site présente en complément de ces deux taxa un troisième élément dominant .

Pour le gabion 1 , il s'agit des Tubificidae . Cette famille d'oligochète a nettement moins d'importance dans la population de la berge que les deux taxa précédents .

Les deux autres sites ont une faune dominée par les Gammares , les Chironomidae , associés à une autre famille de Diptère , les Limoniidae pour les perré 2 et les Psychodidae pour l'enrochement .

Ce type de structure de la faune est rencontré au niveau de deux des trois sites les plus recolonisés : gabion 1 et perré 2 . Les trois sites présentent des faciès lotiques plus ou moins accentués (surtout l'enrochement et le perré 2) . Les biotopes rencontrés consistent notamment en galets , blocs (tout substrat dur) et macrophytes (principalement le perré 2) . Les deux taxa principaux , Gammares et Chironomidae , constituant une partie importante de la faune des cours d'eau calcaires (cas de l'Ourthe) , il est logique de les voir dominer la faune des berges .

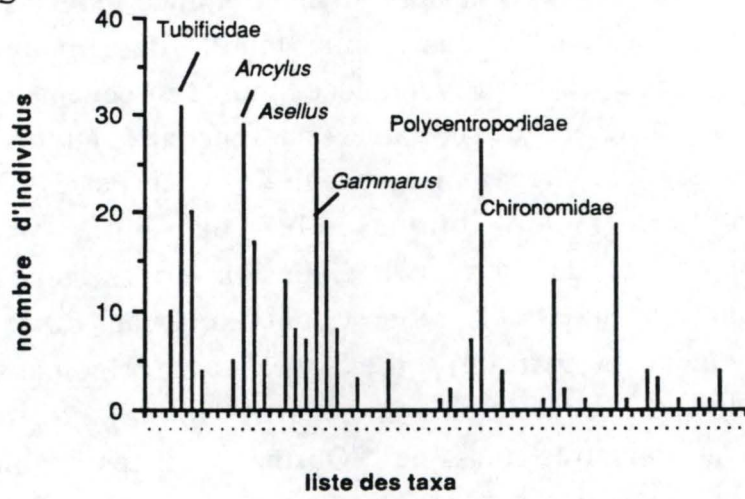
En effet , on retrouve une structure de la communauté similaire dans les travaux de HERMAN (1988) . Certains diagrammes se trouvent en 1.4.2.3.

D'un autre côté , le site à gabion 2 (figure 29) et le mur (figure 30) présentent des diagrammes tout à fait différents quant au taxa dominants . Ces derniers sont surtout les Oligochètes et les Chironomidae pour le gabion 2 . Les Oligochètes dominants sont de la famille des Tubificidae et Naididae . Il est difficile d'interpréter les résultats des prélèvements du mur en raison du faible nombre d'individus . Toutefois , il semble qu'il y ait une dominance exercée par les diptères des familles Limoniidae et Chironomidae , et par les Tubificidae . Les Corriidae ne sont prélevés que sur cette berge . Ces Hémiptères préfèrent les milieux lenticques , avec biotopes vaseux .

De plus , ils ont la possibilité de se déplacer . Cette capacité leur procure une moins grande dépendance vis-à-vis du site où ils sont rencontrés .

Le dénominateur commun aux deux sites est leur faciès lentique et la présence de biotopes constitués de vase et de sédiments .

Fig. 30' Structure de la faune du perré 1



A l'opposé de ces diagrammes présentant une hétérogénéité de la faune, se trouve celui du site à perré 1 (figure 30). La population de ce milieu semble être homogène, ne présentant pas de taxa dominants, ou plutôt un ensemble de taxa dominants. Citons les Tubificidae, *Ancylus*, *Asellus*, Naididae et Polycentropodidae. Une explication pourrait être la multiplicité de microhabitats permettant à une faune plus importante et plus variée de se développer : les Tubificidae, *Asellus* et Naididae préfèrent les milieux vaseux, alors que les Polycentropodidae et *Ancylus* optent pour un substrat dur et les macrophytes. Une autre raison pourrait être la multiplication de certains taxa avec la disparition de taxa dominants (il y a peu de Gammarus et Chironomidae) ou de prédateurs. Une réponse sera donnée au niveau de l'étude des groupes fonctionnels (3.3.1.6).

Le perré 1 semble être assez favorable à la faune (se référer au 3.3.1.2.). Dès lors, le fait de n'avoir qu'une relative hétérogénéité de la faune (comme c'est le cas au perré 1) pourrait être la preuve d'un bon état du site.

De façon globale, il est possible de représenter les dominances par ce tableau donnant pour chaque site les taxa dominants.

Enrochements	Gammarus	+ <u>Chironomidae</u>	+ Psychodidae
Perré 2	Gammarus	+ <u>Chironomidae</u>	+ Limoniidae
Gabion 1	Gammarus	+ <u>Chironomidae</u>	+ Tubificidae
Gabion 2	Oligochètes	+ <u>Chironomidae</u>	
Mur	<u>Chironomidae</u>	+ Limoniidae	+ Corrixiidae + Tubificidae
Perré 1	Tubificidae	+ Ancylus + Polycentropodidae	+ Asellus

En conclusion, il en ressort un parallèle entre les trois sites suivants : enrochements, perré 2 et gabion 1, (la faune est dominée par *Gammarus* et les Chironomidae).

Le taxon qui semble être dominant, car présent de façon significative à cinq stations, au niveau des berges de l'Ourthe, est la famille des Chironomidae. Cette famille de Diptères est peu exigeante quant au milieu, et peut par conséquent coloniser tous les sites.

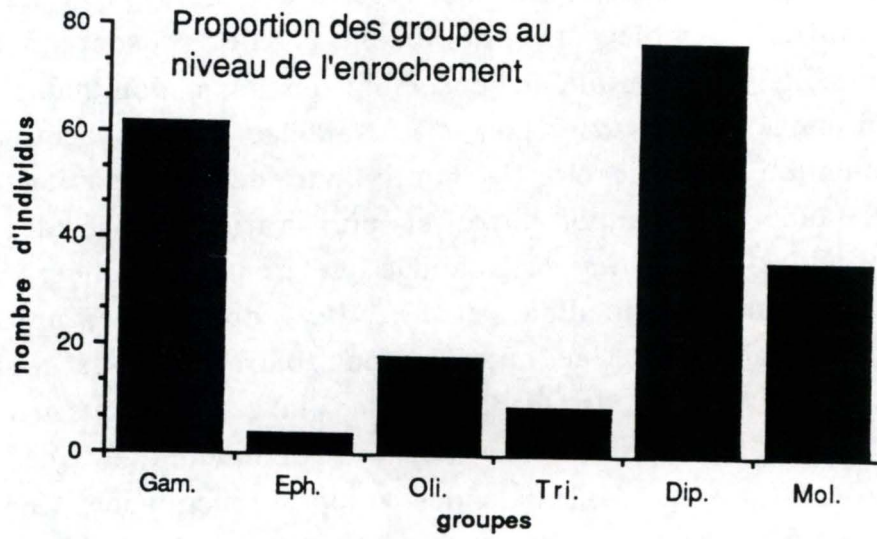


Figure 31 : Proportion de divers groupes taxonomiques au niveau de l'enrochement lors de la campagne automnale.

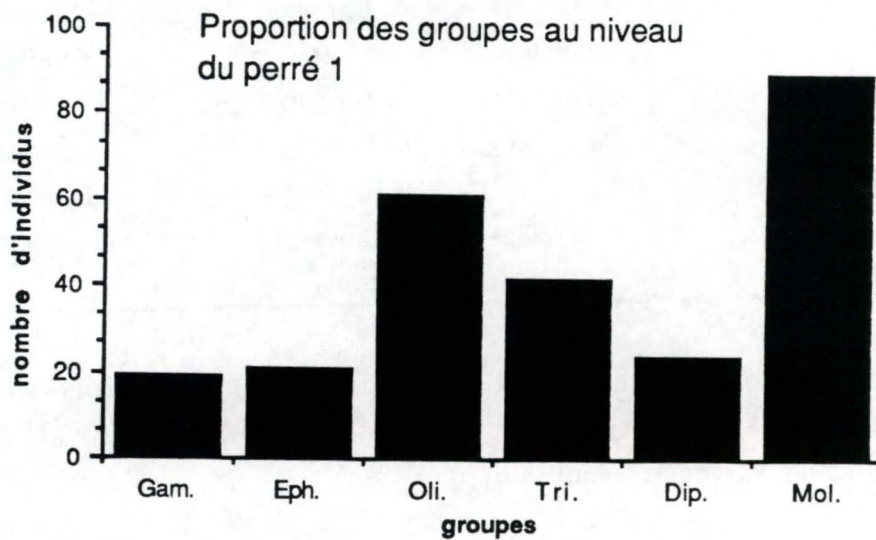


Figure 32 : Proportion de divers groupes taxonomiques au niveau du perré 1 lors de la campagne automnale.

3.3.1.4. Proportion des groupes au niveau des différents sites .

Il s'agit , pour chaque site , de comparer la proportion de groupes (Oligochètes , Mollusques , Diptères , Trichoptères , Ephémères et Amphipodes) exprimée par le nombre d'individus .

Ce type d'analyse n'apporte rien de neuf pour la plupart des sites , confirmant ce qui a été dit dans le point précédent . Il s'agit pour les zones à perré 2 et à gabion 1 d'une dominance des Diptères et des Amphipodes . La faune de l'enrochement (figure 31) comprend principalement les Diptères , les Amphipodes , et les Mollusques (cela n'apparaissait pas dans le premier traitement) comme *Ancylus* , *Lymnaea* et *Pisidium* . Au niveau du mur , on observe une dominance des Diptères , due aux Chironomidae et Limoniidae (deux groupes dominants lors de la description de la population en fonction de ces taxa dominants) .

La faune du gabion 2 consiste en Chironomidae et Oligochètes divers . Cela ressort dans ce traitement , mettant en évidence les Oligochètes et les Diptères .

Ce type de traitement des données prend toute son importance pour le perré 1 (figure 32) . La population semblait assez homogène lorsque aucun rassemblement de taxon n'était effectué . Les prélèvements de ce site ne contenant que peu de Gammarès et Chironomidae , il est intéressant de savoir ce qu'il advient des Diptères . Ces derniers ne constituent que le quatrième groupes de la faune , loin derrière les Mollusques , Oligochètes et Trichoptères . Il apparaît que les Trichoptères jouent un rôle important dans cet écosystème .

Milieu plus homogène que les autres , il présente cependant des dominances évidentes de la faune .

En conclusion à ce point , il est possible d'envisager de dresser un parallèle entre le site à perré 2 et les enrochements . Le site à gabion 1 en est proche tout en ayant une population de Gammarès très importante influençant le rapport entre les Diptères et les Amphipodes .

Ce traitement prend toute son importance pour le site à perré 1 .

Il permet de dégager de l'aspect homogène résultant de la dispersion , une structure mettant en évidence une dominance des Oligochètes et des Mollusques . Cela permet de confirmer la nette différence entre les

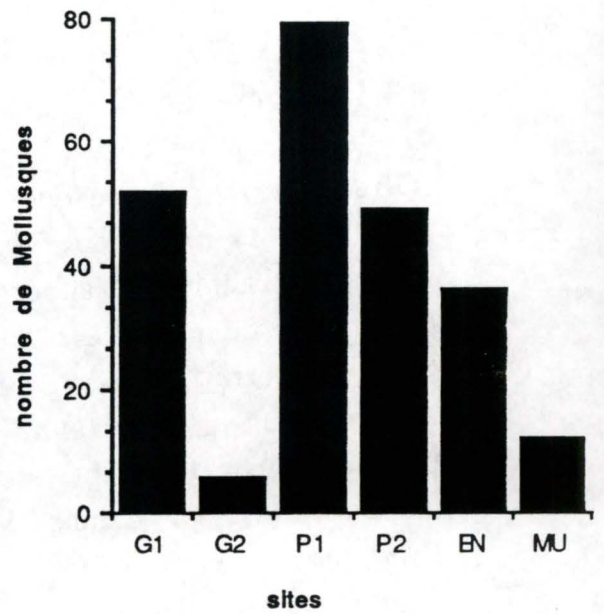
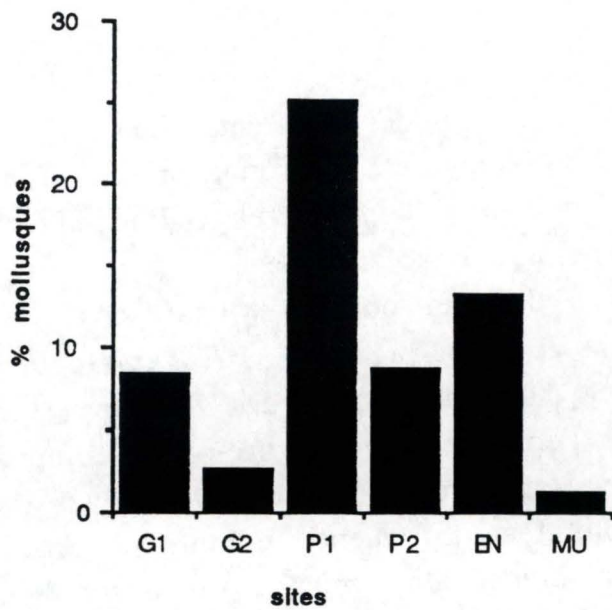


Figure 33 : Nombre de Mollusques récoltés aux différents sites de la campagne automnale.

Figure 34 : Comparaison de la proportion de Mollusques aux différents sites lors de la campagne automnale.

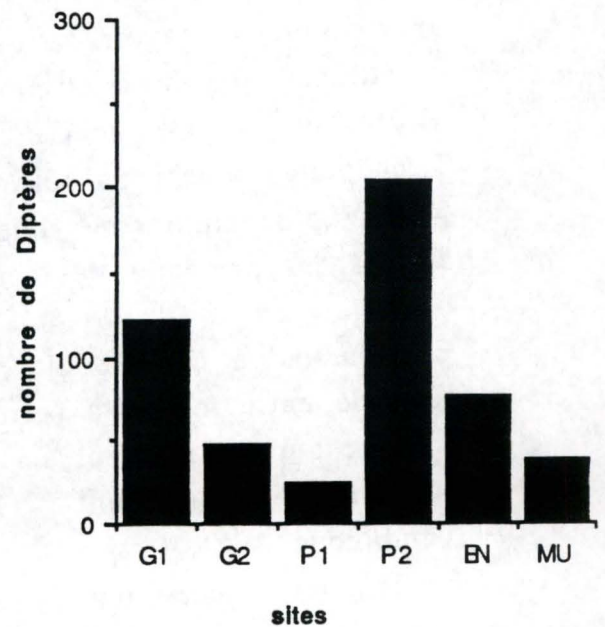
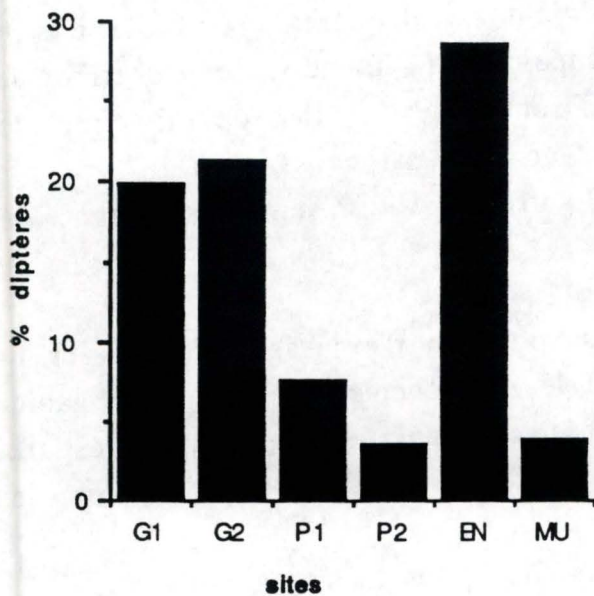


Figure 35 : Nombre de Diptères récoltés aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 36 : Comparaison de la proportion de Diptères aux différents sites lors de la campagne automnale.

deux sites à perré . Il semble , à ce niveau , qu'il y ait une place assez grande , comparée aux autres sites , qui soit laissée aux Trichoptères et Ephémères , au détriment des Diptères .

Ce point confirme également l'impression que les Diptères , principalement les Chironomidae , dominent la faune des berges , à l'exception du perré 1 .

Ce traitement des données n'apporte rien de nouveau pour les sites à Gabion 2 et les murs , si ce n'est leur très mauvaise capacité d'accueil pour les Ephémères .

3.3.1.5. Comparaison des différents sites en fonction des groupes taxonomiques .

Les groupes , qui reprennent l'ensemble de la faune , sont les Oligochètes , les Mollusques , les Diptères , les Trichoptères , les Ephémères , les Amphipodes , les Isopodes , les Coléoptères , les Hémiptères et les Hirudinées .

Ce quatrième point est un complément du précédent . Il s'agit , pour chaque groupe taxonomique défini de comparer le nombre d'individus récoltés , et le pourcentage de ce groupe de taxa au sein de la population de la station (de façon à nuancer les résultats précédents) .

a. Les Mollusques : (figures 33 et 34) le site le plus favorable semble être le perré 1 avec plus de 25 % de la faune récoltée . Il s'agit d'un milieu avec un courant suffisant pour les filtreurs , une flore microscopique servant de nourriture et un substrat constitué de blocs et galets (cela correspond aux biotopes favorables à la majorité des Mollusques) .

Les autres sites valables sont les enrochements et le site à gabion 1 .

b. Les Diptères : (figures 35 et 36) le site à perré 2 présente la plus forte proportion de Diptères avec près de 35 % . Un autre site possède un pourcentage plus important : le mur . Une fois de plus , ce résultat demande confirmation . Le faible nombre d'individus récoltés peut donner une importance non justifiée à un taxa rencontré .

La proportion de Diptères est nettement plus faible au niveau du perré 1 . Il y a entre deux et quatre fois moins de Diptère à ce site . La différence entre les deux sites à perré est de l'ordre du simple au quadruple !

c. Les Trichoptères : (figures 37 et 38) le site au niveau duquel la proportion de Trichoptères est la plus grande est sans aucun doute le

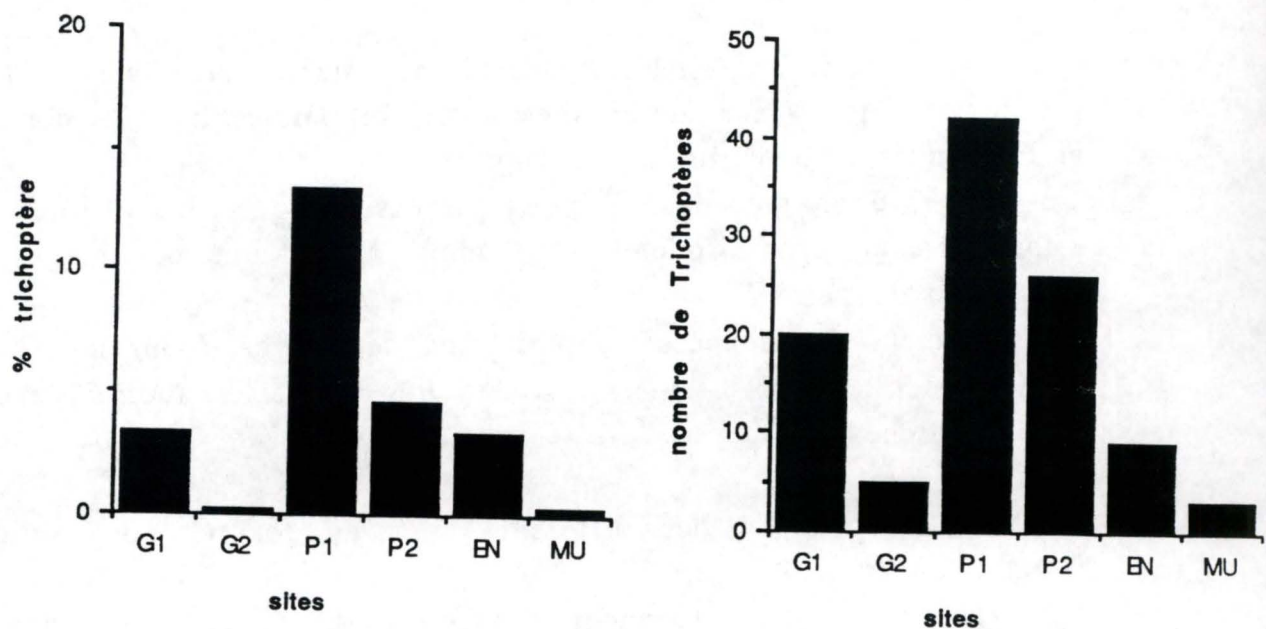


Figure 37 : Nombre de Trichoptères récoltés aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 38 : Comparaison de la proportion de Trichoptères aux différents sites lors de la campagne automnale.

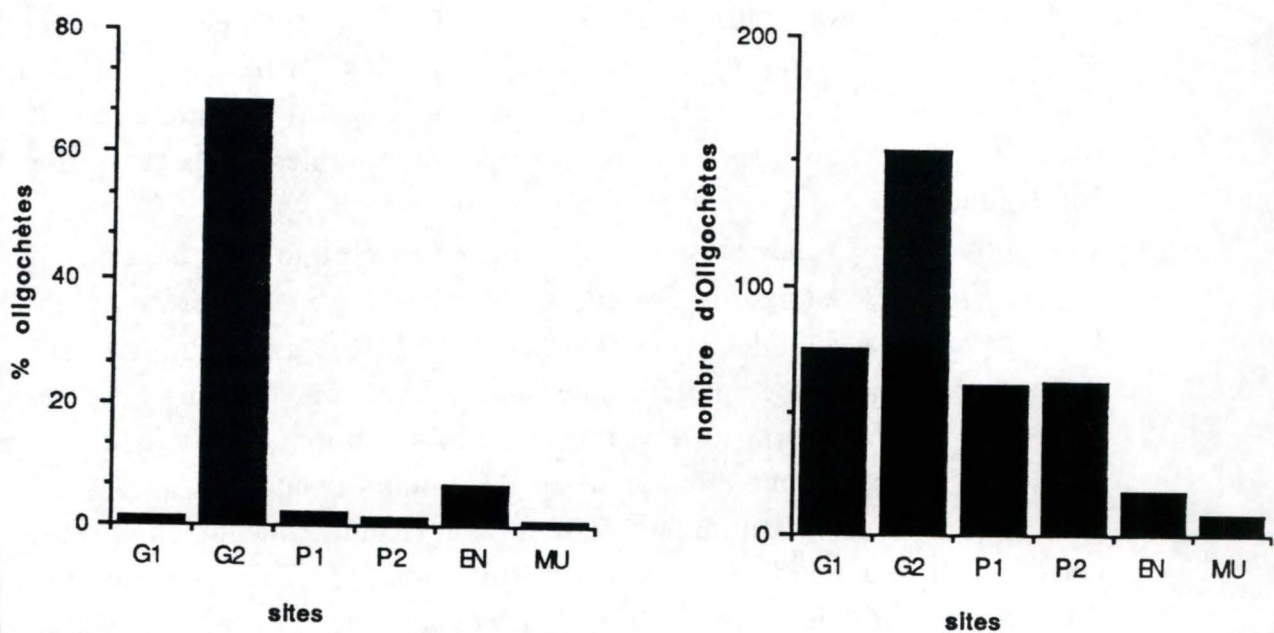


Figure 39 : Nombre d'Oligochètes récoltés aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 40 : Comparaison de la proportion d'Oligochètes aux différents sites lors de la campagne automnale.

perré 1 . Que ce soit pour le nombre d'individus récoltés (41 individus) ou la proportion de trichoptères dans la faune du site , C'est la zone la plus recolonisée . Près de 14 % des individus récoltés au perré 1 sont des Trichoptères, et plus particulièrement des Polycentropodidae . Le site suivant dans le préférendum des Trichoptères est le perré 2 .

Ce dernier présente la plus grande diversité de Trichoptères (7 taxa contre 6 pour le Perré 1) , tout en ayant moins de 5 % de la population. La faune des Trichoptères du perré 1 est en moyenne trois fois plus importante qu'aux autres sites .

d. Les Oligochètes : (figures 39 et 40) Aucune surprise possible concernant ce groupe . Le site dont cette classe d'Annélidés occupe la plus grande partie est le site à gabion 2 .

Ce phénomène a déjà été expliqué lors des précédentes interprétations des données . Le second site est celui à perré 1 avec près de 20 % de la faune , puis suit l'ensemble des sites . La faune du site à gabion 2 est constituée à 70 % d'Oligochètes , presque quatre fois plus que la moyenne des autres sites (plus de 10 %) .

e. Les Ephémères : (figures 41 et 42) les deux sites à perré présentent la faune d'Ephémères la plus importante . Le site à perré 1 est composé à 8 % de ces larves d'insectes , principalement des *Heptagenia Baetis* et *Leptoplebiidae* . Le second site à perré présente une faune d'Ephémères plus diversifiée (cinq taxa contre quatre pour le perré 1), occupant environ 4 % de la faune du site . Il s'agit principalement de *Baetis* . Il y a près de deux fois plus de larves d'Ephémères au perré 1 qu'au perré 2 .

f. Les Amphipodes : (figures 43 et 44) de la même manière que pour les Oligochètes , aucune nouveauté avec cette analyse des résultats . Le site à gabion 1 , avec près de 45 % de la faune , présente la plus forte proportion de gammares . Les deux autres , déjà cités précédemment , à savoir le perré 2 et l'enrochement , ont moins de 25 % de gammares dans leur population .

g. Les Hémiptères : (figures 45 et 46) le site le plus accueillant pour ces insectes semble être le mur . Les Hémiptères rencontrés sont des *Corixidae* , individus limnophiles vivant sur des macrophytes . Ce site ne possède pas l'exclusivité de ces caractéristiques . Leur plus grande capacité à se déplacer pourrait expliquer leur présence (moins grande dépendance vis-à-vis de ce site) .

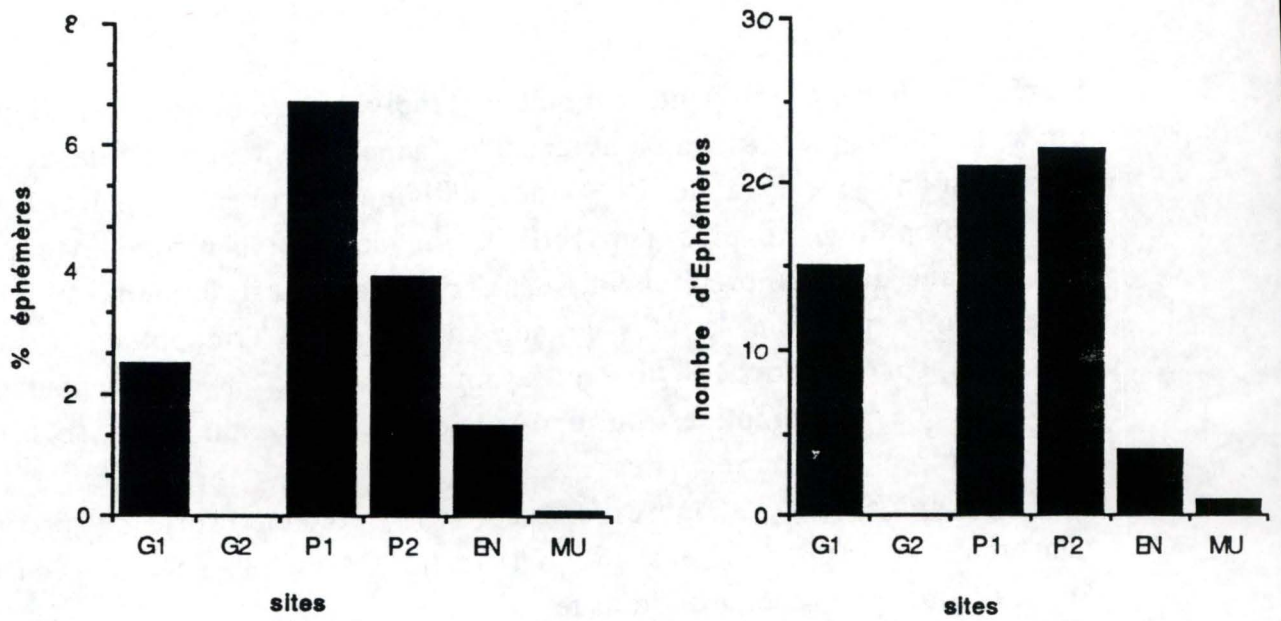


Figure 41 : Nombre d'Ephémères récoltés aux différents sites de la campagne automnale.

Figure 42 : Comparaison de la proportion d'Ephémères aux différents sites lors de la campagne automnale.

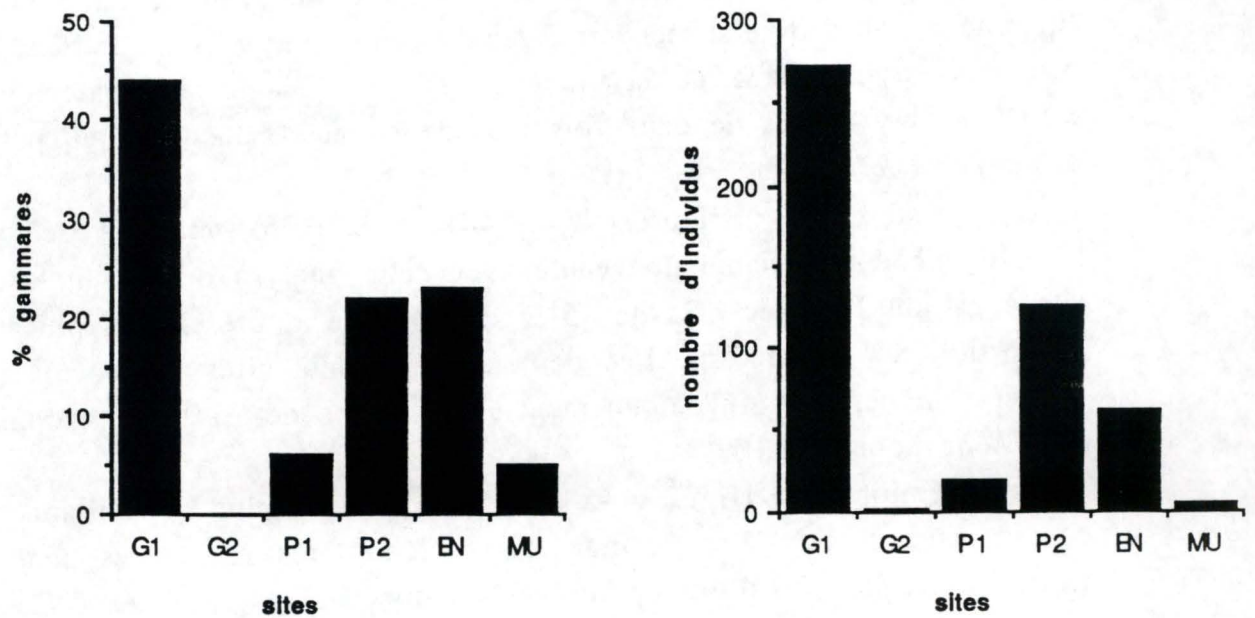


Figure 43 : Nombre d'Amphipodes aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 44 : Comparaison de la proportion d'Amphipodes aux différents sites lors de la campagne automnale.

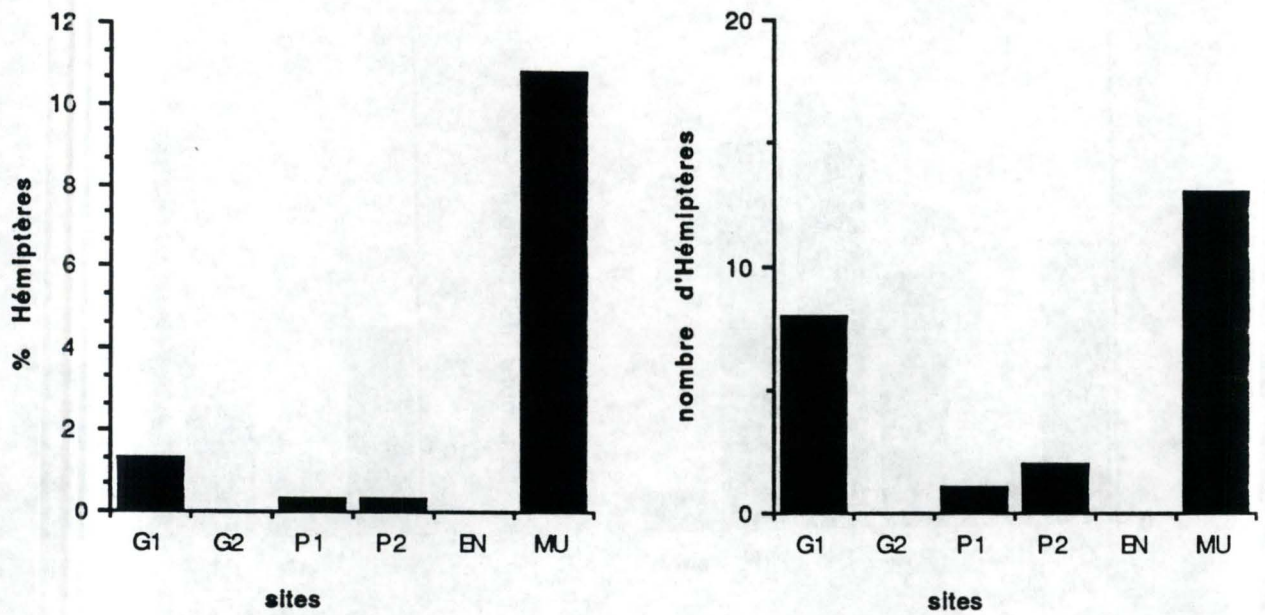


Figure 45 : Nombre d'Hémiptères aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 46 : Comparaison de la proportion d'Hémiptères aux différents sites lors de la campagne automnale.

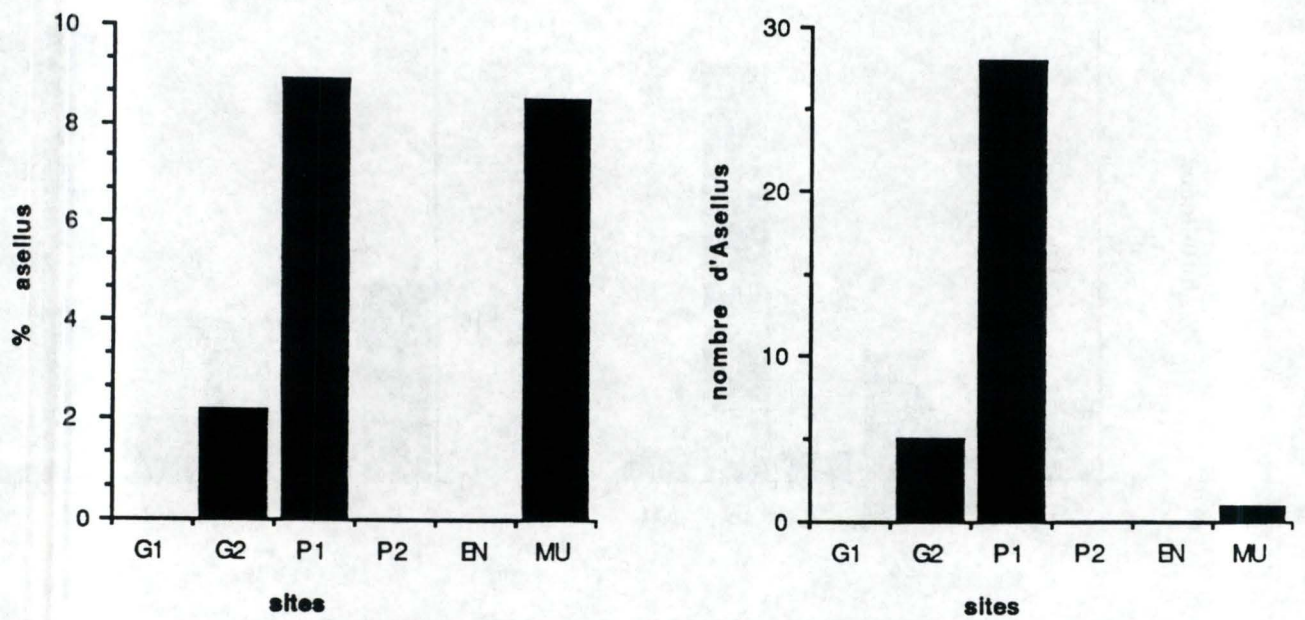


Figure 47 : Nombre d'Isopodes aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 48 : Comparaison de la proportion d'Isopodes aux différents sites lors de la campagne automnale.

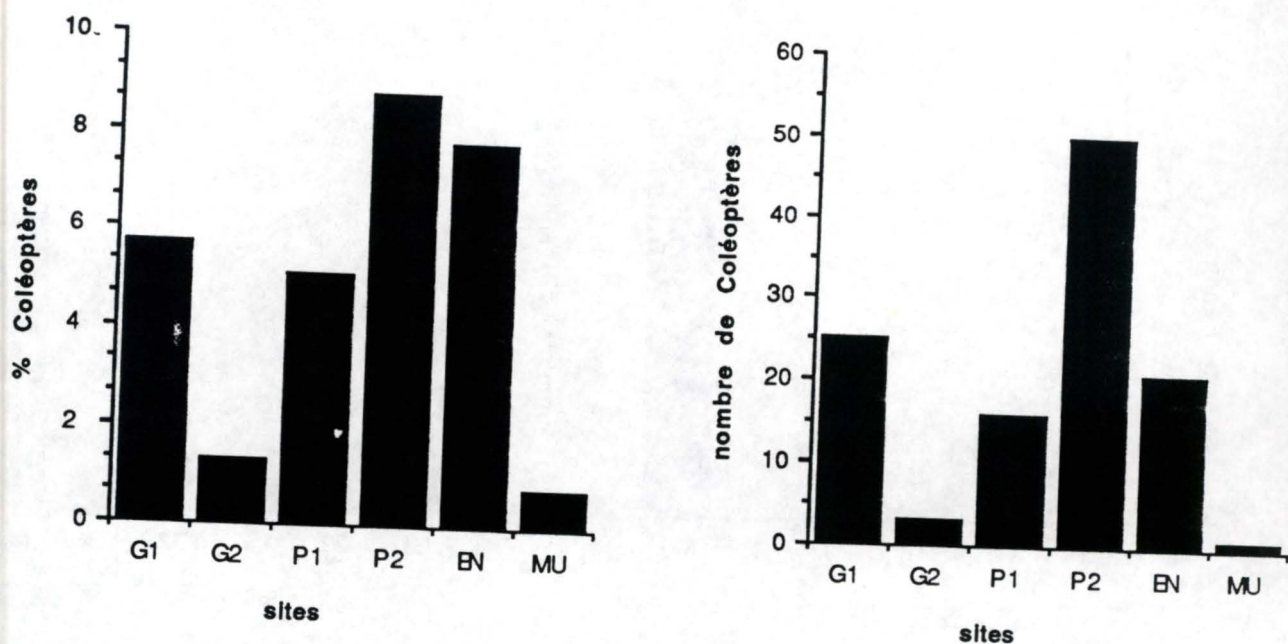


Figure 49 : Nombre de Coléoptères aux différents sites lors de campagne automnale.

Figure 50 : Comparaison de la proportion de Coléoptères aux différents sites lors de la campagne automnale.

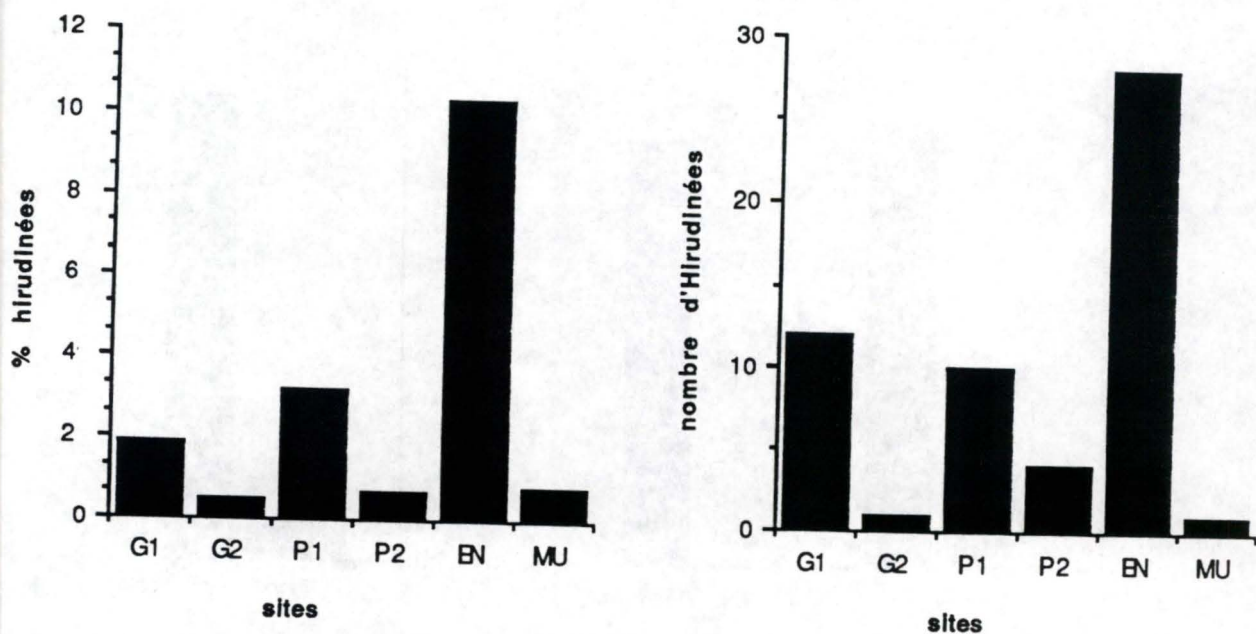


Figure 51 : Nombre d'Hirudinées aux différents sites lors de campagne automnale.

Figure 52 : Comparaison de la proportion d'Hirudinées lors de la campagne automnale.

h. Les Isopodes : (figures 47 et 48) deux sites sont favorables : celui à perré 1 et le mur . Il est un fait que le site à perré 1 , présentant des faciès lenticques et des zones de sédimentation , soit favorable . Le mur, en raison de la faible recolonisation ne nous autorise à aucune certitude .

i. Les Coléoptères : (figures 49 et 50) la préférence de ces insectes pour les sites à enrochement et à perré 2 s'explique par la présence de macrophytes , mousses , pierres , tout élément constitutif de leur biotope idéal . Les valeurs de l'enrochement confirment la plus grande diversité taxonomique au sein de cet ordre (4 taxa), décrite dans le premier point .

j. Les Hirudinées : (figures 51 et 52) le site ayant la plus forte recolonisation de sangsues est celui à enrochement . C'est également cette station qui en avait la plus grande diversité . Le genre Erpobdella , rhéophile s'attaquant aux macroinvertébrés , est le plus souvent récolté . Cela peut s'expliquer par la présence de proies , ou par un facteur abiotique (se référer au 3.3.1.3.) .

En conclusion voici un tableau de synthèse donnant pour chaque groupe défini , les sites préférentiellement colonisés et ceux avec la plus faible recolonisation .

	++	+	-
Mollusques	Perré 1	Enrochement	Gabion 2
Diptères	Perré 2	Enrochement Mur	Perré 1
Trichoptères	Perré 1	Perré 2	Gabion 2
Oligochètes	Gabion 2	Perré 1	Enrochement
Ephémères	Perré 1	Perré 2	Mur
Amphipodes	Gabion 1	Perré 2 Enrochement	Mur
Isopodes	Perré 1	Mur	Enrochement Gabion 1
Hémiptères	Mur	Gabion 1	Enrochement

Coléoptères	Perré 2	Enrochement	Mur
			Gabion 2
Hirudinés	Enrochement	Perré 1	Gabion 2
		Gabion 1	

++ : forte recolonisation + : bonne recolonisation - : mauvaise recolonisation

3.3.1.6. Comparaison de groupes fonctionnels au niveau des différents sites .

Il s'agit de classer les taxa en fonction de leur mode de nutrition . Ce traitement des données complètera les analyses précédentes , les confirmant ou les infirmant .

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 XV donne la liste de référence des taxa et de leur groupe fonctionnel . Les données proviennent de BOURNAUD et al. (1984)

* Les broyeurs constituent le type le moins développé . Différents groupes sont distingués : Les broyeurs herbivores qui découpent les macrophytes en morceau de taille assez importante . Les broyeurs détritvovres s'intéressent aux macrophytes en voie de décomposition . Les broyeurs omnivores se nourrissent d'animaux morts , malades , tout en ingérant le même type de nourriture que les précédents . Les broyeurs carnivores forment un groupes à part des prédateurs . La distinction entre les prédateurs errants et les prédateurs sédentaires n'est pas faite dans cette analyse .

* Les brouteurs s'attaquent à la microflore , aux microphytes et aux microinvertébrés , que l'on rencontre sur les macrophytes .

* Les racleurs de substrat se nourrissent de la "couche biologique vivante" qui se trouve sur les macrophytes et les pierres, sans arracher une partie du support végétal (à l'opposé des brouteurs) .

* Les limnivores avalent les sédiments fins qui renferment une quantité variable de débris organiques , microflore et microfaune .

* Les filtreurs capturent les fins débris organiques , la microflore et la microfaune entraînée par le courant . Ils se servent d'appendices modifiés ou de construction , à cette fin .

Figure 53 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau de l'enrochement lors de la campagne automnale.

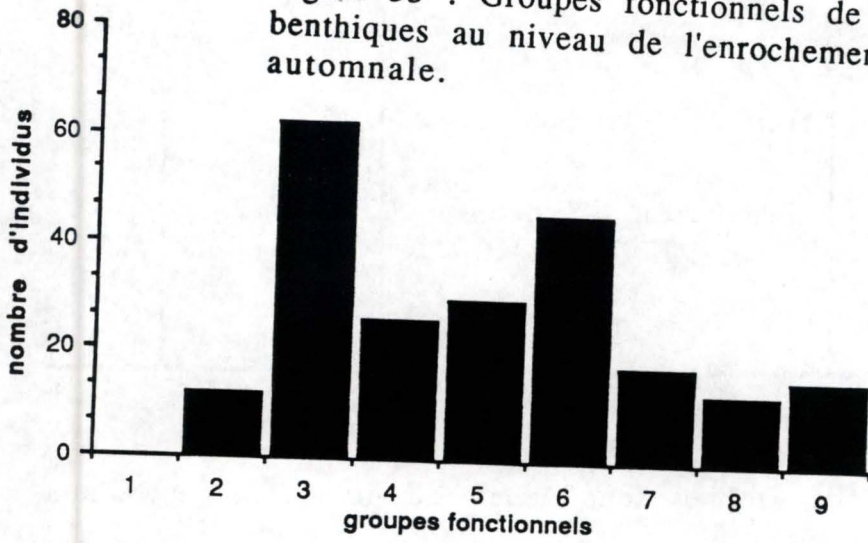


Figure 54 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques du perré 2 lors de la campagne automnale.

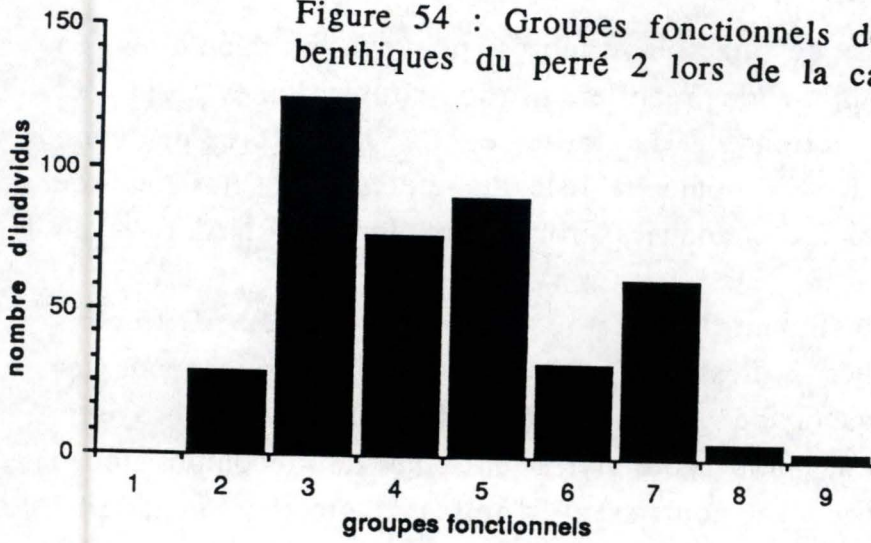


Figure 55 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau de la zone à gabions 1 lors de la campagne automnale.

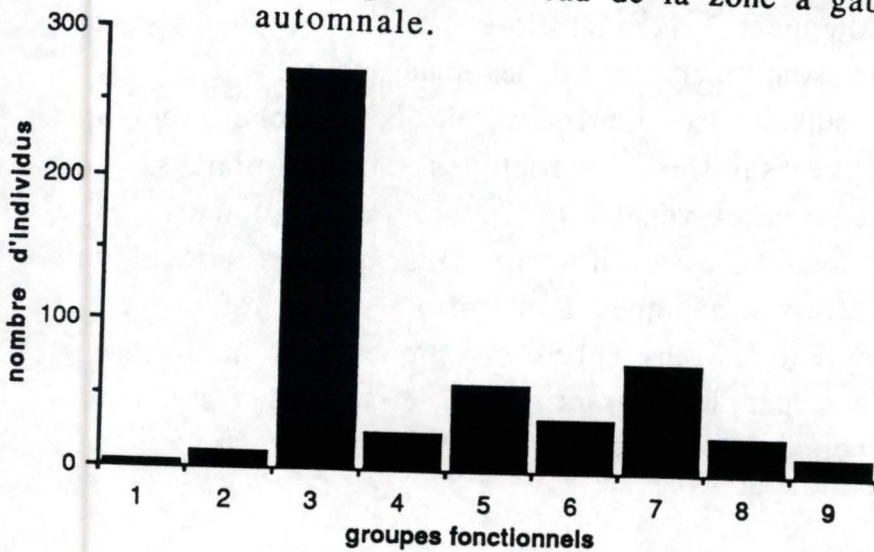


Figure 58 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du perré 1 lors de la campagne automnale.

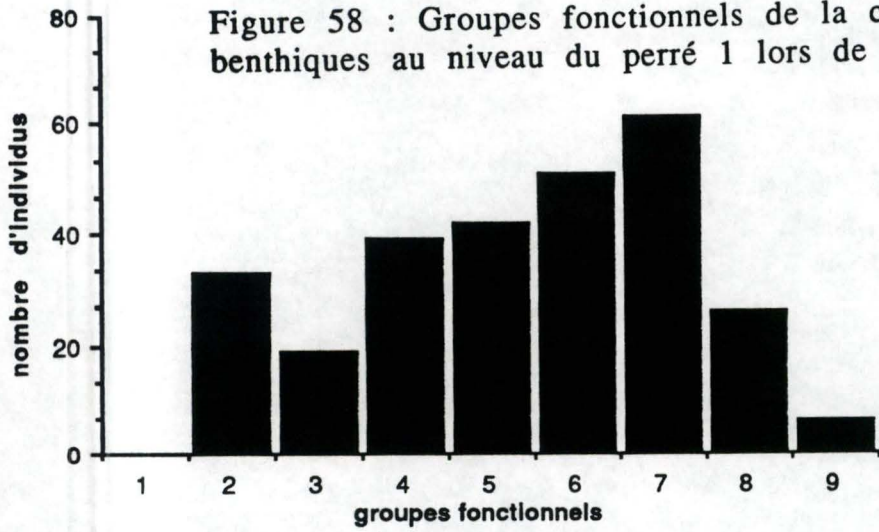


Figure 56 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau de la zone à gabions 2 lors de la campagne automnale.

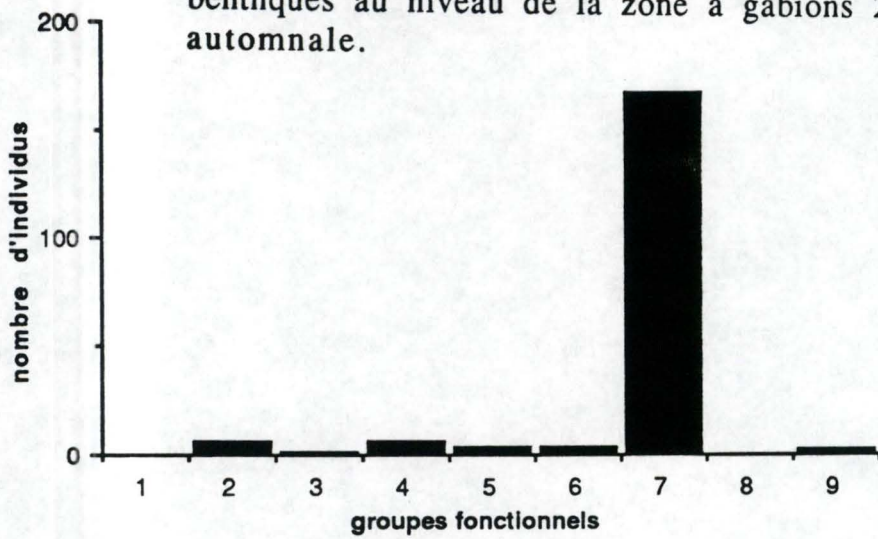
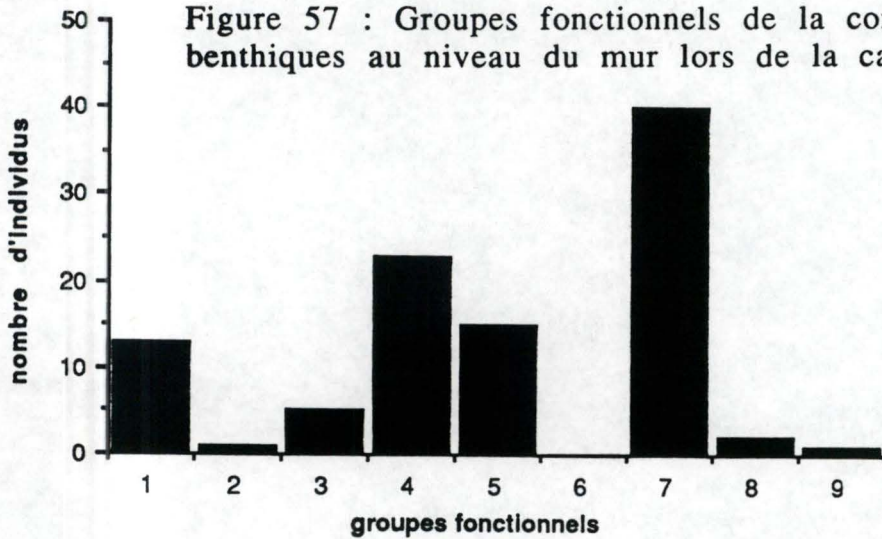


Figure 57 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du mur lors de la campagne automnale.



* Les suceurs absorbent une nourriture liquide . Il peut s'agir d'herbivores suceurs , de prédateurs suceurs ou encore de parasites externes .

Les Chironomidae n'ont été classés dans aucune catégorie . Ces Diptères présentent une grande diversité de mode nutritionnel , de prédateur à broyeur en passant par racleur . Les placer dans une catégorie est hasardeux à ce niveau de détermination.

Les Chironomidae sont très nombreux sur ce tronçon de l'Ourthe . Les classer dans une catégorie de groupe fonctionnel implique une surestimation de cette catégorie.

* Les trois sites associés lors des autres analyses présentent des diagrammes similaires sur certains points . La faune des enrochements (figure 53) , perré 2 (figure 54) et gabion 1 (figure 55) est dominée par les broyeurs omnivores . C'est une conséquence du nombre de Gammares . Le parallélisme est particulièrement évident à dresser entre le perré 2 et l'enrochement dont les diagrammes sont pratiquement identiques . Cependant l'enrochement semble être favorable aux racleurs de substrat . Cela peut s'expliquer par la présence de microphytes sur les pierres et galets . Le site à gabion 1 est totalement dominé par les broyeurs omnivores , les autres groupes sont nettement moins importants .

* Le site à gabion 2 (figure 56) est dominé par les mangeurs de substrat (limnivores). 80 % de la faune récoltée sur ce site est constituée d'Oligochètes , qui sont limnivores .

* Le mur (figure 57) , avec les réserves habituelles en raison du faible nombre d'individus , est dominé par les limnivores et les broyeurs carnivores . L'importance donnée aux carnivores est typique de ce site .

C'est une conséquence du nombre de Limoniidae présents . Une seconde caractéristique de ce site est la présence de broyeurs herbivores , représentés par les Hétéroptères de la famille des Corixidae .

* Il est difficile de mettre en évidence un groupe fonctionnel par rapport aux autres , au niveau du perré 1 (figure 58) . On remarque la faiblesse des broyeurs omnivores (Gammares) , filtreurs et suceurs . Cette station , ainsi que l'enrochement , contient une proportion non négligeable de racleurs (*Ancylus* , *Theodoxus* , *Heptagenia*) , et de

liminivores (il y a beaucoup d'Oligochètes à cette station) . Contrairement à ce que l'on croyait (voir ce qui a été avancé au 4.3.1.3.) , il y a des prédateurs , en pourcentage plus élevé qu'au niveau de l'enrochement ou du gabion 1 .

On peut remarquer , de façon générale , qu'il y aurait d'avantage de broyeurs carnivores au niveau des sites à perré qu'aux enrochements ou gabion 1 . Le seul site laissant une plus grande place à ce groupe fonctionnel est le mur .

3.3.1.7. Conclusion :

Les sites à perré 2 et à gabion 1 sont les plus recolonisés par la faune de macroinvertébrés .

La diversité taxonomique est similaire pour tous les site à l'exception du mur et du gabion 2 . Ces deux stations sont en zone lentique et le substrat est constitué de vase .

Les différentes analyses ont permis de mettre en évidence des similitudes entre stations étudiées .

Les enrochements et le perré 2 , et dans une moindre mesure le gabion 1 , ont une structure de population semblable , axée sur quelques taxa : Gammares , Chironomidae ...

Les similitudes entre les enrochements et le perré 2 apparaissent également au niveau de l'importance accordée à certains groupes (3.3.1.4. et 3.3.1.5.) ou à celui des groupes fonctionnels (3.3.1.6.) . Toutefois , l'enrochement semble avoir une plus grande proportion de Diptères que les autres sites .

La faiblesse du mur et du gabion 2 est apparue à plusieurs reprises , que ce soit pour le nombre d'individus (respectivement 127 et 236 individus) , le nombre de taxa récoltés (18 et 14 taxa) , la place laissée a des groupes sensibles comme les Trichoptères , les Ephémères ou les Gammares .

Un site se détache des autres : le perré 1 . Il présente une certaine homogénéité , comparé aux autres stations . A coté de cette caractéristique , associée à un plus petit nombre de Gammares et de Chironomidae , se trouve une capacité d'accueil plus grande pour les Trichoptères , Mollusques et Diptères .

Les berges étudiées semblent être dominées par les Gammares et les Diptères , cas rencontré pour les aménagements ayant la plus forte recolonisation . Un doute subsiste quant aux capacités réelles d'accueil

du site à gabion 1 . Les prélèvements n'ont été effectués que sur la portion du lit de la rivière la plus proche de la berge , mais non sur la berge directement . L'emploi de substrat artificiel nous permettra de confirmer ou non ce qui a été avancé à ce sujet .

Pour terminer ce chapitre , on peut envisager que les perrés à sec , ou anciens perrés recolonisés par la végétation sont un milieu favorable à la recolonisation par les macroinvertébrés .

Que ce soit dans l'analyse des taxa repères de bonne qualité de milieu (perré 1) , l'étude de la recolonisation en fonction du nombre de taxa (perré 1) ou d'individus (perré 2 juste après le gabion 1) , la proportion de Trichoptères (perré 1) , d'Ephémères (perré 1) , les perrés semblent être d'avantage accueillant que les autres stations. Cela pourra être confirmé ou infirmé dans les discussions sur les données printanières .

nom du taxon	groupe fonctionnel	faciès préféré
TRICLADES		
<i>Dugesia</i>	prédateur suceur	rhéophile
OLIGOCHETES		
Lumbricidae	mangeur de substrat	limnophile
Lumbriculidae	mangeur de substrat	rhéophile
Tubificidae	mangeur de substrat	limnophile
Naididae	mangeur de substrat	limnophile
HIRUDINEES		
<i>Herpobdella</i>	prédateur avaleur	rhéophile
<i>Glossiphonia</i>	suceur	limnophile
<i>Piscicola</i>	suceur	limnophile
PULMONES		
<i>Ancylus</i>	racleur	rhéophile
<i>Lymnaea</i>	brouteur	limnophile
<i>Physa</i>	brouteur racleur	limnophile
Planorbidae	brouteur racleur	limnophile
Hydrobiidae	broyeur (+-)	limnophile
PROSOBRANCHES		
<i>Theodoxus</i>	racleur	rhéophile
LAMELLIBRANCHES		
<i>Sphaerium</i>	filtreur	rhéophile
<i>Pisidium</i>	filtreur	rhéophile
ISOPODES		
<i>Asellus</i>	broyeur détritivore	limnophile
AMPHIPODES		
<i>Gammarus</i>	broyeur omnivore	rhéophile
EPHEMEROPTERES		
<i>Heptagenia</i>	racleur	limnophile
<i>Baetis</i>	brouteur	rhéophile
<i>Caenis</i>	royeur détritivore	rhéophile
<i>Ephemera</i>	broyeur	rhéophile
<i>Ephemerella</i>	broyeur détritivore	rhéophile
Leptophlebiidae	broyeur détritivore	rhéophile
<i>Potamanthus</i>	broyeur	rhéophile
PLECOPTERES		
<i>Nemoura</i>	broyeur	rhéophile
<i>Taeniopteryx</i>	broyeur	limnophile
TRICHOPTERES A		
FOURREAU		
Limnephilidae	broyeur	?

Sericostomatidae	broyeur détritivore	rhéophile
Lepidostomatidae	broyeur	rhéophile
Leptoceridae	broyeur	limnophile
TRICHOPTERES SANS		
FOURREAU		
Hydropsychidae	filtreur	rhéophile
Polycentropodidae	prédateur	rhéophile
Rhyacophilidae	prédateur	rhéophile
Psychomyidae	filtreur	rhéophile
Hydroptilidae	suceur	limnophile
COLEOPTERES		
Dysticidae	prédateur suceur	limnophile
Gyrinidae larve	prédateur	limnophile
Dryopidae adulte	broyeur	limnophile
Elmidae	brouteur	rhéophile
Hydraenidae adulte		
MEGALOPTERES		
<i>Sialis</i>	prédateur	limnophile
DIPTERES		
Athericidae	prédateur suceur	rhéophile
Ceratopogonidae	broyeur détritivore	limnophile
Psychodidae	racleur	limnophile
Tipulidae	broyeur	limnophile
Limoniidae	prédateur broyeur	rhéophile
Simuliidae	filtreur	
HETEROPTERES		
Naucoridae	prédateur suceur	rhéophile
Gerridae	prédateur	limnophile
Corixidae	broyeur herbivore	limnophile
Pleidae	prédateur suceur	limnophile

Tableau XV : Liste de référence indiquant le mode nutritionnel des taxa.

3.3.2. Campagne printanière .

Le tableau XVI est l'inventaire des macroinvertébrés prélevés au printemps , le 12 mai 1989 . Suite aux observations effectuées sur le terrain lors de la campagne automnale , il a été décidé d'effectuer des sous - échantillonnages . Chaque site a été fractionné selon les caractéristiques observées sur place (se référer au 3.1 pour la localisation des différentes portions de berge) . Cette façon de procéder nous fournit des éléments supplémentaires pour expliquer les différences de recolonisation .

Les stations sont donc divisée en zones :

G1P et G1L sont les deux substrats artificiels placés au niveau du gabion 1 : G1P est localisé au niveau du cône d'enrochement et G1L est situé à 30 mètres en aval .

G2A est l'ensemble des invertébrés prélevés sur les deux substrats artificiels placés au niveau du gabion 2 . G2T est le prélèvement effectué au filet troubleau au pied du gabion 2 .

P1A et P1S sont les prélèvements effectués au filet troubleau sur les deux zones du perré 1 : P1A est situé au niveau des arbres (peu recolonisé par la flore) alors que P1S est localisé aux environs de la souche (mieux recolonisé) .

P2C et P2R sont les récoltes réalisées par filet troubleau au niveau du perré 2 : P2C représente la portion moins lotique et moins recolonisée par la flore alors que P2R est la partie recolonisée par la flore et lotique .

EC , EA et EL sont les trois zones de l'enrochement . Les récoltes ont été effectuées par filet troubleau . EC représente la portion de berge au niveau du cône d'enrochement . EA est la portion de la berge constituée d'un sol mouilleux sur lequel sont implantés des arbres . EL est la portion d'enrochements de moindre volume . La recolonisation par la flore y est plus importante .

M représente le résultat des prélèvements réalisés à l'aide d'un grattoir sur le mur .

Le tableau XVII synthétise l'ensemble des données . Il donne , pour chaque site , la diversité taxonomique , ainsi que le nombre d'individus et de taxon récoltés .

nombre d'individus

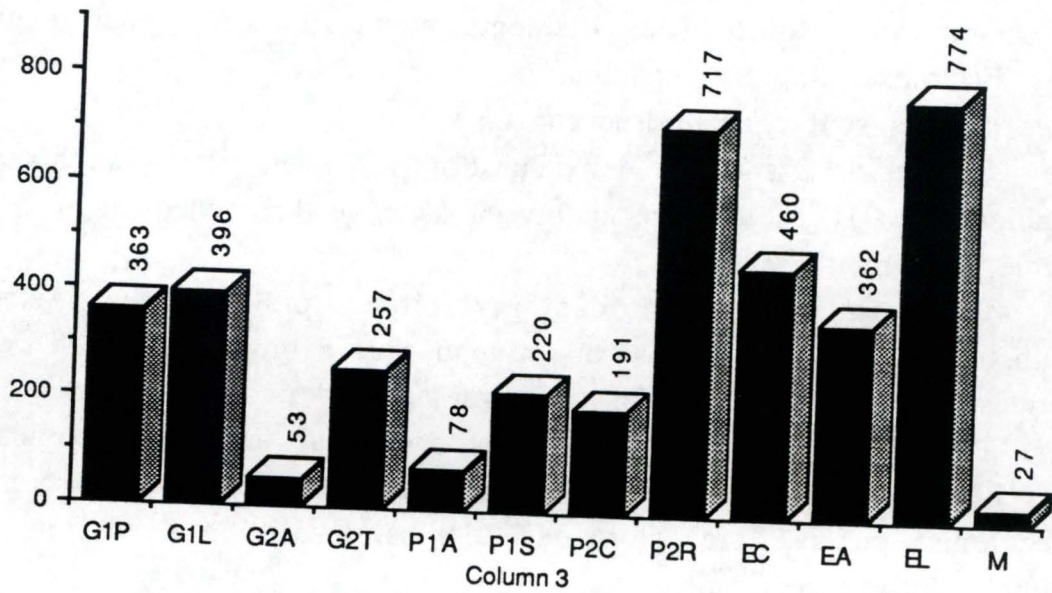


Figure 59 : Nombre d'individus récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

Les Hydracariens , Ostracodes et Copépodes ne sont pas traités , le matériel de récolte étant inadéquat pour les microinvertébrés .

3.3.2.1. Importance de la recolonisation du site .

Les prélèvements contenant le plus grand nombre d'individus sont ceux réalisés au niveau de l'enrochement , du perré 2 et du gabion 1 . La portion de l'enrochement constituée de blocs moins grossiers (enrochement loin) et recolonisée d'avantage par la végétation est la meilleure de ce point de vue (817 individus) . Le second site est la partie du perré 2 recolonisée par la végétation , perré 2 rapide (717 individus) . Les stations les moins recolonisées sont le mur (27 individus) , le gabion 2 artificiel (53 individus) et le perré 2 au niveau de l'arbre (78 individus) . (figure 59)

Il est important de relativiser ces chiffres en fonction de la longueur de berge étudiée . En effet , perré 1 arbre et perré 1 souche mesurent 8 mètres . Perré 2 calme correspond à une longueur de berge de 10 mètres , alors que perré 2 rapide mesure 13 mètres . Les prélèvements au niveau du mur concernent une longueur de 5 mètres . Les trois portions de l'enrochement sont de tailles différentes : 6,3 mètres pour enrochement creux , 6,75 mètres pour enrochement arbres et 20 mètres pour enrochement loin .

Les gabions artificiels correspondent à une longueur de 65 cm alors que la longueur de la zone du prélèvement "gabion 2 troubleau" est de 10 mètres . Il est difficile de comparer les valeurs chiffrées données précédemment sans les réduire à une longueur type .

- perré 1 arbres : 10,125 individus par mètre de berge
- perré 1 souche : 28,75 individus
- perré 2 calme : 21,7 individus
- perré 2 rapide : 55,8 individus
- enrochement creux : 74,12 individus
- enrochement arbres : 53,6 individus
- enrochement loin : 62,8 individus (en comptant 13 mètres de prélèvement effectif)
- gabion 1 près : 558 individus par mètre de gabion
- gabion 1 loin : 609 individus
- gabion 2 artif. : 81,5 individus
- gabion 2 troubleau : 25,8 individus (en surface des gabions)
- mur : 5,4 individus

nombre de taxa

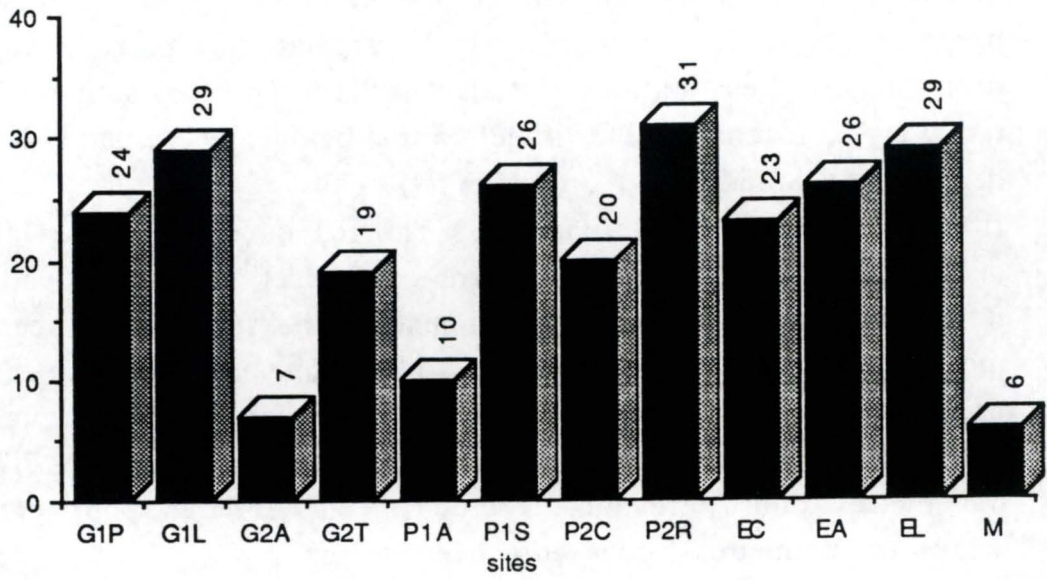


Figure 59' : Nombre de taxa récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

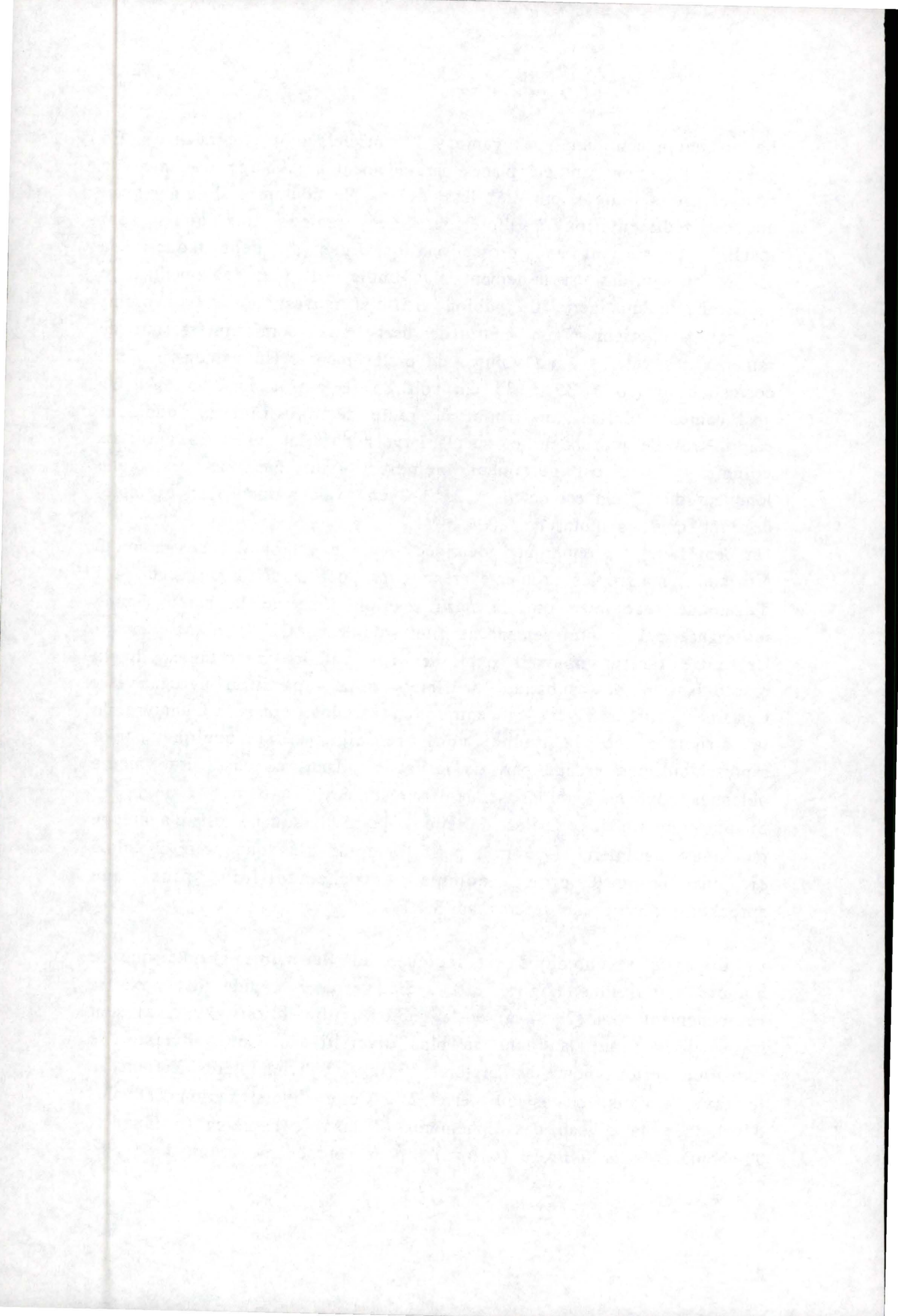
Le résultat exceptionnel des gabions 1 artificiels doit être nuancé . En effet , ces gabions ont été placés parallèlement à la berge , au pied de celle-ci . Ces milieux ont été "lessivés" par le courant . Il n'y avait aucune sédimentation à l'intérieur. Les gabions tels qu'ils sont installés constituent une protection longiligne , dans laquelle la vitesse du courant est nettement plus faible . Il faut également faire remarquer qu'un mètre de gabion artificiel correspond à un volume de galet supérieur à un mètre de berge . Il serait intéressant de ramener ces valeurs à un volume de prélèvement . Un gabion artificiel correspond à $70 * 35 * 35$ cm soit 85750 cm^3 , ou $0,85 \text{ m}^3$. Un prélèvement réalisé au troubleau racle le substrat sur quelques centimètres de profondeur et sur la largeur du filet , soit 25 cm . Le volume prélevé est nettement moindre , soit dans le cas d'une longueur de 70 cm est de $70 * 25 * 2$ cm (valeur donnée en exemple) de 3750 cm^3 ou moins de $0,004 \text{ m}^3$.

On peut faire des remarques identiques pour le gabion 2 . Le gabion 2 artificiel , malgré les problèmes rencontrés pour la sortie de l'eau , est d'avantage recolonisé que la partie périphérique de la berge (faune renseignée par le prélèvement au filet troubleau "G2T").

Un autre facteur pourrait expliquer ces valeurs importantes de la recolonisation des substrats artificiels : la répartition agrégative . Certaines espèces vivent concentrées en certaines zones . L'analyse de la structure de la faune nous renseignera si quelques taxa représentent une grande part de la faune . Dans ce cas , les valeurs obtenues pour les gabions seraient surestimées .

Si on compare les parties de site , perré 1 souche est d'avantage recolonisé que perré 1 arbre , perré 2 rapide plus que perré 2 calme et enrochement creux comme enrochement-loin plus que enrochement-arbre (se référer au 3.1.) .

La diversité taxonomique est indiquée sur le même graphe que le nombre d'individus (figure 59) . Le perré 2 rapide (31 taxa) , l'enrochement loin (29 taxa) et le gabion artificiel loin (29 taxa) sont les stations ayant la faune la plus diversifiée . Cette diversité se remarque surtout pour les Diptères (5 taxa) , Trichoptères à fourreau (5 taxa) , dans le cas du perré 2 . Cette diversification est plus développée au niveau des Ephémères (7 taxa) , Diptères (6 taxa) et Trichoptères sans fourreau (4 taxa) , pour l'enrochement loin .



Les deux groupes présentant le plus de diversité , au niveau du gabion 1 loin sont les Ephémères (6 taxa) et les Gastéropodes (5 taxa) .

Globalement , les sites les moins recolonisés (mur , gabion 2 artificiel et perré 1 arbres) possèdent une faune peu diversifiée , comparé aux stations plus recolonisées .

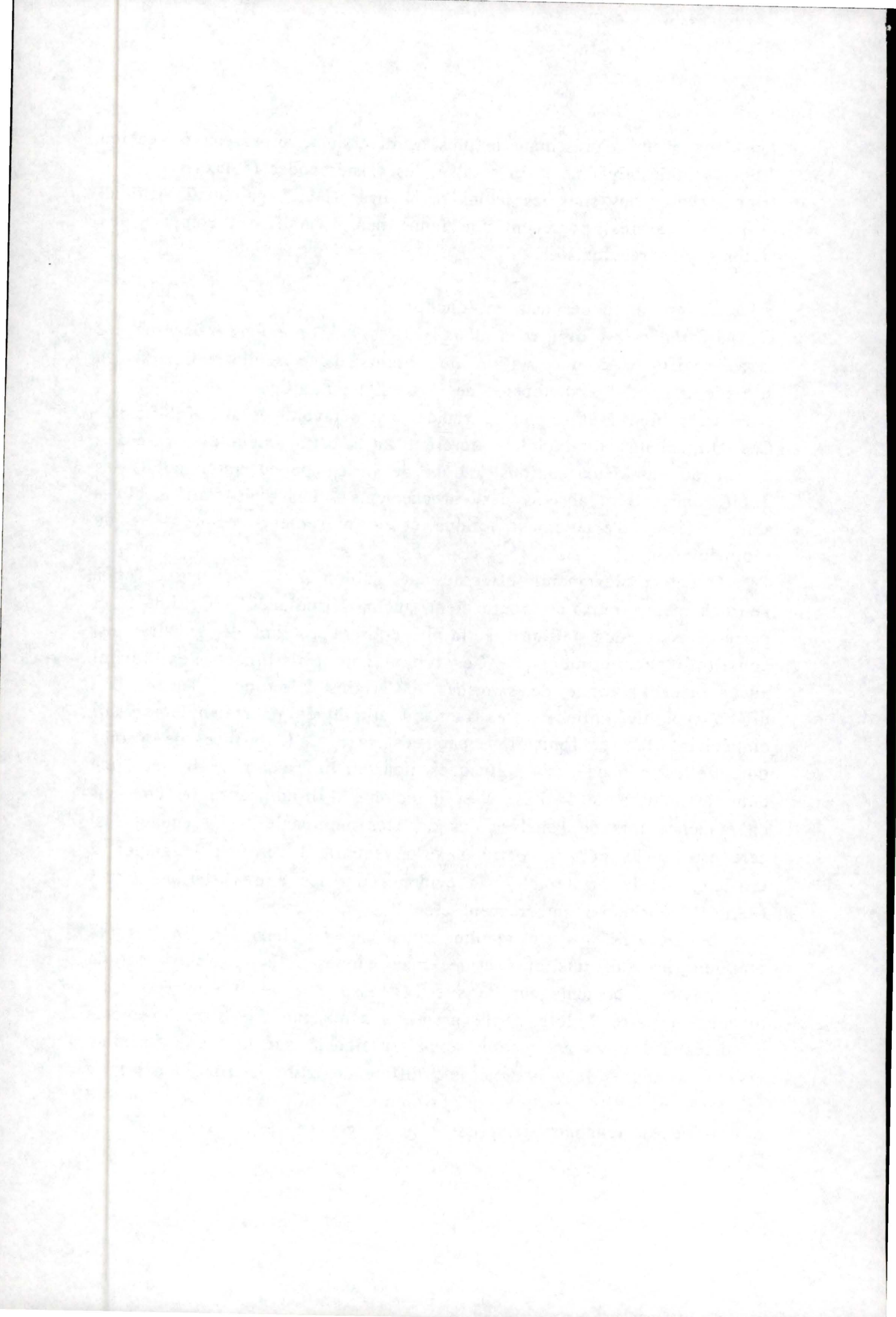
3.3.2.2. Répartition des taxa en fonction des sites .

Ce paragraphe est divisé en deux parties : la première concerne les taxa spécifiques à une station ou absents d'une seule station , la seconde traite des taxa repères de la qualité du milieu .

* Le gabion 1 et le perré 2 rapide sont défavorables aux Tubificidae. Ces Oligochètes limnophiles préfèrent un substrat meuble , vaseux , absent de ces deux stations . Lors de la campagne automnale , les Tubificidae étaient absents des enrochements . Les trois stations citées sont à faciès d'écoulement lotique et ne présentent aucune zone de sédimentation .

* Les prélèvements effectués au gabion 2 , au perré 1 et à l'enrochement creux ne contenaient aucun Hirudinées . Gabion 2 et perré 1 sont des milieux à faible courant , dont le substrat est constitué de sédiments . Ces deux caractéristiques n'expliquent aucunement l'absence de sangsues . Certains Hirudinés s'accommodant de ce type de milieu . Des facteurs abiotiques pourraient intervenir empêchant la recolonisation par ces taxa . L'absence de proies potentielles comme les Mollusques pourrait intervenir . Un parallèle entre le nombre de Mollusque et le nombre d'Hirudinées a pu être mis en évidence lors de l'analyse des données automnales . Cependant , si cela est le cas pour le perré 1 au niveau de l'arbre ou le gabion 2 artificiel , cela ne semble pas évident pour les autres stations citées (Perré 1 souche ou enrochement creux) .

* *Theodoxus* a été récolté au niveau du mur. Ces Mollusques préfèrent les substrats durs et les macrophytes . Ils se nourrissent de microphytes , présents sur ce site . *Theodoxus* avait été récolté au niveau du perré 1 lors de la première campagne . Les prélèvements effectués à l'aide d'un grattoir nous renseignent sur la faune fixée au niveau du mur . Il y a donc une différence entre la zone étudiée en automne et celle étudiée au printemps . Les deux sites où ce Mollusque est rencontré remplissent les exigences de ce taxon .



* Les Sphaeriidae ont été prélevés principalement au perré 2 (5,5 et 6,4 % de la population pour les perré 2 rapide et calme) et au gabion 2 (4,2 % de la communauté) . Le substrat du perré 2 est constitué de blocs et galets . Il s'agit donc de substrat dur et non de substrat meuble (constituant le biotope de ces Mollusques) . Les Sphariidae étaient absents de cette station en automne !

D'un autre côté , Les Sphaeridae sont rhéophiles , pour la plupart . Or le gabion 2 est une station à facies lentique ! Il serait intéressant de pousser la détermination jusqu'à l'espèce pour s'assurer qu'il ne s'agit pas d'espèces moins rhéophiles .

* Les Gammare , Crustacés aux biotopes variés , sont absents du perré 1 arbres et du gabion 2 artificiel . Leur absence du gabion 2 artificiel s'explique par le milieu vaseux et la hauteur d'eau . Les individus récoltés se trouvaient à l'intérieur du substrat , dans la vase. Les Gammare sont présents , en petit nombre au gabion 2 troubleau . Ce prélèvement a été effectué en surface du gabion . Il y a d'avantage d'oxygène . Il est difficile d'expliquer leur absence au niveau du perré 1 .

* *Heptagenia* colonise principalement les gabions 1 artificiels . Ces Ephémères apprécient les cailloux et blocs qui constituent le substrat de cette station .

Le site présente un facies lotique , plus poussé pour le gabion 1 loin , qui comprend deux fois plus d'*Heptagenia* , classés comme les moins rhéophiles des Heptageniidae par BOURNAUD et al. (1984) . En reprenant les observations automnales , il ressort que le gabion 1 et le perré 1(au niveau de la souche) sont bien recolonisés par ce taxon .

* *Baetis* colonise particulièrement le perré 2 rapide (41 individus) et l'enrochement loin (53 individus) . L'intérêt de diviser les berges en différents zones apparaît : ce sont les portions rhéophiles , et constituées de blocs de taille moyenne qui sont intéressantes , alors que les prélèvements de la campagne automnale indiquaient un préférendum généralisé pour le perré 2 et le perré 2 seulement .

* *Caenis* est une Ephémère qui domine la faune sur tous les sites , à l'exception du gabion 2 , du mur et du perré 2 rapide . Ce genre vit sur un substrat constitué de limon sur pierre . Le perré 2 rapide , tout en étant lotique , ne possède aucun milieu de ce type . Le gabion 2 est un milieu vaseux , à facies lentique , défavorable à ces Ephémères . Les prélèvements du mur ont été effectués au grattoir et nous renseignent

sur la faune fixée au mur et non sur celle rencontrée dans la vase au pied de la berge . Les *Caenis* n'ont pas de système de fixation leur permettant de rester sur un milieu sans interstices comme le mur . *Caenis* n'a pratiquement pas été observé en automne . Cette Ephémère a un cycle de vie amenant le stade larvaire aquatique au printemps .

* Les Oligoneuriidae sont présent de façon significative au niveau de l'enrochement creux . Ce milieu leur permet de vivre sous les cailloux et les blocs (il y a une alternance de facies lentique et lotique sur cette partie de berge) .Ces Ephémères n'ont pas été récoltées fin septembre-début octobre .

* Les *Ephemerella* sont présentes sur tous les sites , à l'exception du gabion 2 .

Ce résultat est fonction du facies lentique de ce site , incompatible avec le préférendum de ce genre d'Ephémère .

* Les Séricostomatidae et les Lépidostomatidae colonisent surtout le perré 2 .

Ces deux familles de Trichoptères sont rhéophiles , ayant un biotope constitué de pierres et débris pour le premier et végétation et débris pour le second . Le fait de ne trouver de la végétation qu'au niveau de la base du perré rapide explique la présence de Lépidostomatidae (22 individus) sur cette portion de berge , seulement . La méthode de récolte (par habitats) complète les données automnales en expliquant la présence de taxa en fonction de la flore ou de facteurs abiotiques autres que la technique employée .

* Les Hydropsychidae , peu présents en automne , ont été prélevés en plus grand nombre au gabion 1 loin (16 individus soit 4 % du nombre d'individus récoltés) , perré 2 rapide (49 individus soit 6,7 % de la faune) et enrochement arbres (11 individus soit 3 % de la communauté) . Le dénominateur commun de ces station est le faciès d'écoulement lotique . Le substrat du perré 2 rapide et du gabion 1 est constitué de galets , pierres , ce qui correspond aux besoins de cette famille de Trichoptère.

L'enrochement arbres , moins recolonisé que les deux autres , comprend quelques galets , et un sol humide (situé autour des quatre arbres) . La composition différente du substrat peut expliquer la moindre recolonisation du site .

* Les Rhyacophilidae se trouvent principalement au perré 2 rapide et à l'enrochement loin . Ces Trichoptères rhéophiles apprécient le substrat dur qui constitue ces deux milieux .

* Les Psychomyidae sont rencontrés sur tous les sites , à l'exception du gabion 2 , perré 1 arbre . On peut expliquer la différence entre perré 1 arbre (aucun individu) et perré 1 souche (4 individus) par la présence de bois , constituant le biotope de cette famille , avec les substrats durs , dans la zone inférieure de la berge . Le gabion 2 est un site lentique défavorable à ce Trichoptère rhéophile.

* Les Elmidae sont peu représentés (voir absents) des gabions , perré 1 arbre et mur . Ces Coléoptères sont rhéophiles (cela explique leur quasi absence du gabion 2) et vivent sous les pierres , les mousses . Leur petit nombre au niveau du gabion 1 et du perré 1 arbres est une conséquence de la faible recolonisation par la végétation de la base de la berge . Ces observations confirment les résultats de la campagne automnale .

* Les Empididae , Diptères rhéophiles , colonisent l'enrochement , le perré 1 souche et le perré 2 rapide . Ces individus ont besoin d'un substrat dur , qui est présent aux trois stations . Cette famille de Diptère est absente en automne .

* Les Chironomidae sont absents de l'enrochement arbres . Il est quasi impossible d'expliquer cela . Ni les caractéristiques du milieu , ni la présence d'un autre taxon ne nous permette d'expliquer cette absence .

* Les Limoniidae , absents des gabions , ont été récoltés principalement au niveau du perré 2 rapide , confirmant les observations de la première campagne. Ces Diptères rhéophiles vivent sur des substrats meubles . Or le perré 2 rapide ne comprend aucune zone à substrat meuble ! Les seuls microhabitats rencontrés sur ce site et pouvant correspondre au préférandum de ce taxon seraient le substrat au pied des *Phalaris arundinacea* . Un "substrat meuble" est observé au niveau des racines , dans la moitié protégée du courant .

* Les Aphelocheiridae , absents en automne , colonisent les fonds pierreux et les macrophytes . Ces Hétéroptères rhéophiles sont principalement récoltés au perré 2 rapide . Ce site correspond au préférandum de ce taxon .

* Deux Odonates ont été récoltés . Un Coenagrionidae au niveau du gabion 2 et Calopteryx au niveau du perré 1 souche .

Un seul individu de chaque taxon ayant été récolté , il est difficile d'interpréter leur présence .

La deuxième partie de ce paragraphe concerne les taxa repères de la qualité du milieu . La liste de ces taxa se trouve dans les discussions sur les données automnales au 3.3.1.2.

Un taxon de la classe sept a été prélevé sur deux sites : Leptophlebiidae . Cette famille d'Ephémère est rencontrée au niveau du gabion 1 et de l'enrochement loin . Il s'agit de zone lotique , dont le substrat est constitué de galets et enrochement moyen . Le perré 2 est recolonisé par de la végétation (*Phalaris arundinacea*) . Parmi les taxa de la classe six , trois sont présents :

* Des Lepidostomatidae sont présents au niveau du perré 2 rapide et de l'enrochement arbres .

* Des Sericostomatidae ont été récoltés au niveau du perré 2 (perré 2 rapide et perré 2 calme) .

* Des *Heptagenia* ont colonisé le gabion 1 , le perré 1 souche et l'enrochement en général .

Des individus de la classe cinq ont été récoltés au gabion 1 près , au gabion 2 troubleau , au perré 2 rapide et à l'enrochement global .

* Des Limnephilidae se trouvent au gabion 1 près et au gabion 2 troubleau .

* Des Rhyacophilidae ont colonisé le perré 2 rapide et l'enrochement. Les taxa repères de la classe quatre sont présents sur tous les sites à l'exception du mur .

* Les Leptoceridae au niveau de gabion 2 troubleau et de l'enrochement loin

* Les Polycentropodidae au gabion 1 , au gabion 2 artificiel et à l'enrochement arbres

* Les Psychomyidae au perré 2 , au perré 1 souche , à l'enrochement loin et creux .

* Les Ephemerellidae sont présents partout à l'exception du gabion 2. Le mur est par conséquent colonisé par des taxa de classe quatre .

Voici un tableau synthétique de ces réflexions :

classe 7	classe 6	classe 5	classe 4
gabion 1	perré 2 rapide	gabion 2 troubleau	gabion 2 art.

Figure 60 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques du gabion 1 loin lors de la campagne printanière.

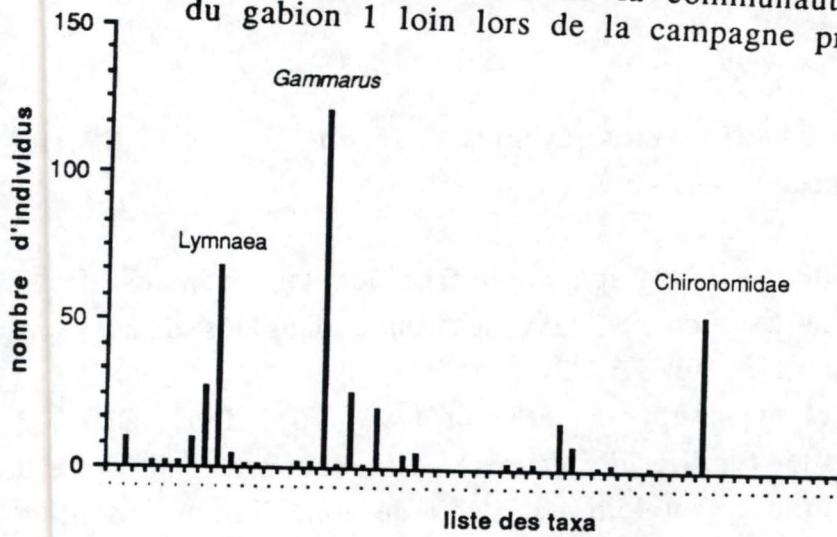


Figure 61 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du perré 1 souche lors de la campagne printanière.

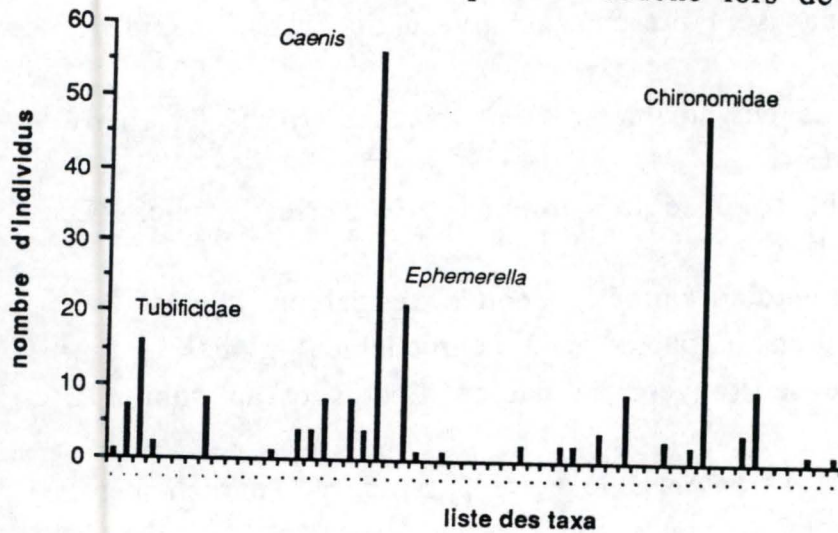
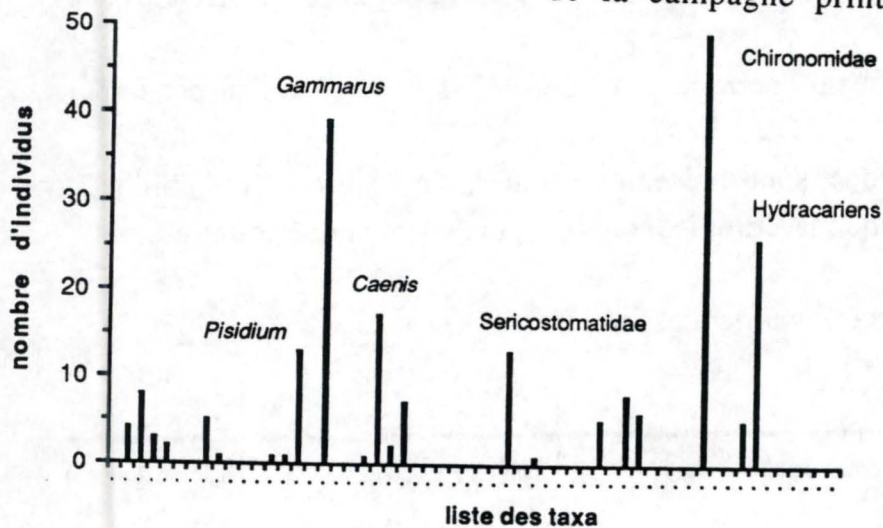


Figure 62 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques du perré 2 calme lors de la campagne printanière.



enrochement loin		enrochement arbres		mur
		perré 2 calme		perré 1 arbres
		perré 1 souche		
		enrochement creux		

3.3.2.3. Analyse de la structure des communautés de macroinvertébrés .

Pour chaque site existe un diagramme donnant le nombre d'individus de chaque taxa prélevé lors de la campagne printanière . Les diagrammes ne sont pas à la même échelle de façon à mettre en évidence les dominances , même dans le cas où le nombre d'individus récoltés est faible .

* Le gabion 1 .(figure 60) La faune au niveau du gabion 1 artificiel est dominée par les Gammarens , les Chironomidae et les *Lymnaea* . Le substrat placé plus en aval , et donc éloigné du cône d'enrochement (milieu plus lotique) , comprend une population pour laquelle la dominance des Chironomidae est moindre . La faune y est d'avantage homogène , avec la présence d'*Heptagenia* , *Ancylus* , *Caenis* et Hydropsychidae . Parmi ces taxa , seul *Caenis* préfère les limons sur pierre aux substrats durs .

* Le gabion 2 . Il est difficile d'interpréter le diagramme concernant le gabion 2 artificiel en raison du faible nombre d'individus récoltés . Cependant il y aurait une différence au niveau de la faune rencontrée au sein du gabion et celle en périphérie de celui-ci . En effet , la faune récoltée à l'intérieur du gabion , consiste en Chironomidae , *Asellus* , Polycentropodidae et Lumbriculidae alors que celle prélevée en périphérie des gabions comprendrait les Lumbriculidae , Naididae et Chironomidae .

* Le perré 1 . (figure 61) Les prélèvements effectués à cette station renseignent une faune dominée par *Caenis* , *Ephemerella* et les Chironomidae . Un autre taxon les accompagne , surtout au niveau de la souche d'arbre : Les Tubificidae . Ce milieu comprend des zones de sédimentation , plus favorables à ces Oligochètes .

Ephemerella , vivant sur des macrophytes , est d'avantage présente au niveau de la souche .

* Le perré 2 . (figures 62 et 63) Les diagrammes concernant ce site montrent une dominance des Gammarens , Chironomidae , plus nette

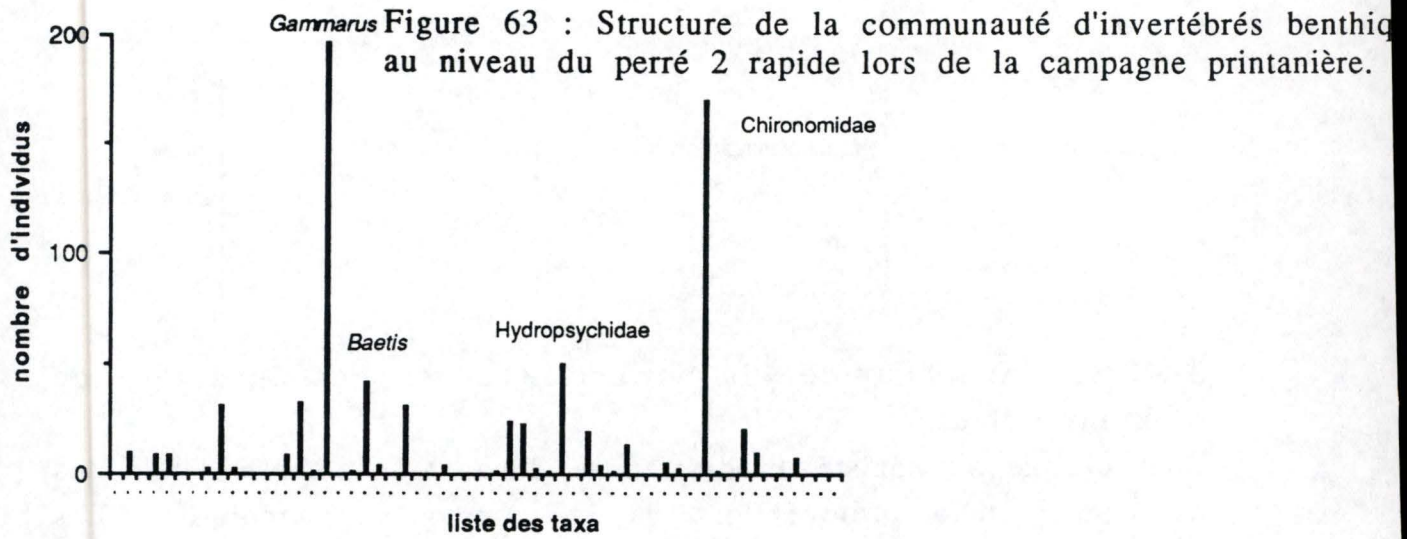


Figure 64 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau de l'enrochement loin lors de la campagne printanière.

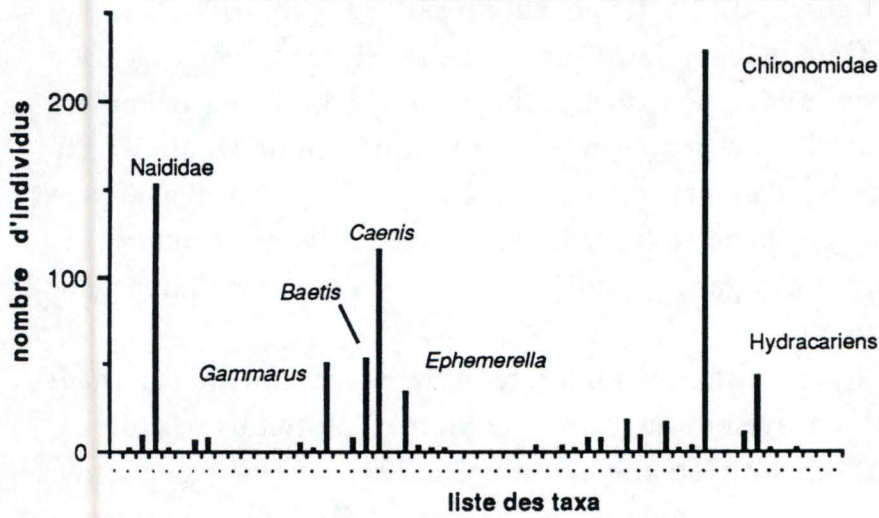
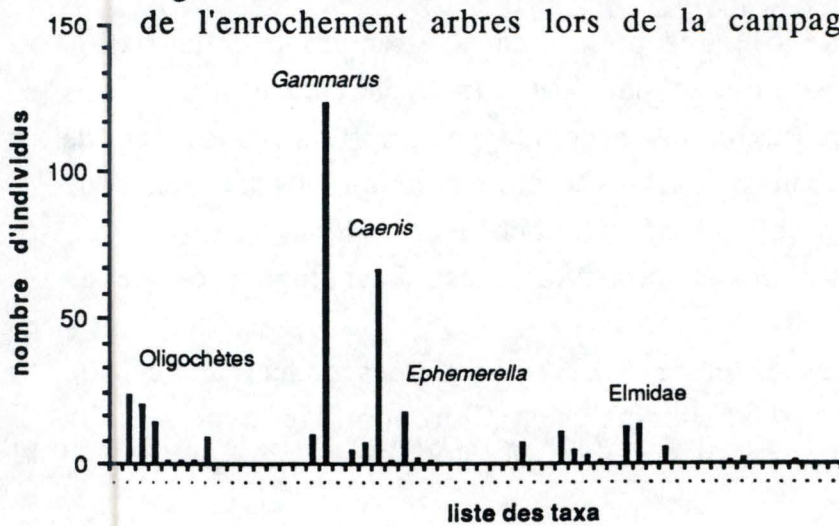


Figure 65 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques de l'enrochement arbres lors de la campagne printanière.



dans la portion recolonisée (perré 2 rapide) . D'autres taxa occupent une place importante au niveau de cette portion de berge . Il s'agit d'Hydropsychidae , *Baetis* , *Lymnaea* , *Pisidium* et *Ephemerella* .

Le préférendum de ces différents taxa comprend à la fois un substrat meuble (*Pisidium*) , dur (*Baetis*) ou des macrophytes (*Lymnaea*) .

Cette diversité dans les biotopes typiques des taxa dominant peut s'expliquer par la présence de *Phalaris arundinacea* sur une partie de la berge , et de blocs sur son ensemble .

* L'enrochement . (figures 64 et 65) Un taxon ,*Caenis* , domine la faune de ce site , au niveau de toutes les parties de la station . Deux zones de la berge présentent un diagramme similaire : enrochement creux et enrochement loin . La population y est dominée par *Caenis* , Naididae et Chironomidae .

Au niveau de l'enrochement loin , d'autres taxa semblent occuper un place également importante . Ces taxa sont les Gammares , *Baetis* et *Ephemerella* .

Ces trois taxa ont un préférendum varié (cailloux pour *Baetis* et macrophytes pour *Ephemerella*) .

C'est au niveau de la zone autour des arbres qu'existe une faune dominée par *Caenis* et les Gammares .

On peut remarquer que les Elmidae apparaissent sur toutes les parties de cette berge .

* En raison du faible nombre de taxa récoltés (6 taxa) , il est difficile d'établir une structure de la communauté du mur avec les éléments dominants . Les deux taxa occupant la plus grande partie de l'échantillon sont *Theodoxus* et les Chironomidae . *Theodoxus* se nourrit d'algues , diatomées , et vit sur les pierres et rochers , ou rampe sur le fond . Les Chironomidae sont très peu exigeants quant au substrat et recolonisent tous les sites .

Le tableau suivant synthétise les données de ce paragraphe .

Enrochement creux	<i>Caenis</i>	+ <u>Chironomidae</u>	+ Naididae
loin	<i>Caenis</i>	+ <u>Chironomidae</u>	+ Naididae
arbres	<i>Caenis</i>	+ Gammares	+ ...
Gabion 1 près	Gammares	+ <u>Chironomidae</u>	+ <i>Lymnaea</i>
loin	Gammares	+ <u>Chironomidae</u>	+ <i>Lymnaea</i> + ...
Gabion 2 artificiel	Lumbriculidae	+ reste	

	troubleau	Lumbriculidae	+ <u>Chironomidae</u>	+ Naididae
Perré 1	arbres	<i>Caenis</i>	+ <u>Chironomidae</u>	+ <i>Ephemerella</i>
	souche	<i>Caenis</i>	+ <u>Chironomidae</u>	+ <i>Ephemerella</i>
				+ Tubificidae
Perré 2	calme	Gammarès	+ <u>Chironomidae</u>	+ <i>Caenis</i> + ...
	rapide	Gammarès	+ <u>Chironomidae</u>	
Mur		<u>Chironomidae</u>	+ <i>Theodoxus</i>	

Globalement , la communauté est dominée par les Chironomidae (ils sont renseignés 10 fois sur les 12 sites comme taxon dominant) , *Caenis* (6 fois sur 12) et les Gammarès (5 fois sur 12) . Les Chironomidae sont des taxa repères de classe 1 , les Gammarès de classe 2 et les *Caenis* de classe 3 .

On peut remarquer que le perré 1 est dominé par *Caenis* et *Ephemerella* . Ces deux taxa sont , parmi les taxa dominants , ceux qui sont le plus sensibles à la qualité du milieu .

3.3.2.4. Comparaison de la proportion des différents groupes au niveau des stations étudiées .

Les groupes étudiés sont les Oligochètes , Mollusques , Gammarès , Ephémères , Trichoptères et Diptères . Ces groupes reprennent la majorité des taxa .

Ce type d'analyse est dans beaucoup de cas redondant avec le précédent . En effet , les communautés dominées par un ou deux taxa présentent des diagrammes le confirmant . Le groupe reprenant le taxon dominant est le plus important . Exemple : une faune dominée par des Chironomidae présentera des diagrammes renseignant une dominance de Diptères .

Seuls les diagrammes apportant un renseignement supplémentaire seront envisagés .

* Le gabion 2 . La faune de cette station est dominée par les Oligochètes , Lumbriculidae et Naididae (entre 45 et 55 % de la faune) et les Diptères (13 et 36 %) , Chironomidae . La proportion accordée aux Trichoptères (13 %) dans le substrat artificiel peut s'expliquer de deux façons :

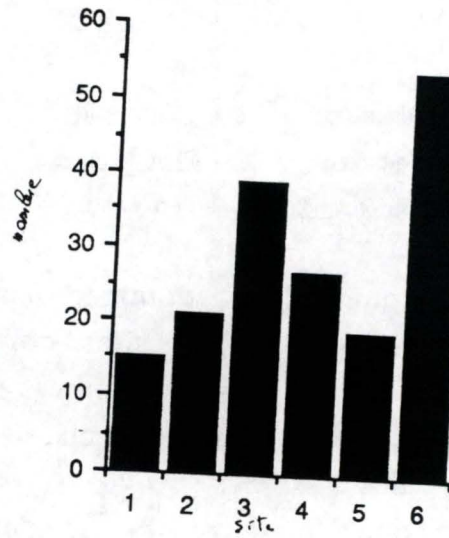


Figure 66 : Proportions de divers groupes taxonomiques au niveau du perré 2 calme lors de la campagne printanière.

- | | | | |
|---|--------------|---|------------|
| 1 | Oligocheètes | 4 | Ephémères |
| 2 | Mollusques | 5 | Amphipodes |
| 3 | Trichoptères | 6 | Diptères |

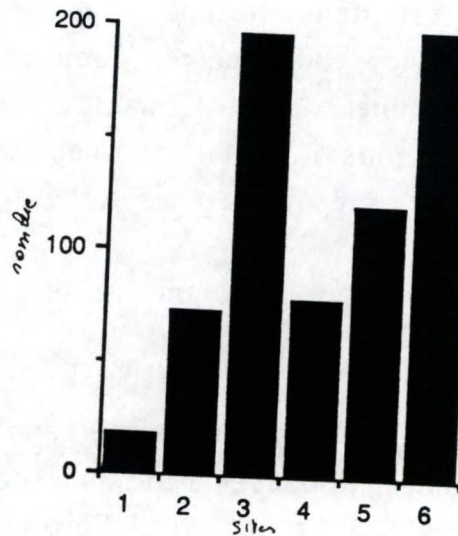


Figure 66' : Proportions de divers groupes taxonomiques au niveau du perré 2 rapide lors de la campagne printanière.

Le substrat artificiel nous renseigne sur la faune présente à l'intérieur du gabion . Il y aurait d'avantage de Trichoptères (Polycentropodidae) à ce niveau qu'à la périphérie du gabion .

Les problèmes rencontrés lors de la sortie de l'eau du substrat artificiel ont provoqué la perte des individus bon nageurs , dont les capacités de déplacement sont importantes . Les Trichoptères sachant moins facilement quitter le substrat sont restés à l'intérieur , entraînant une surestimation de leur importance dans la faune .

* le perré 1 . Les deux parties du site , au niveau de l'arbre et au niveau de la souche , présentent un diagramme similaire. La population est dominée par les Ephémères (56 % pour perré 1 arbres et 40 % pour perré 1 souche) *Caenis* et *Ephemerella* , Diptères (20 et 25 %) , Chironomidae , et Oligochètes (17 et 11 %). La faune est plus diversifiée au niveau de la souche avec la présence de Mollusques (6 % de la faune) , Gammars (3 % de la faune) et Trichoptères (4 % de la faune pour 1 % au niveau du perré 1 arbre) . Montrer ces deux diagrammes est intéressant car cela permet de visualiser la différence de diversité faunistique entre les deux portions de berges .

* Le perré 2 .(figures 66 et 66') La faune est dominée par les Diptères (25 et 27 % pour respectivement le perré 2 calme et le perré 2 rapide) et les Gammars (18 et 27 %). Cependant quelques différences existent entre les deux portions de berge , différences qui sont mises en évidence avec ces diagrammes . Les Trichoptères (Hydropsychidae , Sericostomatidae , Lepidostomatidae , Rhyacophilidae) occupent une place plus importante au niveau du perré 2 rapide (17 % contre 9 % pour le perré 2 calme) . La faune du perré 2 calme comprend moins de Gammars . Les Trichoptères cités préfèrent les substrats durs , présents au perré 2 rapide , alors que les deux Ephémères vivent sur un substrat constitué de sable , limon sur pierre (milieu rencontré d'avantage en zone plus calme) .

* Ce traitement des données n'apporte rien de nouveau pour les gabions 1 , l'enrochement et le mur .

3.3.2.5. Importance de la recolonisation de différents sites par un groupe taxonomique défini .

Ces groupes reprennent l'ensemble des taxa récoltés lors de la campagne de prélèvement : Diptères , Amphipodes , Mollusques ,

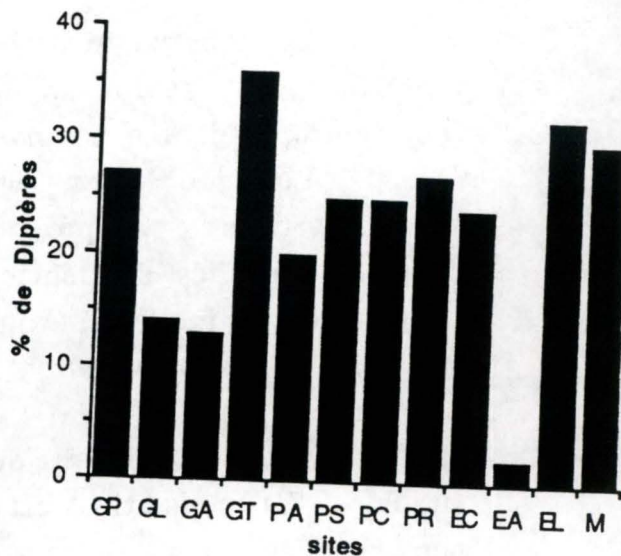
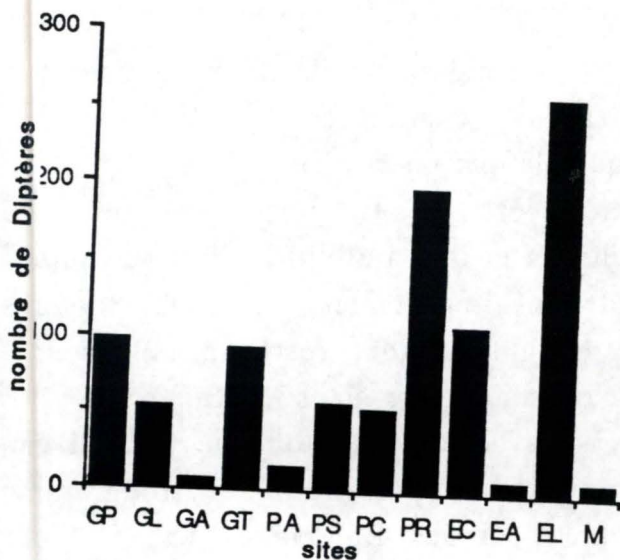


Figure 67 : Nombre de Diptères récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 68 : Comparaison des proportions de Diptères aux différents sites lors de la campagne printanière.

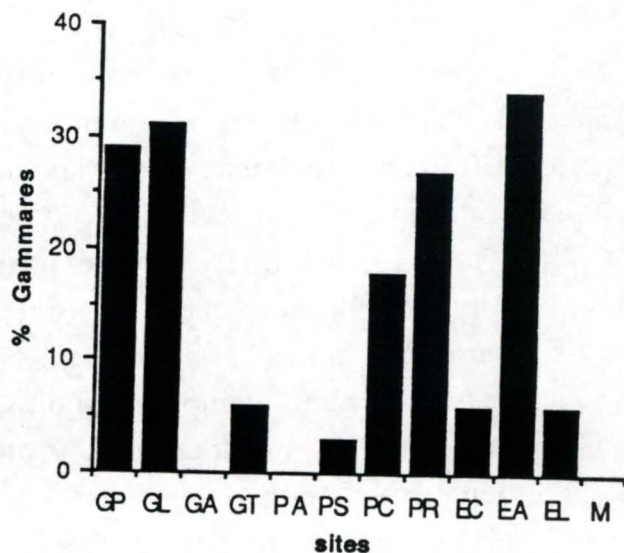
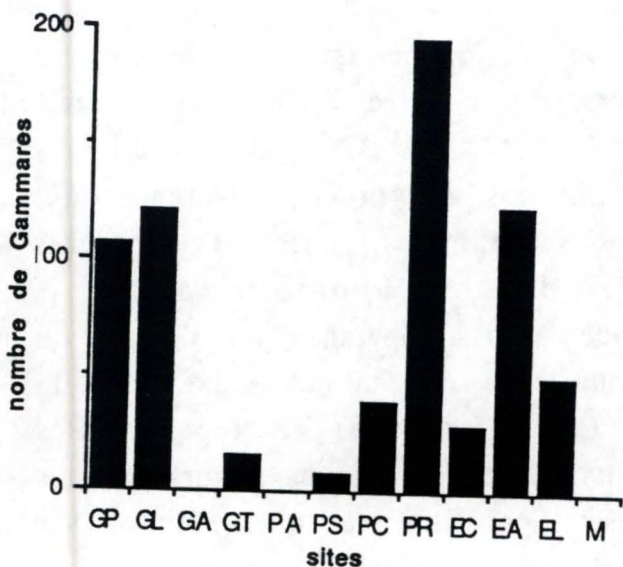


Figure 69 : Nombre d'Amphipodes récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 70 : Comparaison des proportions d'Amphipodes aux différents sites lors de la campagne printanière.

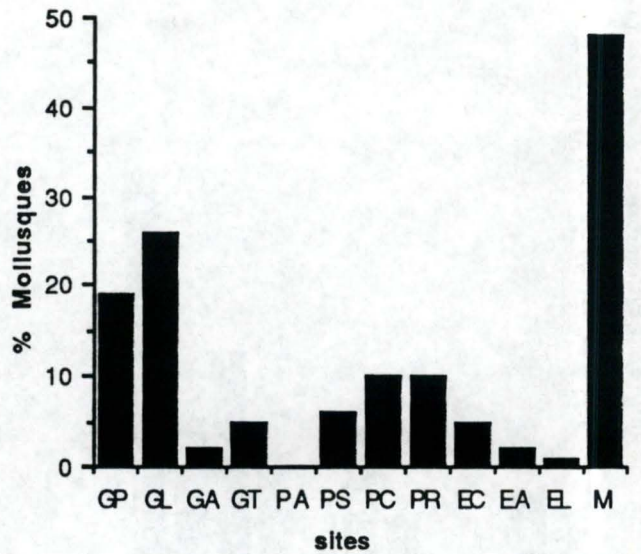
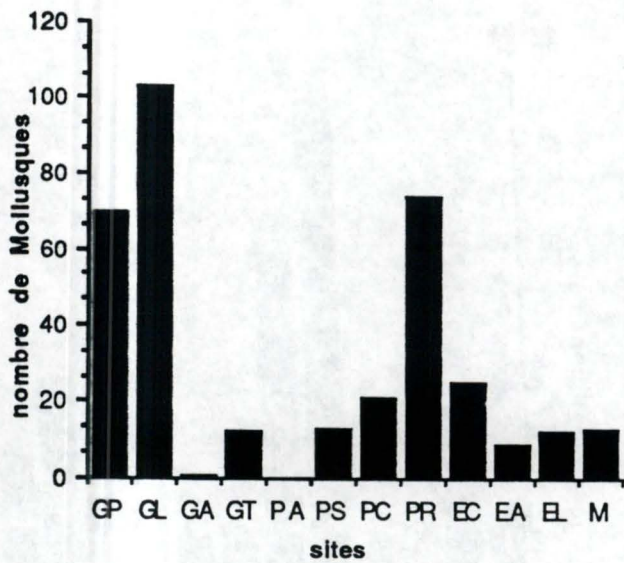


Figure 71 : Nombre de Mollusques récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 72 : Comparaison des proportions de Mollusques aux différents sites lors de la campagne printanière.

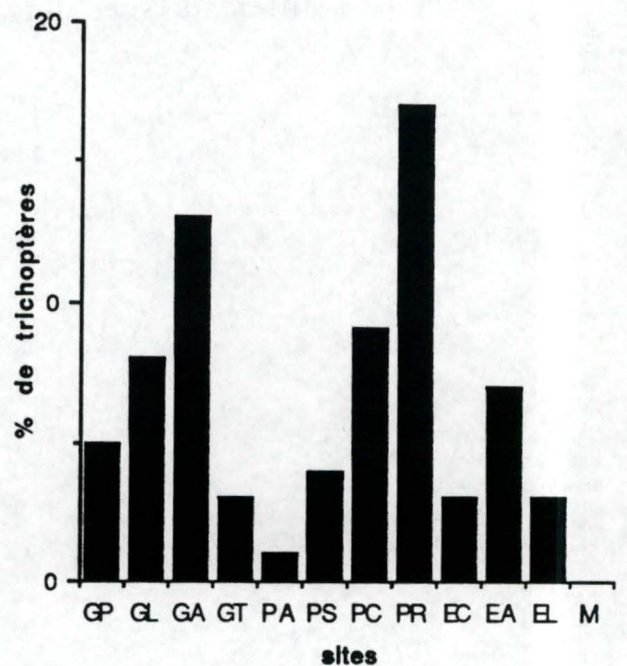
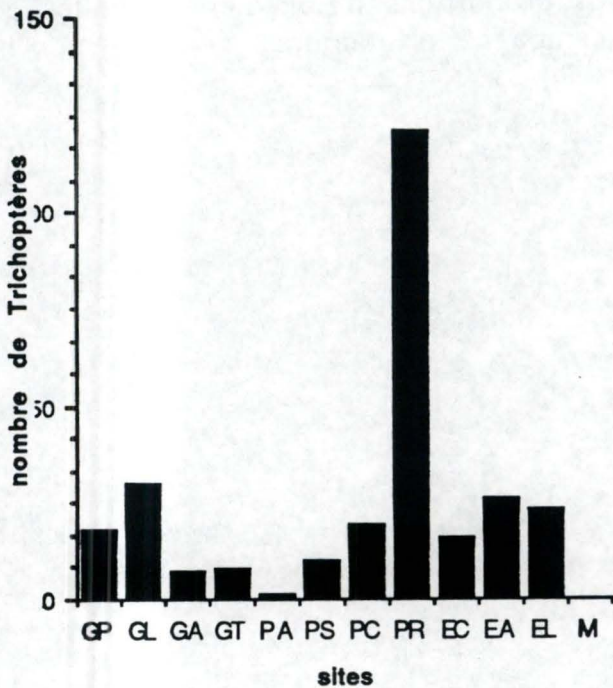


Figure 73 : Nombre de Trichoptères récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 74 : Comparaison des proportions de Trichoptères aux différents sites lors de la campagne printanière.

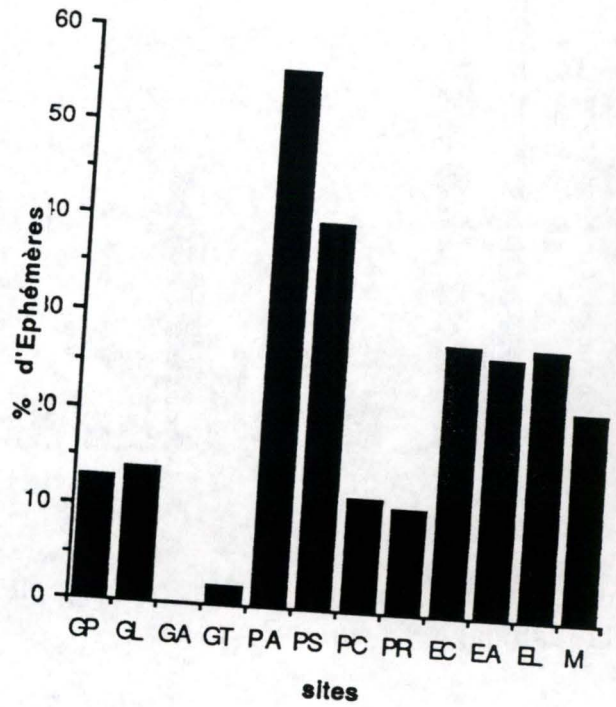
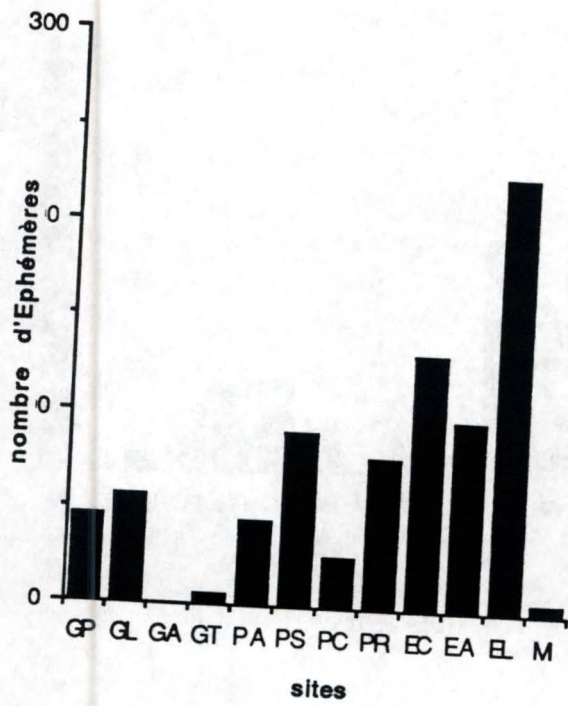


Figure 75 : Nombre d'Ephémères récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 76 : Comparaison des proportions d'Ephémères récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

Trichoptères , Ephémères , Oligochètes , Isopodes , Coléoptères , Hémiptères , Hirudinées .

a. Les Diptères : (figures 67 et 68) Un site se différencie nettement des autres: l'enrochement arbres . En effet , les Diptères n'occupent que 2 % de la faune ! La plupart des autres stations présentent une faune dont une partie comprise entre 24 et 36 % consiste en Diptères . La faune du gabion 1 loin et du gabion 2 artificiel comprend 14 et 13 % de cet ordre d'insecte . Les sites les plus favorables sont le gabion 2 en périphérie , G2T , (36 %) , l'enrochement loin (32 %) et le mur (30 %) . Si l'on s'intéresse au nombre d'individus récoltés , l'enrochement loin (site le plus recolonisé , cfr 3.3.2.1.) arrive devant le perré rapide , second site le plus recolonisé .

b. Les Amphipodes : (figures 69 et 70) Quatre stations sont occupées par une proportion importante de ces Crustacés . L'enrochement arbres (34 %), le gabion 1 loin (31 %) , le gabion 1 près (29 %) et le perré 2 rapide (27 %) . Le dénominateur commun de ces sites est le faciès lotique . La station ayant le plus grand nombre de Gammarus est le perré 2 rapide .

c. Les Mollusques : (figures 71 et 72) Le gabion 1 est particulièrement colonisé . Le gabion 1 loin présente une faune comprenant 26 % de Mollusques , dont 54 % de *Lymnaea* .

La faune d'une autre station en comprend beaucoup (48 %) . Il s'agit de celle du mur . Le perré 2 rapide , avec 10 % de Mollusques , est le site en présentant le plus grand nombre (surtout des *Lymnaea*) .

d. Les Trichoptères : (figures 73 et 74) C'est au niveau du perré 2 rapide que l'on rencontre le plus de Trichoptères (121 individus représentant 17 % de la faune) . Les Hydropsychidae , avec 49 individus , représentent 40 % d'entre eux . Le cas du gabion 2 artificiel avec ses 13 % a été traité précédemment .

Deux sites semblent être défavorables : perré 1 arbres et mur .

e. Les Ephémères : (figures 75 et 76) Le perré 1 arbre est le site le plus recolonisé , avec 56 % de la faune ! *Caenis* est le taxon qui domine ces Ephémères . Il semble que le perré 1 soit favorable à ce groupe . La seconde portion de berge , perré 1 souche , présente 40 % d'Ephémères . On peut remarquer la similitude entre les trois parties d'enrochement . Les Ephémères représentent 28 % des prélèvements . La valeur pour le mur est due à la présence de 4 *Caenis* et de 2 *Baetis* !

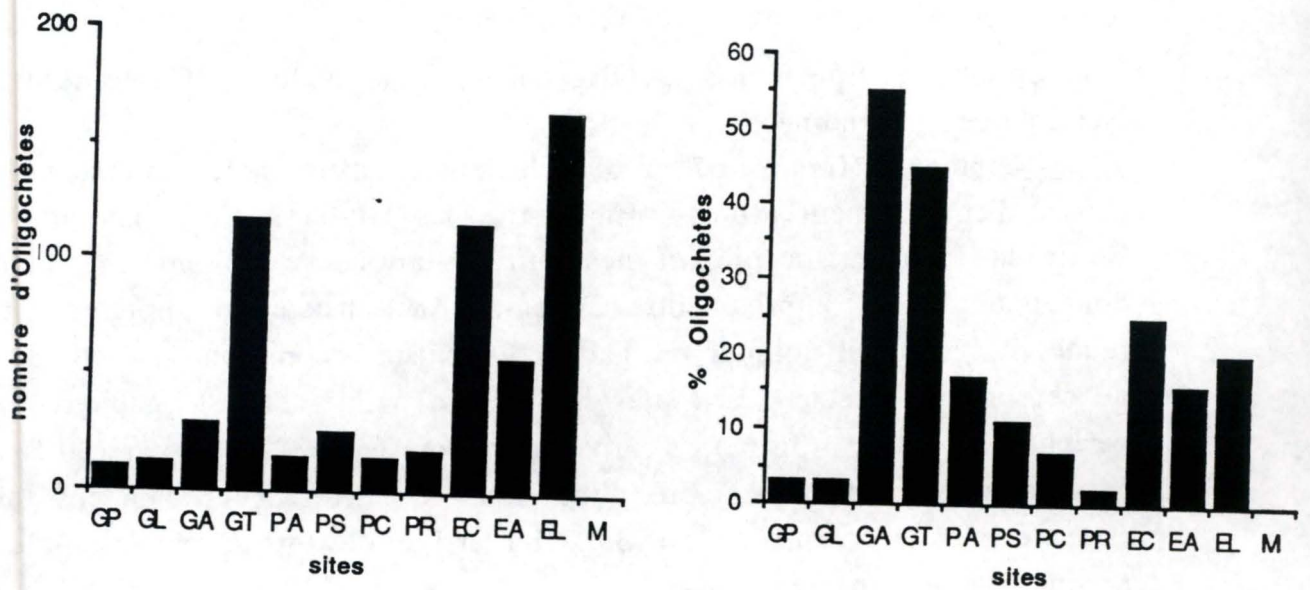


Figure 77 : Nombre d'Oligochètes récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 78 : Comparaison des proportions d'Oligochètes aux différents sites lors de la campagne printanière.

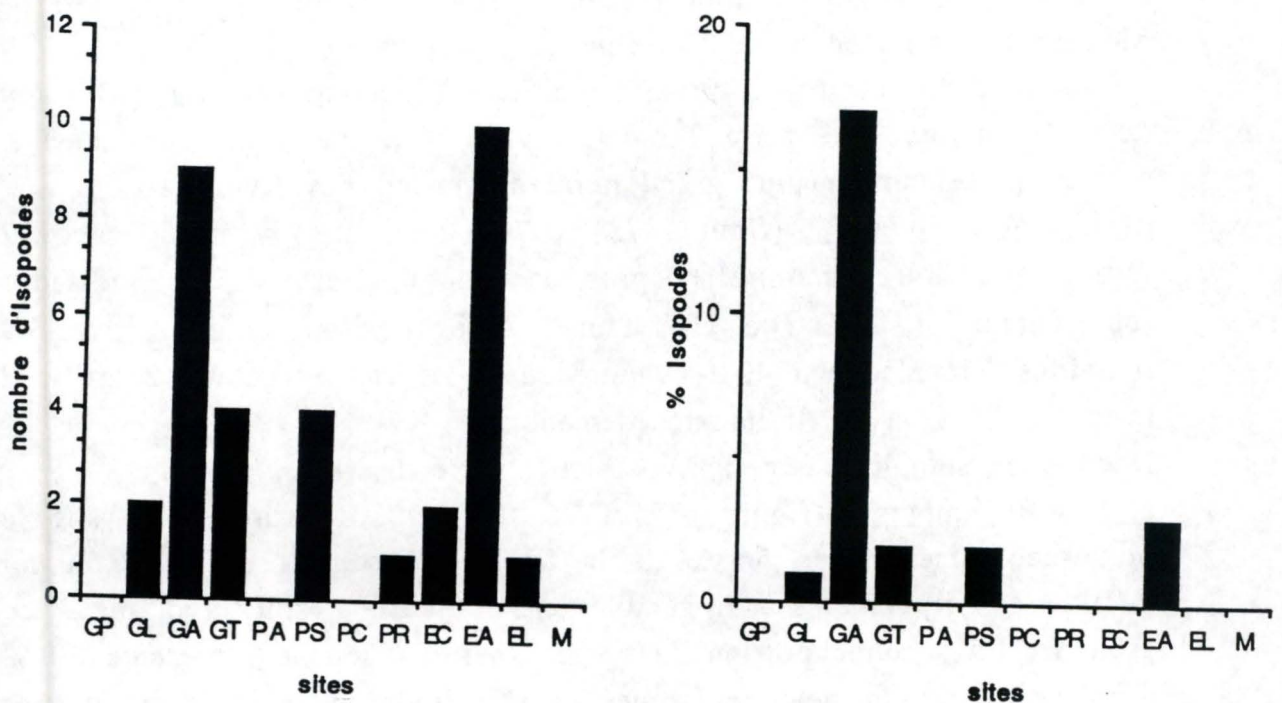


Figure 79 : Nombre d'Isopodes récoltés aux différents sites lors de la campagne printanières

Figure 80 : Comparaison des proportions d'Isopodes aux différents sites lors de la campagne printanière.

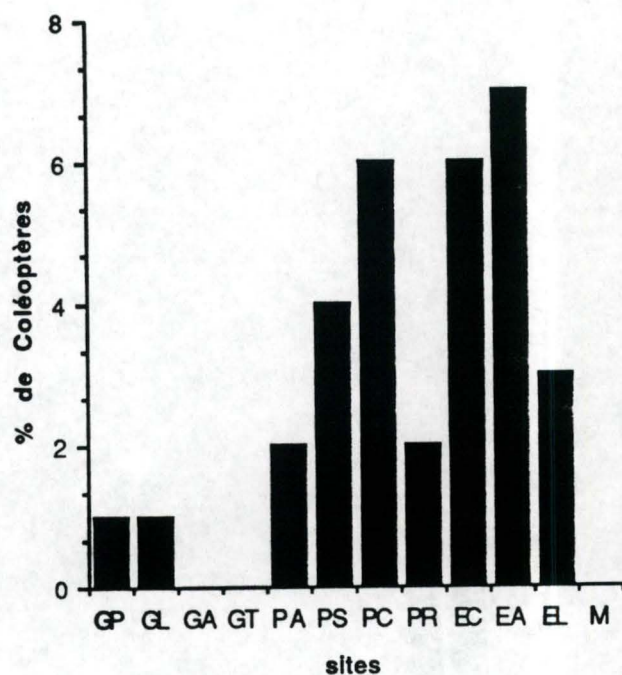
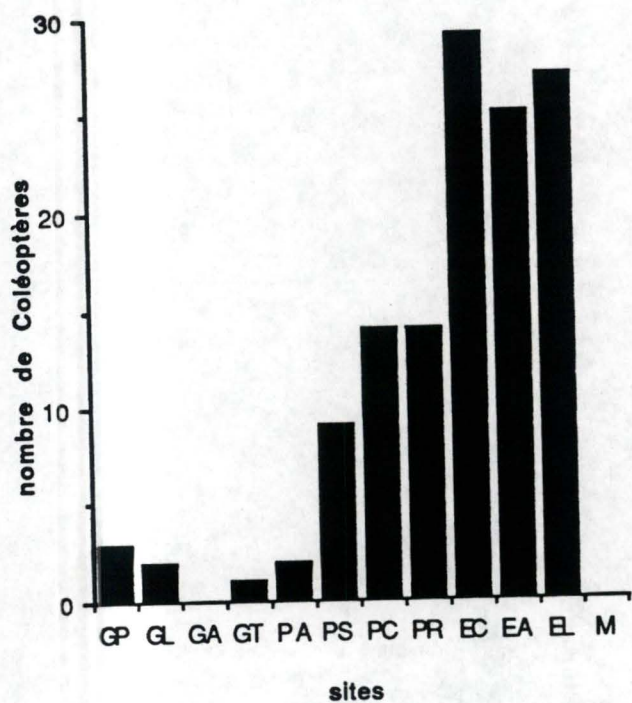


Figure 81 : Nombre de Coléoptères récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 82 : Comparaison des proportions de Coléoptères aux différents sites lors de la campagne printanière.

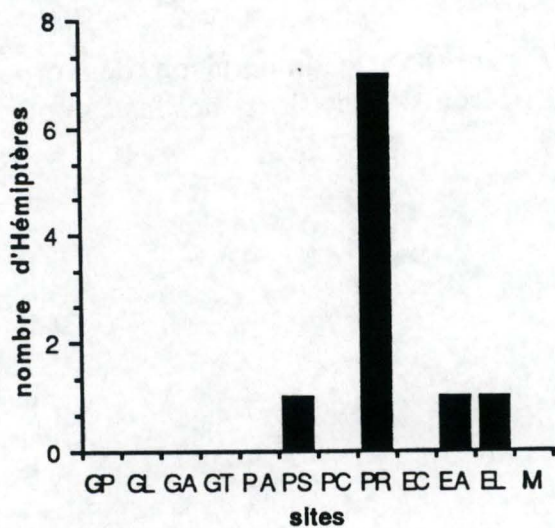


Figure 83 : Nombre d'Hémiptères récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

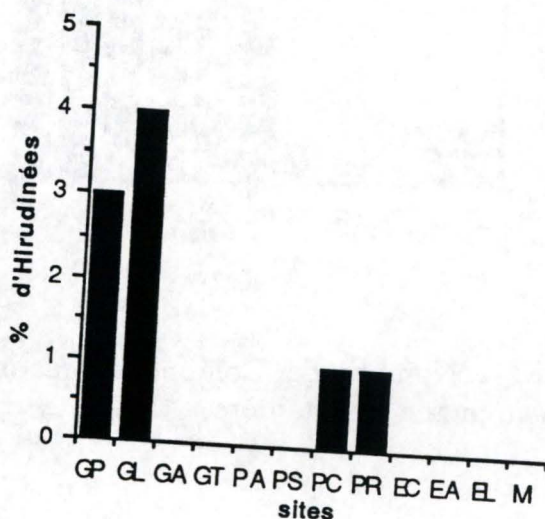
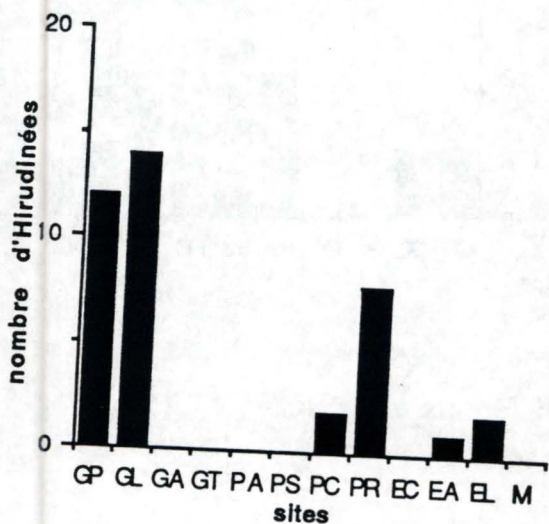


Figure 84 : Nombre d'Hirudinées récoltées aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 85 : Comparaison des proportions d'Hirudinées aux différents sites lors de la campagne printanière.

A l'opposé , le gabion 2 (0 et 2 %) est le seul site très défavorable . Il s'agit d'un milieu lentique , vaseux , peu recolonisable par des taxa vivant sur des blocs , cailloux ...

f. Les Oligochètes : (figures 77 et 78) Le diagramme concernant ce groupe montre la place importante prise par les Oligochètes au gabion 2 (55 et 45 %) . Ce résultat est fonction du milieu vaseux , idéal pour des taxa limnophiles et limnivores . Quelques sites sont peu recolonisés : le mur (0 %), le perré 2 rapide (2 %), le gabion 1 (3 %) et le perré 2 calme (7 %) . Les trois premiers sites n'ont aucune zone à substrat meuble , vitale pour les Oligochètes .

g. Les Isopodes : (figures 79 et 80) Ce taxon colonise surtout le gabion 2 artificiel (17 % de la faune) . Ce groupe représente un pourcentage faible , entre 0 et 3 , de la population des autres stations .

h. Les Coléoptères : (figures 81 et 82) Ils sont quasi absents des gabions et du mur (entre 0 et 1 %) .

C'est au niveau de l'enrochement arbre (7 %) , de l'enrochement creux (6 %) et du perré 2 calme (6 %) qu'ils sont les plus représentés . Selon le nombre d'individus récoltés , un type de berge semble être le plus favorable : l'enrochement . En effet les récoltes réalisées sur ces trois parties de berge contenaient entre 25 et 29 individus .

i. Les Hémiptères : (figure 83) Le nombre d'Hémiptères récolté est très faible : un maximum de 7 individus récoltés . Le perré 2 rapide semblerait permettre une meilleure recolonisation par ces insectes , qui ne représenteraient que 1 % de la faune .

j. Les Hirudinées : (figure 84 et 85) Les gabions 1 artificiels sont les sites contenant le plus de sangsues . Ce taxon représente 3 et 4 % de la faune du gabion 1 près et du gabion 1 loin . Les Hirudinés ne représentent que 1 % de la faune du perré 2 . Ce groupe est absent ou peu représenté aux autres stations .

3.3.2.6. Comparaison de groupes fonctionnels au niveau des différents sites .

Le tableau de référence donnant les modes nutritionnels des différents taxa se trouve au 3.3.1.6.

gabion 1 : (figures 86 et 87) les diagrammes des deux régions sont similaires : dominance de broyeur omnivores (Gammare) et de brouteurs . Cependant , on peut remarquer un plus grand nombre de racleurs dans le gabion placé en milieu moins lentique (G1P) et un

Figure 86 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du gabion 1 près.

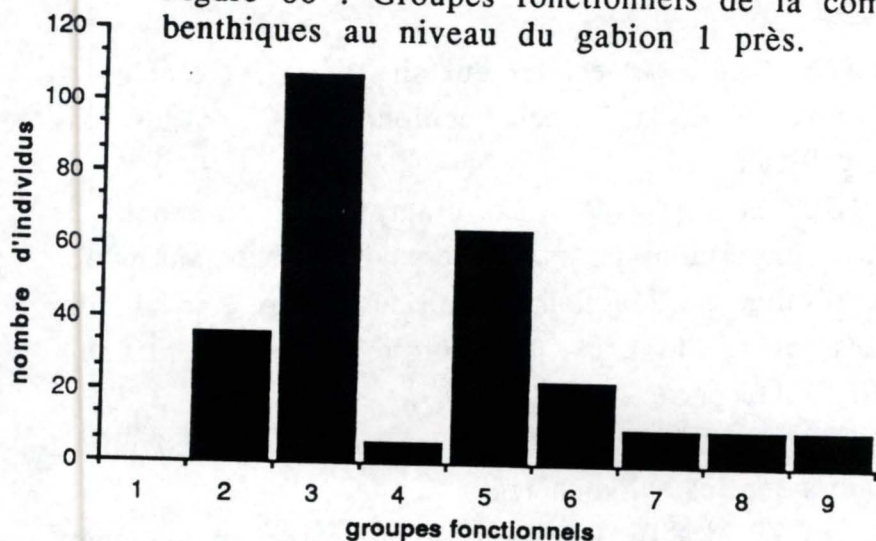
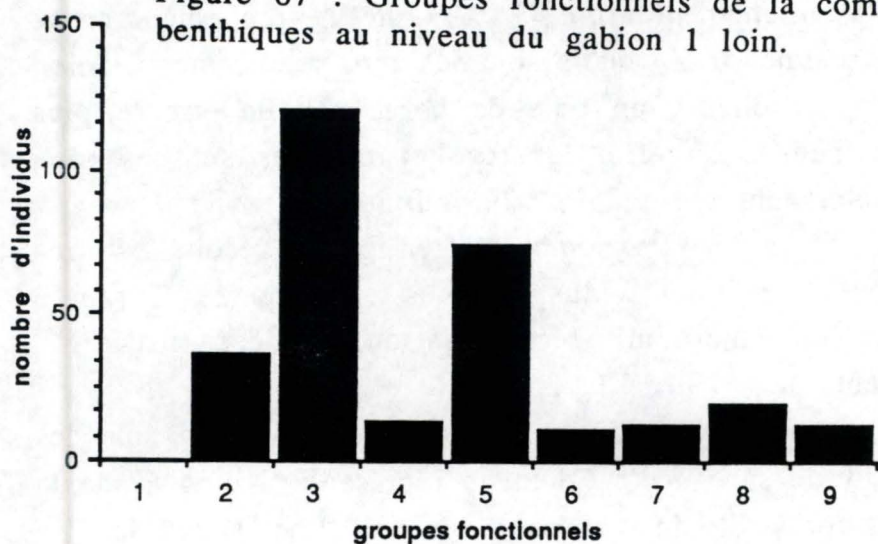


Figure 87 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du gabion 1 loin.



Légende :

-
1. broyeur herbivores
 2. broyeur détritivores
 3. broyeur omnivores
 4. broyeur carnivores
 5. brouteurs de substrat
 6. racleurs de substrat
 7. limnivores
 8. filtreurs
 9. suceurs

Figure 90 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du perré 1 arbres.

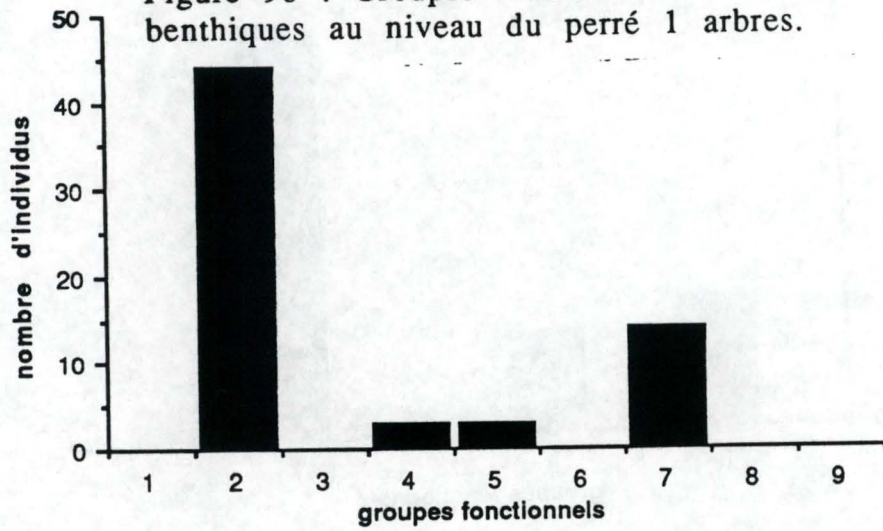


Figure 91 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du perré 1 souche.

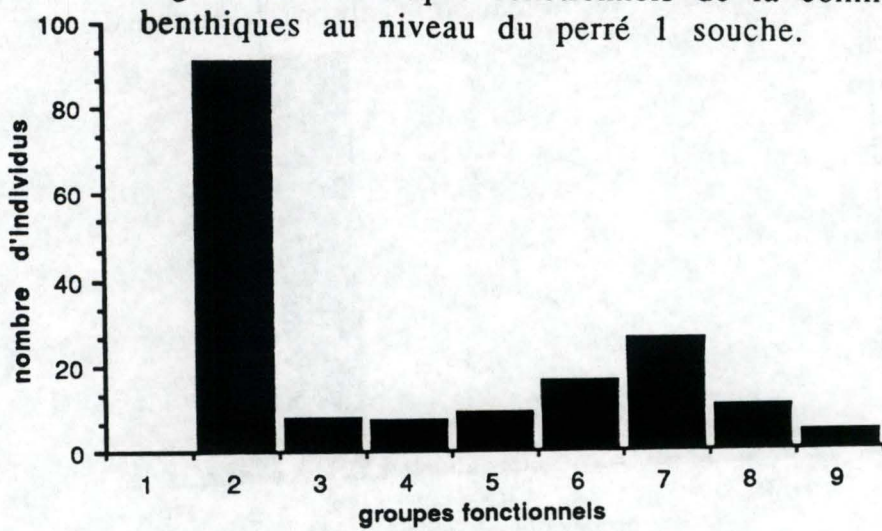


Figure 88 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du gabion 2 artificiel.

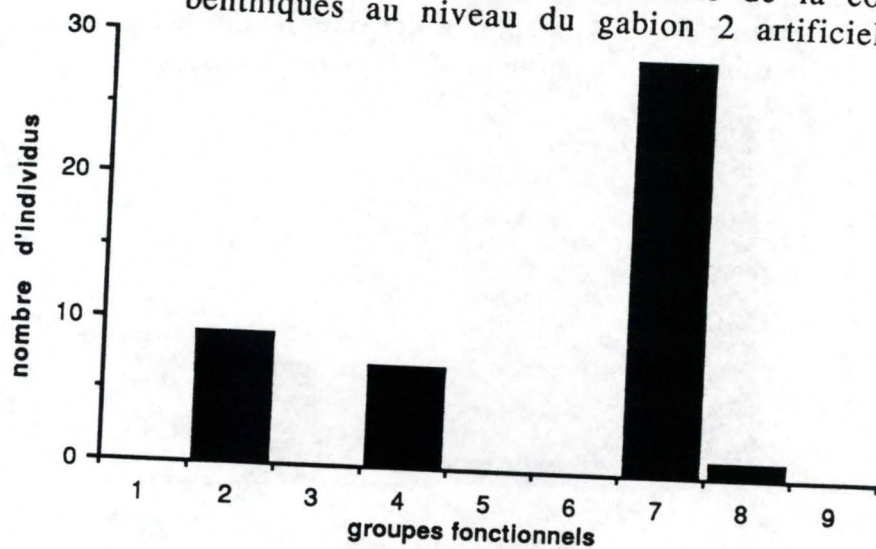


Figure 89 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du gabion 2 troubleau.

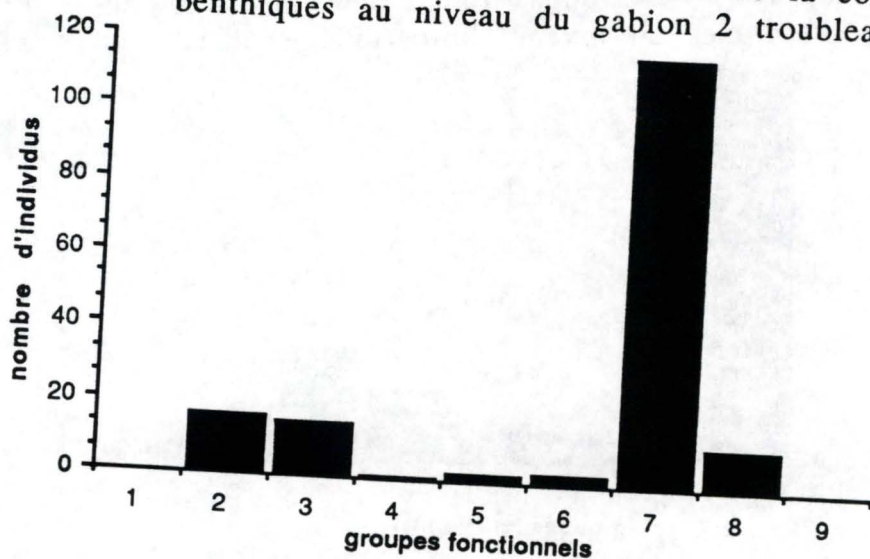


Figure 92 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du perré 2 calme.

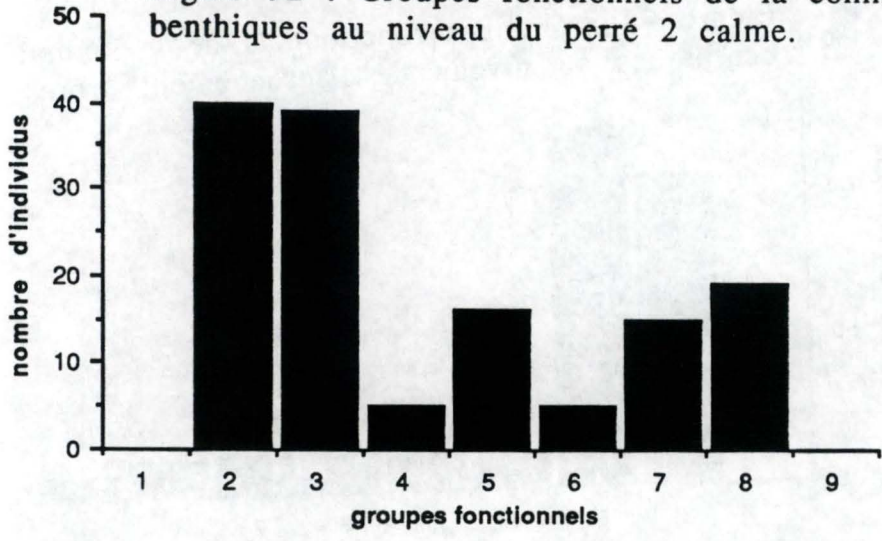


Figure 93 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du perré 2 rapide.

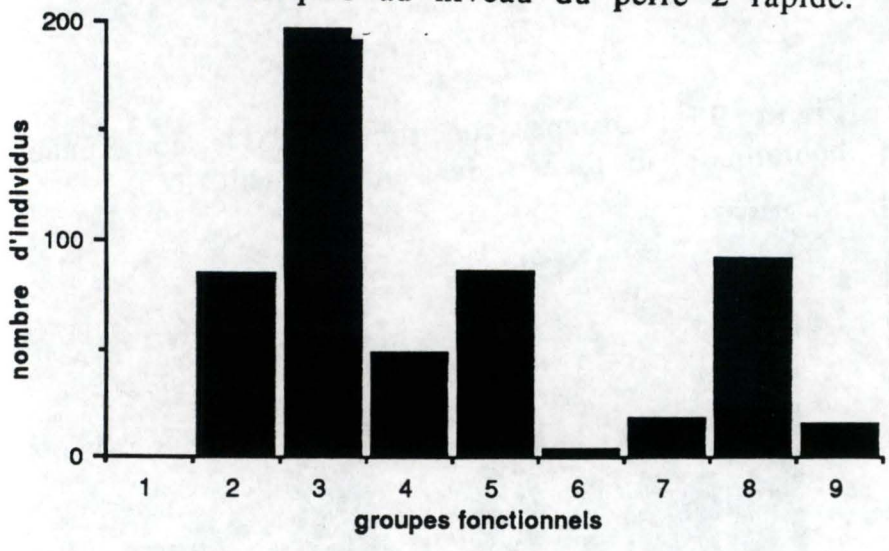


Figure 94 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau de l'enrochement arbres.

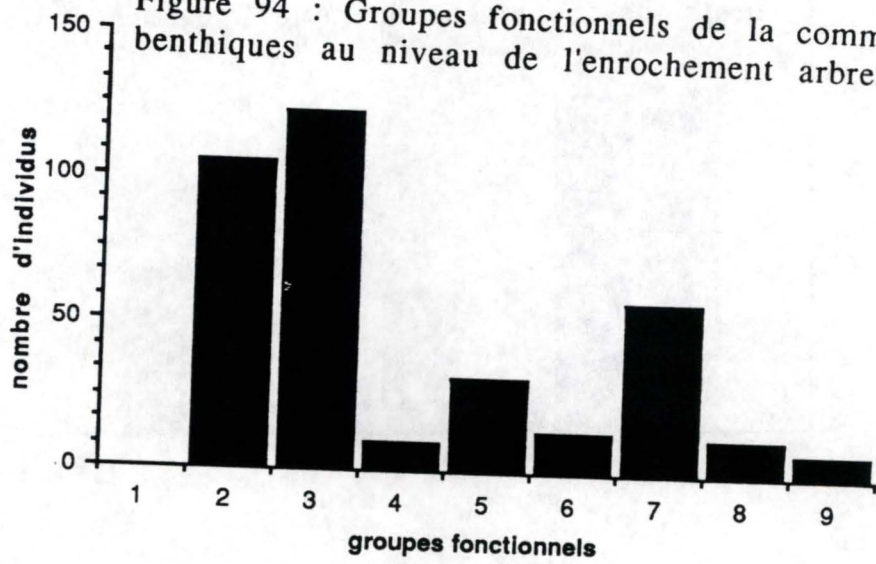
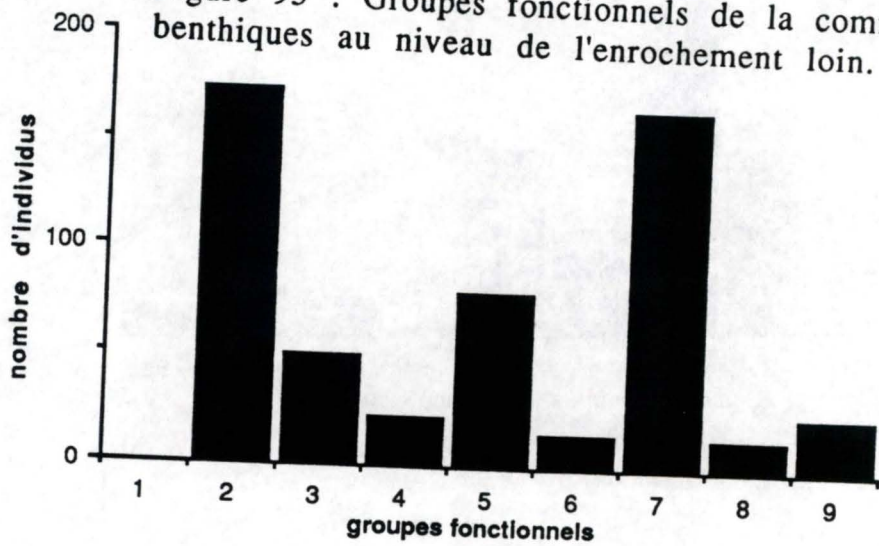


Figure 95 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau de l'enrochement loin.



plus grand nombre de filtreur en milieu lotique (G1L). Des différences nettes de substrat n'ont pas été observées sur le terrain pouvant expliquer ces différences .

gabion 2 : (figures 88 et 89) la présence d'un grand nombre de limnivores est une conséquence du milieu sédimentaire et du faciès d'écoulement . Il semblerait qu'il y ait un plus grand nombre de broyeurs carnivores à l'intérieur du gabion qu'en périphérie . A l'inverse , la faune en périphérie (renseignée par le prélèvement au filet troubleau) contient d'avantage de broyeurs omnivores (Gammare) .

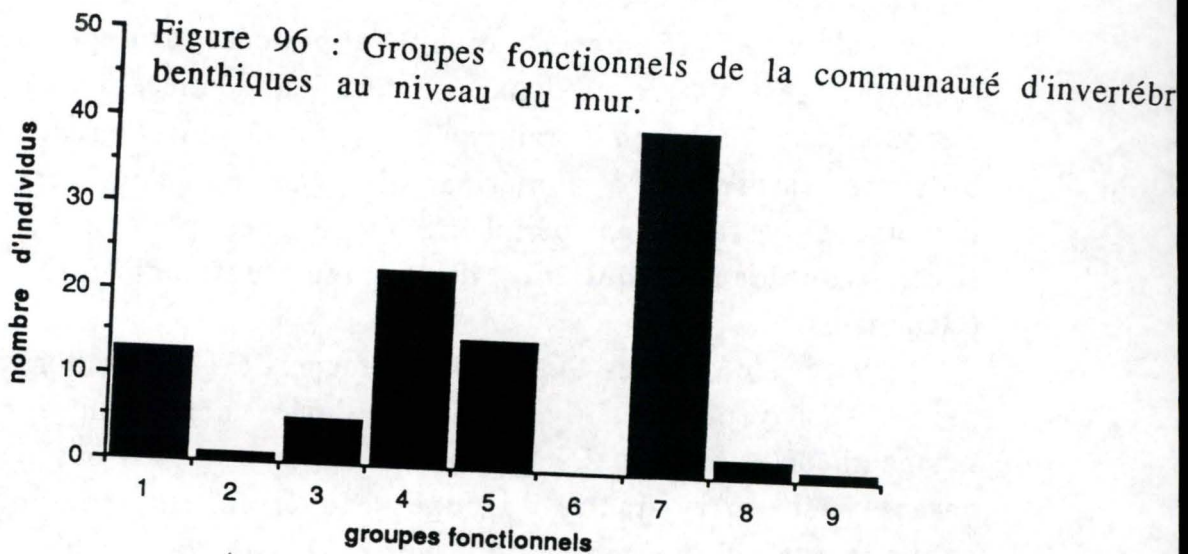
Perré 1 : (figures 90 et 91) la faune de cette station est dominée par les broyeurs détritivores , et dans une moindre mesure les mangeurs de substrat . La portion de berge aux environs de l'arbre est caractérisée par quatre groupes fonctionnels seulement . La communauté d'invertébrés du perré 1 souche semble être plus diversifiée , adaptée à un environnement varié , tous les groupes fonctionnels à l'exception des broyeurs herbivores sont représentés .

Perré 2 : (figures 92 et 93) la faune de la portion rapide et recolonisée est dominée par les broyeurs omnivores . Les racleurs et les mangeurs de substrat y sont rares : il y a peu de sédiments . La partie plus calme comprend plus de broyeurs détritivores et mangeurs de substrats . Cela se comprend facilement sachant cette zone à faciès d'écoulement plus lentique . De façon générale , on remarque un nombre assez important de brouteurs de substrat .

enrochement : (figures 94 et 95) deux portions de berges sont distinctes . l'"enrochement creux" et l'"enrochement loin" qui consistent en galets et blocs de tailles diverses d'une part et l'"enrochement arbre" d'autre part . Le premier milieu dont le substrat est dur comprend surtout des broyeurs détritivores et des mangeurs de substrat . Un plus grand nombre de brouteurs de substrat y ont été récoltés .

La seconde partie est constituée d'un sol mouilleux et contient beaucoup de mousses . On y trouve des broyeurs détritivores et des broyeurs omnivores .

mur : les spécimens récoltés sur le mur appartiennent aux groupes fonctionnels suivant : broyeurs détritivores , racleurs et brouteurs . Le substrat disponible est dur et présente une flore microphytique .



Légende :

-
1. broyeur herbivore
 2. broyeur détritivore
 3. broyeur omnivore
 4. broyeur carnivore
 5. brouteur de substrat
 6. racleur de substrat
 7. limnivore
 8. filtreur
 9. suceur

Ces individus sont principalement des Gastéropodes ayant la possibilité de se fixer sur ce substrat peu accueillant . (figure 36)

3.3.2.7. Conclusions :

Les sites présentant la plus forte recolonisation sont l'enrochement , le perré 2 et le gabion 1 . Les prélèvements ayant été effectués par zone, il est possible de donner les portions de berge les plus recolonisées : enrochement de loin (blocs de moindre volume) , perré 2 rapide . Il s'agit de milieux lotiques avec une bonne recolonisation végétale à la base . Les gabions 1 semblent présenter une forte recolonisation . Le nombre d'individus ramené à une longueur unitaire avoisine les 600 individus par mètre de berge .

Le fait que les substrats artificiels ne se trouvent pas dans les mêmes conditions que les gabions de la berge , et la répartition aggrégative de certaines espèces (*Lymnaea*) nous oblige à nuancer ces résultats .

Les sites ayant la faune la plus diversifiée sont l'"enrochement loin" , le perré 2 rapide et le gabion 2 loin . Ces trois milieux sont en zones lotiques et à substrat dur . Un parallèle entre la diversité taxonomique et le nombre d'individus récoltés peut être dressé .

On remarque la présence en grand nombre de *Caenis* , quasi absent des prélèvements automnaux , des Oligoneuridae et des Empididae , tout deux absents lors de la récolte automnale . Les sites étudiés étant les mêmes , l'explication provient probablement du cycle de vie de ces taxa .

La faiblesse du gabion 2 et du mur est confirmée lors du traitement des données printanières . Cette faiblesse est expliquée par le milieu sédimentaire demandant des taxa peu exigeants , ou par les faibles possibilités de recolonisation (absence d'interstices ou milieu homogène) . La faible recolonisation du mur est abordée de deux façons : en automne , les prélèvements ont été effectués à l'aide d'un filet troubleau au pied de la berge , en milieu vaseux . La faune était dominée par les Diptères et les Tubificidae . Au printemps , les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un grattoir . Il nous indique la faune rencontrée sur le mur même et non celle rencontrée au pied de la berge . La faune y est pauvre et dominée par les Mollusques et les Chironomidae .

Les différents traitements mettent en évidence la dominance des Chironomidae accompagnés soit par *Caenis* soit par les Gammarus ou

des Oligochètes selon les milieux . En se basant sur la structure de la communauté , un parallèle peut être établi entre les enrochements loin et creux et les perrés 1 . Les zones du perré 2 peuvent être mises en parallèle avec les gabions 1 .

Une zone semble être particulière : l'enrochement arbre . Les Diptères n'y constituent que 2 % de la faune alors que la faune des autres sites comprend entre 24 et 36 % de Diptères . Cette zone est constituée d'un sol mouilleux et non de galets ou blocs .

Les Trichoptères sont particulièrement présents au perré 2 rapide et dans une moindre mesure dans le substrat artificiel placé au gabion 2 (des réserves doivent être émises en raison du faible nombre d'individus) . La place occupée par les Isopodes et les Oligochètes est importante dans la faune des milieux lenticques . Il semble que les Coléoptères apprécient les enrochements en général . Un parallèle entre la proportion d'Hirudinées et celle de Mollusques est apparue clairement lors des différents traitements . Des stations comme le gabion 1 ou le perré 2 rapide sont fortement recolonisées par les Mollusques et présentent une faune avec une forte proportion d'Hirudinées .

L'étude des groupes fonctionnels nous renseigne sur le milieu des différents sites et confirme les analyses précédentes : Le perré 1 et la portion calme du perré 2 comprennent un grand nombre de broyeurs détritvovores et mangeurs de substrat . Cela s'explique par le faciès d'écoulement lentique permettant la sédimentation (présence de particules plus fines) et la présence de détritvovores divers . Les brouteurs sont rencontrés principalement au niveau des enrochements durs et du gabion 1 : pierres et flore microphytiques . Il semblerait que la présence de mousses implique la présence de broyeurs omnivores : cas du perré 2 rapide et de l'enrochement arbres . Les broyeurs omnivores sont constitués des seuls Gammarets . Le parallèle doit être établi avec le taxon et non le groupe fonctionnel !

La méthode de prélèvement selon les habitats mis en évidence sur le terrain , rend les conclusions générales plus difficiles . Le fait de diviser les stations augmente le nombre de disparités possibles entre les zones . Cependant il est impossible d'analyser finement ces différences en raison du faible nombre de sites étudiés . L'ensemble des conclusions doivent être tirées à partir de six stations . Les prélèvements printaniers ne sont pas basés sur un plus grand nombre

de sites . Cependant la nouvelle méthode de récolte nous permet d'expliquer la présence de différents taxa en fonction des facteurs abiotiques et biotiques observés . Il semblerait que trois milieux soient favorables à la recolonisation par la faune : perré 2 rapide , enrochements loin et gabion 1 (surtout celui en milieu lotique) . Ces trois portions de berges se trouvent en milieu lotique dont le substrat est constitué de galets , blocs de taille moyenne.

L'importance de la recolonisation par la faune semble être en relation avec celle de la flore . En effet , deux des trois sites présentent une recolonisation valable de la zone inférieure .

	G1P	G1L	G2A	G2T	P1A	P1S	P2C	P2R	EC	EA	EL	M
OLIGOCHETES												
Lumbricidae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae	7	10	21	55	0	7	4	10	21	24	1	0
Tubificidae	1	0	7	18	8	16	8	0	15	20	9	0
Naididae	2	2	1	44	6	2	3	8	80	14	155	0
HIRUDINEES												
Erpobdellidae												
<i>Erpobdella</i>	2	2	0	0	0	0	2	8	0	1	2	0
Glossiphoniidae												
<i>Glossiphonia</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Piscicolidae												
<i>Piscicola</i>	10	10	0	0	0	0	0	0	0	1	6	0
MOLLUSQUES												
Ancylidae												
<i>Ancylus</i>	11	27	0	0	0	8	5	2	19	9	8	1
Lymnaeidae												
<i>Lymnaea</i>	56	68	0	1	0	0	1	30	0	0	0	5
Physidae												
<i>Physa</i>	1	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Planorbidae												
Neritidae												
<i>Theodoxus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Sphaeriidae												
<i>Sphaerium</i>	0	0	1	1	0	0	1	8	0	0	0	0
<i>Pisidium</i>	0	2	0	10	0	4	13	32	6	0	4	0
Hydrobiidae												
	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
CRUSTACES												
Asellidae												
<i>Asellus</i>	0	2	9	4	0	4	0	1	2	10	1	0
Gammaridae												
<i>Gammarus</i>	107	121	0	15	0	8	39	196	29	123	50	0
EPHEMEROPTERES												
Baetidae												
<i>Baetis</i>	2	1	0	0	1	4	1	41	15	7	53	2
<i>Procléon</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Heptageniidae												
<i>Heptagenia</i>	12	26	0	1	0	8	0	1	4	4	8	0
<i>Ecdyonurus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caenidae												
<i>Caenis</i>	21	20	0	2	34	56	17	4	93	66	125	0
Ephemeridae												
<i>Ephemera</i>	1	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0
Ephemerellidae												
<i>Ephemerella</i>	6	4	0	1	9	21	7	30	9	18	34	4
Leptophlebiidae												
	4	5	0	1	0	1	0	0	0	2	3	0
Potamanthidae												
<i>Potamanthus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0
Oligoneuriidae												
	0	0	0	0	0	1	0	3	10	0	2	0
PLECOPTERES												
Nemouridae												
<i>Nemoura</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Amphinemura</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
TRICHOPTERES A FOURREAU												
Limnephilidae												
	3	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0
Sericostomatidae												
	0	2	0	0	0	0	13	24	1	0	0	0
Lepidostomatidae												
	1	1	0	0	0	4	5	3	9	1	8	0
Leptoceridae												
	0	2	0	5	0	0	1	2	0	0	3	0
Hydroptilidae												
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
TRICHOPTERES SANS FOURREAU												
Hydropsychidae												
	9	16	0	0	0	2	0	49	3	11	3	0
Polycentropodidae												
	4	8	7	0	1	23	0	0	0	4	1	0
Rhyacophilidae												
	0	0	0	0	0	0	0	19	3	3	8	0
Psychomyidae												
	1	1	0	0	0	4	5	3	9	1	8	0
COLEOPTERES												
Gyrinidae larve												
	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Elmidae larve												
	3	0	0	0	0	9	8	13	22	12	18	0
adulte												
	0	0	0	1	2	0	6	0	7	13	9	0

	G1P	G1L	G2A	G2T	P1A	P1S	P2C	P2R	EC	EA	EL	M
MEGALOPTERES												
Sialidae												
<i>Sialis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DIPTERES												
Athericidae	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0
Ceratopogonidae	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	3	0
Chironomidae	96	53	7	93	14	48	49	171	93	0	228	0
Psychodidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Simuliidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Limoniidae	0	0	0	0	2	4	5	20	3	2	11	0
Empididae	0	0	0	0	0	3	0	5	14	5	16	0
Hydracariens	0	0	0	1	3	10	26	9	4	0	42	0
Ostracodes	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
Hydra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
HETEROPTERES												
Naucoridae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Aphelocheiridae	0	0	0	0	0	0	0	7	0	1	1	0
ODONATES												
Coenagrionidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Calopterygidae												
<i>Calopteryx</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Tableau XVI : Liste des macroinvertébrés prélevés au printemps (12 mai 1989) . Chaque site a été divisé en plusieurs zone selon des caractéristiques observées sur place .

G1P et G1L : gabion 1 .

G2A : substrat artificiel placé gabion 2

G2T : prélèvement effectué au filet Troubleau au gabion 2

P1A : perré 1 au niveau des arbres

P1S : perré 1 au niveau de la souche d'arbre

P2C : la portion calme du perré 2

P2R : portion rapide du perré 2

EL : l'enrochement loin

EA : l'enrochement au niveau des arbres

EC : enrochement creux pour le cône d'enrochement

M : mur .

	G1P	G1L	G2A	G2T	P1A	P1S	P2C	P2R	EC	EA	EL	M
Annélidés :												
Oligochètes	3	2	3	3	2	4	3	2	3	3	3	0
Hirudinés	2	3	0	0	0	0	1	1	0	3	2	0
Mollusques :												
Gastéropodes	4	5	0	1	0	2	3	3	1	1	1	3
Bivalves	0	1	1	2	0	1	2	2	1	0	1	0
Insectes :												
Ephémères	6	6	0	5	4	6	4	5	6	7	7	2
Plécoptères	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Trichop. F	2	3	0	2	0	1	2	5	2	1	1	0
Trichop. SF	3	3	1	0	1	3	1	3	3	4	4	0
Diptères	2	2	1	1	2	4	2	5	3	3	6	1
Hétéroptères	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
Coléoptères	1	1	0	1	1	1	1	2	1	1	1	0
Mégaloptères	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odonates	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Crustacés ;												
Isopodes	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0
Amphipodes	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0
Nombre d'individus	363	396	53	257	78	220	191	717	460	362	774	27
Nombre de taxon	24	29	7	19	10	26	20	31	23	26	29	6

Tableau XVII : Tableau de synthèse des données de la campagne de prélèvement printanier.

3.3.3. Conclusions de l'étude descriptive de la faune des différents sites .

L'étude de la recolonisation des différentes techniques de consolidation des berges nous a permis de mettre en évidence trois sites . Le gabion 1 , le perré 2 et l'enrochement sont recolonisés par un plus grand nombre d'individus que le gabion 2, le perré 1 et le mur . Il nous est impossible de comparer l'importance de la recolonisation des stations selon la saison . En effet , les méthodes de récoltes employées ont été modifiées entre les deux campagnes . Le choix d'une méthode de récolte , au printemps , axée sur les habitats nous permet de définir les zones de berge plus favorables . Ce choix présente l'avantage de préciser les raisons pour lesquelles une technique serait meilleure ou non . D'un autre côté , cette modification des méthodes de prélèvement nous interdit une comparaison précise des deux campagnes .

Parmi les trois stations citées , la partie constituée d'enrochements de calibre moyen ou la portion bien végétalisée du perré 2 , seulement , présentent cette recolonisation importante .

On peut dresser un parallèle entre l'importance de la recolonisation en nombre d'individus et la diversité taxonomique , car les prélèvements effectués aux deux zones citées précédemment contiennent le plus grand nombre et d'individus et de taxa .

Il semble certain que le mur , le gabion 2 et dans une moindre mesure la portion du perré 1 avec peu de végétation (perré 1 arbre) sont les sites les moins favorables à une colonisation par la faune .

La comparaison des sites du point de vue des taxa repères de qualité de milieu nous permet de mettre en exergue la faible qualité du milieu pour les sites suivants : mur et gabion 2 . L'enrochement , surtout lors de la campagne printanière (au cours de laquelle les prélèvements ont été les plus poussés) présente une faune assez sensible à la qualité du milieu .

Une portion du perré 1 présente une faune très peu sensible à la qualité du milieu : perré 1 arbre à l'inverse du perré 1 souche qui est colonisé par des taxa plus sensibles à la qualité du milieu .

L'étude de la structure de la communauté des différents sites nous indique les taxa dominants . La faune benthique des différentes berges de l'Ourthe est dominée par les Chironomidae , taxon s'adaptant aux milieux peu accueillants . Une modification de la structure apparaît au printemps avec la présence en grand nombre de *Caenis*.

Le gabion 1 , le perré 2 présentent une faune dominée par les Gammarus et les Chironomidae , en automne comme au printemps .

La faune du gabion 2 , surtout en périphérie du gabion , comprend un grand nombre de Chironomidae et d'Oligochètes . Le prélèvement a été effectué au filet troubleau et nous renseigne sur la faune présente en surface du gabion .

Les macroinvertébrés rencontrés au niveau du mur sont surtout les Chironomidae et les Oligochètes (au pied de la berge , en milieu vaseux) ou les Mollusques (sur la berge même)

Le perré 1 présente , au printemps seulement , une faune dominée par *Caenis* et les Chironomidae sur toute la longueur de la berge . La communauté d'invertébrés semblait homogène lors de la campagne automnale : aucun taxon n'apparaissant comme dominant .

Le fait de diviser les berges en zones en fonction des habitats observés prend toute son importance dans le cas de l'enrochement . La portion constituée de substrats durs (pierres et blocs) est dominée par les *Caenis* et les Chironomidae alors que le l'"enrochement arbre" dont le substrat est mouilleux (substrat au pied des arbres) présente une communauté d'invertébrés dominée par les *Caenis* et les Gammarus .

Il semble que certains sites sont d'avantage recolonisés par des spécimens de groupes précis . En effet , les perrés présentent une faune dans laquelle les Trichoptères occupent une place importante . Ce phénomène apparaît en automne comme au printemps . Les Trichoptères sans fourreau semblent préférer le

perré 1 (au niveau de la souche seulement) alors que les Trichoptères à fourreau colonisent principalement le perré 2 (portion végétalisée et à faciès lotique) . On peut expliquer cette différence par la présence de débris végétaux (nécessaire à la construction des fourreaux de certains taxa comme Lepidostomatidae) en plus grand nombre au niveau du perré 2 , seulement .

La faune du gabion 1 est , lors des deux campagnes de récolte , colonisée par un grand nombre de Mollusques . On remarque par ailleurs une corrélation avec le nombre d'Hirudinées (présents surtout à l'enrochement et au gabion 1) .

Les Coléoptères ont été récoltés principalement au niveau de l'enrochement et du perré 2 . Le dénominateur commun de ces stations est la présence de pierres , de végétation à la base et d'un faciès d'écoulement lotique .

La présence d'Oligochètes ou d'Isopodes est directement liée au substrat sédimentaire : on les trouve au gabion 2 et au pied du mur . Il est plus intéressant de remarquer le grand nombre d'Ephémères récoltées au niveau du perré 1 . La présence de Caenis , taxon dont le micro-biotope est constitué de limons sur pierres , en grand nombre au niveau du perré 1 et de l'enrochement explique ce qui semblerait être un préférendum des Ephémères pour ces sites .

L'analyse des groupes fonctionnels aux différents sites ne nous permet pas de tirer des conclusions en raison de la diversité de méthodes employées . Cependant il est possible de tirer des renseignements , si l'on se base sur l'hypothèse suivante :

la faune est d'autant mieux adaptée à son milieu que la chaîne trophique est complexe (un grand nombre de sources d'énergie sont utilisées) . Dans ce cas , la faune est capable d'optimiser les transferts d'énergie .

Toutefois , les modes nutritionnels nous indiquent les mécanismes de nourriture et non le type de nourriture ingérée . Il ne nous est dès lors pas possible de connaître les différents éléments de la chaîne trophique . En approfondissant cette réflexion , on peut supposer qu'une station recolonisée par une faune en équilibre avec son milieu pourrait être considérée comme meilleure .

On peut émettre l'hypothèse que cet équilibre de la faune est traduit par une diversité importante de groupes fonctionnels . Ces groupes fonctionnels nous renseignant sur la chaîne trophique du milieu .

Il est évident que ce raisonnement est caduque si l'on compare un milieu très sédimentaire , vaseux à un milieu lotique . En effet , seuls quelques taxa savent vivre dans un tel milieu . C'est la raison pour laquelle , la faune du gabion 2 n'intervient pas dans ce raisonnement .

Ce raisonnement appliqué aux valeurs automnales ne nous autorise qu'à supposer une faune peu équilibrée au niveau du mur et du gabion 1 (et le gabion 2) . Les valeurs de la campagne printanière mettent en évidence la faiblesse des communautés de macroinvertébrés du mur vertical , perré 1 arbre (et du gabion 2) . Il est intéressant de remarquer que cela confirme les observations des taxa repères de qualité de milieu ! Il est impossible de s'avancer dans une description plus précise des diagrammes .

La synthèse de tous ces traitements met-elle en évidence une technique de consolidation ou un type de berge ?

Une station sera considérée comme valable en fonction , de la diversité taxonomique de la communauté , du nombre d'individus récoltés et de la proportion de groupes sensibles .

Il est une certitude que le mur vertical est une méthode de consolidation ayant un impact très important sur la faune . On y récolte un petit nombre d'individus réunis en quelques taxa (peu ou pas d'Ephémères , Trichoptères , Gammarès) . Les taxa récoltés sont peu sensibles à la qualité du milieu .

En fait il apparaît assez clairement qu'aucune technique n'est vraiment systématiquement favorable à la recolonisation par la faune: des portions de berges sont plus ou moins recolonisées .

Un milieu recolonisé par la flore procure une source de nourriture mais constitue également des abris ou supports . Il apparaît clairement que les portions végétalisées du perré 2 et de l'enrochement (on y trouve des *phalaris arundinacea* et autres plantes hygrophiles sur le bas de la berge) sont les plus recolonisées (774 et 717 spécimens) .

Oùtre l'importance de la flore (dont les conditions d'implantation sont une une faible pente , un substrat accessible , des possibilités d'ancrage , etc ...) le type de substrat est important . Ce dernier doit procurer une variété d'habitats . Les portions de berges à faciès lotique , dont le substrat n'est pas fermé (peu de sédiments) sont fortement recolonisées . Les sites dont le substrat est fermé sont le pied du mur (cfr campagne automnale) , le gabion 2 et le perré 1 (dans une moindre mesure) .

Le gabion 1 , le perré ou l'enrochement peuvent , quant à eux , être recolonisés par la faune . Il est un fait qu'un perré en très forte pente et sans enrochement à la base n'est pas accueillant . Les deux autres techniques , même en cas de faible recolonisation par la flore présentent une faune assez variée . La technique du gabion semble , en fonction du peu de données , être favorable à la faune tout en ne l'étant pas à la flore .

La faune recolonise les berges aménagées dont le substrat est constitué de blocs , galets tout en restant ouvert (pas de colmatage) . On remarque de façon globale une préférence pour les milieux lotiques , végétalisés . Ce dernier critère semble moins important au vu des valeurs du gabion 1.

RESUME

ET

CONCLUSIONS

4. RESUME ET CONCLUSIONS.

Différentes techniques de consolidation de berge ont été étudiées en deux stations de l'Ourthe liégeoise (Esneux et Colonster) afin de comparer leurs possibilités de recolonisation par la flore et la faune et d'en dégager des recommandations d'aménagement .

Les analyses ont porté sur six sites bien typiques : une zone d'enrochement , une zone de gabions , un perré à sec , un perré cimenté , un mur (non bétoné) à Esneux . Une zone à gabions au niveau de Colonster est également étudiée .

Trois approches ont été réalisées pour ce mémoire :

- une description précise des facteurs abiotiques et des microhabitats au niveau de chaque consolidation ;

- un inventaire de la flore (les macrophytes uniquement) en place en subdivisant les berges en trois niveaux selon l'éloignement de l'eau;

- un échantillonnage des macroinvertébrés en fonction des microhabitats ;

Deux campagnes de prélèvements ont été effectuées , l'une en automne et l'autre au printemps . Lors de la seconde , les sites ont été subdivisés en différents secteurs en fonction des caractéristiques du milieu (microhabitats) . Cette façon de procéder permet un échantillonnage plus précis et plus approprié aux buts de ce travail .

Pour la flore , on constate qu'aucune technique ne permet une recolonisation valable . Cependant les petits enrochements (présence de *Phalaris arundinacea* , *Sparganium erectum* et d'arbrisseau) , les gabions en zones lenticues (couverture végétale importante au pied de la berge comprenant des spécimens de *Phalaris arundinacea* et *Juncus effusus*) et les perrés à sec (grande diversité taxonomique avec 16 taxa dans la zone inférieure dominée par *Phalaris arundinacea*) comportent une végétalisation plus importante à leur base . Les gros enrochements, les gabions sans zone littorale et les perrés cimentés conviennent moins .

Les facteurs jouant un rôle favorable pour la recolonisation végétale sont :

- la présence d'une zone littorale en pente douce effectuant la transition entre le lit de la rivière et la berge aménagée (présence d'une risberme ou d'une zone de sédimentation) .

la vitesse du courant qui influence les possibilités d'ancrage et la sédimentation ;

la présence de substrat (sédiments dans les interstices , apport de nutriments) ;

l'âge de la protection (augmentation du nombre de microhabitats en fonction de la détérioration) ;

l'exposition au soleil (influence sur le type de taxa présents , héliophiles ou non) ;

la présence d'une végétation environnante naturelle ou semi-naturelle (d'avantage de possibilités de recolonisation) ;

Quant à la faune , les consolidations les mieux recolonisées à la fois en diversité taxonomique et en nombre d'individus sont principalement les enrochements (blocs de petit calibre de l'"enrochement loin") avec 774 individus et 29 taxa , et le perré à sec (perré 2 rapide , qui est bien végétalisée) avec 717 individus et 31 taxa . Dans une moindre mesure , le gabion en milieu lotique (gabion 1) est également recolonisé avec moins de 400 individus et 19 taxa récoltés . Par contre, les sites : mur , gabion en zone lentique (gabion 2 , Colonster) et perré cimenté (perré 1) sont nettement moins attractifs .

L'enrochement loin , le gabion 1 et de façon moins explicite le perré 2 rapide présentent un grand nombre d'espèces sensibles à la qualité du milieu .

De manière générale , on observe que les taxa dominants sont les Chironomidae , les Crustacés et les Oligochètes . Certains taxa complètent les communautés : les Caenidae au printemps sur le perré 1 par exemple . On constate aussi un préférendum de certains groupes faunistiques pour l'une ou l'autre technique :

- * les Trichoptères à fourreau pour le perré 2
- les Trichoptères sans fourreau pour le perré 1
- * les Mollusques sur le gabion 1 et l'enrochement
- parallèlement à cela , les Hirudinées sur le gabion 1
- * les Coléoptères sur l'enrochement et le perré 2
- * les Ephémères sur le perré 1

Enfin , on peut noter aussi que les communautés les moins équilibrées (quelques groupes fonctionnels seulement et par conséquent un milieu à chaîne trophique simple) sont situées sur le mur et les gabions

(surtout le gabion 2 à Colenster) et le perré cimenté (principalement perré 1 arbre) peu végétalisé .

On peut donc conclure qu'aucune technique n'est systématiquement favorable . Ce sont plutôt des portions de berge qui sont plus ou moins recolonisées en fonctions des facteurs abiotiques locaux et de la variété de microhabitats . En ce qui concerne la diversité faunistique , il apparaît que la présence de végétaux et le substrat non colmaté sont les deux facteurs favorables à la recolonisation . On peut donc du point de vue de l'écologie de la rivière , déconseiller lors d'aménagements , l'utilisation de murs et de perrés moëllonnés cimentés à trop forte pente . Le perré à sec et les enrochements de petit calibre paraissent être les plus adéquats pour l'installation de biocénoses . La première de ces techniques n'est plus utilisée à l'heure actuelle vu son coût économique .

Quant aux gabions , en fonction des résultats obtenus lors de ce travail, il faudrait envisager d'autres dispositions sur le terrain (comme les gabions matelas , le maintien d'une zone littorale ou la présence de discontinuités , hétérogénéités) . Ce travail met en évidence la nécessité de concevoir d'autres systèmes de consolidation , alliant des éléments naturels et des éléments artificiels . Nous espérons par ce mémoire avoir apporté quelques éléments de base et de réflexions pour l'élaboration de recherches plus poussées sur les techniques de consolidation des berges de cours d'eau . Les études complémentaires , toujours axées sur une méthodes de prélèvements selon les microhabitats , devront être effectuées sur un plus grand nombre de sites de façon à fournir des conclusions plus significatives . Avec une homogénéisation des méthodes de récolte , il serait intéressant de réaliser une étude plus quantitative fournissant des renseignements sur la biomasse et la densité d'individus . Ce genre de recherche doit être développé à l'avenir de façon à permettre l'élaboration de techniques de consolidation les moins défavorables pour la biocénose .

BIBLIOGRAPHIE

5. BIBLIOGRAPHIE :

- Amélioration des caractéristiques écologiques des cours d'eau . C.E.M.A.G.R.E.F. C.E.R.R.E.P. p.170
- ANCION J.L. et LEMAIRE G. (1980). Etude d'impact sur l'environnement d'un réservoir dans la boucle de l'Ourthe à Esneux . Groupe d'Ecologie Appliquée . Louvain-La-Neuve , p. 206 + annexes
- ANGERMEIER P.J. and KAAR J.R. (1984) . Relationships between Woody Debris and Fish Habitat in a Small Warwater Stream . Transactions of the American Society 113 : 716-726
- BAUDET J. , CORDA R.(1977). Aménagement des cours d'eau non domaniaux en Lorraine . Notes sur l'aménagement des berges . Ministère de l'Agriculture . Service de l'Aménagement des Eaux de Lorraine . p.6
- BLANC M. (1984). Stabilisation du lit et des berges en rivière . deuxième partie : protection des berges en enrochement . stage CEMAGREF AIX mai 1984 . p.64-86
- BOON P.J. (1988) . The impact of river regulation on invertebrate communities in the U.K. Regulated rivers : research and management , Vol . 2 , 389-409 (1988)
- BOULOC J. (1978). Stage . Aménagement et correction des cours d'eau . Erosion et sédimentation en rivière . Les risques et les moyens d'y remédier . Ministère de l'Agriculture . Ecole Nationale des Ingénieurs des Travaux Ruraux et des Techniques Sanitaires . pp.47
- BOULOC J.(1972). Protection des berges des rivières par des "cuirasses". Constructions T.XXVII , N°4 (avril 1972). Dunod , Paris . p.4
- BOURNAUD M., COGERINO L. (1986). Les microhabitats aquatiques des rives d'un grand cours d'eau: approche faunistique. Anns Limnol. 22 (3) 1986 : 285-294
- BROOKER M.P. (1985). The impact of river channelization , IV The ecological effects of channelization . The Geographical Journal . Vol. 151 , N° . 1, March 1985 , p. 63-69
- BRUUN B. et SINGER A. (1973). Tous les oiseaux d'Europe en couleurs . Un multiguide nature . Elsevier Séquoia , Paris - Bruxelles . p.319
- BRYGO Y. (1979). Les enrochements naturels et artificiels . document SCT . Nancy juin 1979 .
- CEMAGREF (1983). Etude hydrobiologique de la Saulx marnaise après aménagement d'une partie de son cours . Etude n°2 CEMAGREF groupe de Lyon . p. 60 + annexes
- COQUEMER A. (1984). Approche des relations entre la ripisylve d'une rivière et sa morphodynamique . Proposition d'aménagement de la rivière Ciron . C.E.M.A.G.R.E.F. Bordeaux . Ecole Nationale d'Ingénieurs des Travaux Agricoles de Bordeaux . p.132 +annexes
- COULON C. (1978). Informations et études techniques : la protection des berges . Le moniteur / 11 septembre 1978 p.81-85 ; 18 septembre 1978 p. 97-100 ; 25 septembre 1978 p. 83-89 . Paris

- DE LANGHE J.-E. , DELVOSALLE L. , LAMBINON J. et VANDEN BERGHEN C. (1973) . Nouvelle Flore de la Belgique , du Grand-Duché de Luxembourg , du Nord de la France et des Régions voisines . (Ptéridophytes et Spermatophytes) . Edition du patrimoine du Jardin botanique national de Belgique . p. 821 + planches .
- DERRUAU M. (1974). Précis de géomorphologie . Masson , Paris . p. 453
- DESCY J.P. , EMPAIN A. et LAMBINON J. (1981). La qualité des eaux courantes en Wallonie - Bassin de la Meuse . Secr. d'état à l'environnement , à l'aménagement du territoire et à l'eau pour la Wallonie . p. 18
- DETHIOUX M. (1974). Quelques aspects de l'écologie de l'Aulne glutineux . Extrait de la revue Ardennes et Gaume , Vol. XXIX , fasc. 3 , nouvelle série n°2 ; p. 118-129
- DETHIOUX M. (1981). Aménagement biologique des cours d'eau , répertoire des espèces ligneuses à préconiser . Ministère de l'Agriculture , Région wallonne , Direction de l'Hydraulique agricole . p. 59
- DETHIOUX M. (1989). Aménagement écologique des cours d'eau . Espèces herbacées du bord des eaux . Ministères de la Région Wallonne , Inspection générale de l'Eau , Service des Cours d'Eau non navigables . Centre de Recherche et de Promotion forestières , Sectin Ecologie (IRSIA) . p. 143
- DINGER F. , FISCHESSE B.(1982). L'étude d'impact des aménagements de cours d'eau. Ministère de l'Agriculture . C.E.M.A.G.R.E.F. Groupe de Grenoble Division Protection contre les Erosions-Etude d'impact. p.103
- DUTARTRE A., GROSS F.(1982). Aménagement de la Durèze . Notion d'impact . Etude réalisée pour le compte du Syndicat Intercommunal du Bassin Versant de la Durèze . Etude n°9 .C.E.M.A.G.R.F. Bordeaux . G.E.R.E.A. Bordeaux I . p.29
- FALISSARD T. (1981). Synthèse des techniques de protection des berges des cours d'eau . Travail de fin d'étude . Ecole Nationale des Ponts et Chaussées . p.90 + annexes
- GUNNEL Grelsson. (1981). Comparison of vegetation stability on two river banks, subject to short-term water-level regulation, at the river Umeälven in northern Sweden.Regulated rivers : p. 125-132
- HERMAN D. (1985). Les pollutions et leurs incidences écologiques. Etude le l'Ourthe, l'Amblève, la Vesdre, la Gueule et affluents. C.S.T. n° 24.817
- HERMAN D. (1988). Etude des potentialités salmonicoles et de la qualité biologique des eaux de surface du sud-est de la Belgique . Rapports de synthèse tomes 1 et 2 . Union ds Pêcheurs de l'Ourthe et de l'Amblève . Ministère de la Région Wallonne . Fédération des Sociétés de Pêche de l'Est et du Sud de la Belgique. pp.1084
- KHALAF G. et TACHET H. (1980). Colonization of artificiel substrat by macro-invertebrates in a stream and variations according to stone size. Freshwater Bioilogy (1980) 10 : 475-482

- KUENZLER E. J. (1979) . Impacts of drainage and channel modifications on the natural environment. Seminar "Environmental Aspects of Development ", Georgetown , Guyana . 19 october 1978 . National Science Research Council , Georgetown . P. 98-108 .
- MALMQVIST B. and SJÖSTRÖM P. (1984). The microdistribution of some lotic insect predators in relation to their prey and to abiotic factors . *Freshwater Biology* (1984) 14, 649-656
- MAQUET B. (1981). Etudes des caractéristiques physiques , chimiques et biologiques des eaux du bassin du Samson . Localisation des sources de pollution et estimation de leurs impacts sur le milieu aquatique par diverses méthodes . Mémoire de licence , F.N.D.P., Namur : p. 110 (inédit)
- MICHA J.C. (1968). Etude des populations d'invertébrés de l'Ourthe liégeoise. Université de Liège, 83p.
- MICHA J.C. (1970). Etude des populations d'invertébrés de l'Ourthe liégeoise. Tribune du CEBEDEAU n° 315, 1970 : P. 14
- MICHA J.C. (1970). Etude qualitative des associations d'invertébrés de l'Ourthe liégeoise. Annales de la Société Zoologique de Belgique Tome 99, 1969, fasc. 4, PP. 215 à 236
- MICHA J.C. (1970). Etude quantitative du benthos d'une rivière de Belgique: L'Ourthe liégeoise. Annales de Limnologie, T. 6, fasc. 3, 1970: P. 255-280
- MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE (1979). Carte de la qualité biologique des cours d'eau.
- MONADIER P. (1986). Catalogue de défense des berges . Service Technique Central des Ports Maritimes et Voies navigables . Compiègne . pp. 63
- MURPHY K.J. , FOX A.M. , HANBURY R.G. (1987). A multivariate assessment of plant management impacts on macrophyte communities in a scottish canal. *Journal of applied ecology* 24, 1063-1079
- PHILIPPART J.-C. et VRANKEN M. (1983). Protégeons nos poissons . Animaux menacés de Wallonis . Duculot , Région wallonne . p. 205
- PHILIPPART J.C. (1977). Contribution à l'étude de l'écosystème rivière de la zone à barbeau supérieure. Extrait de Productivité biologique en Belgique. Ed. P Duvigneaud - P. Kestemont, P. 551-567.
- RAMETTE M.(1963). Protection de talus au moyen d'enrochements . Rock-fill protection of river and canal banks. Département laboratoire national d'hydraulique .Bulletin du centre de recherche et d'essais de Chatou , n°3-1963 . p. 8-16
- SCHILLING D. , SINGER D. et DILLER H. (1986). Guide des Mammifères d'Europe . Les guides naturaliste . Delachaux et Nestlé , Neuchâtel - Paris . p. 280
- Service de la Navigation de la Seine . Arrondissement Paris-Marne . Subdivision de Saint-Maur et de Meaux . Aménagement de rivière . La Marne en île de France . Servant Crouzet . p.72

- SYKORA K.V. , SCHEPER E. and VAN DER ZEE F. (1988). Inondation and the distribution of plant communities on Dutch river dikes . *Acta Bot. Neerl.* 37(2), june 1988, p. 279-290
- SYKORA K.V. and LIEBRAND C. (1988). Revegetation of river techniques for encouragement of species-rich grassland . *Aspects of Applied Biology* 16 , 1988 . The practice of weed control and vegetation management in forestry , amenity and conservation areas. pp. 9-19
- TACHET H. , BOURNAUD M. et RICHOUX Ph. (1984). Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (Systématique élémentaire et aperçu écologique) . Université Claude Bernatd de Lyon I , Association française de Limnologie , Ministère de l'Environnement . p.155
- TRICOT B. (1989). Contribution à l'étude de la réhabilitation de sites dégradés situés dans le lit majeur des cours d'eau non navigables ; analyse étrangère et régionale . mémoire de stage . Ministère de la Région wallonne . Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement ; Inspection générale de l'eau . Service des Cours d'Eau non navigables .p.71 + annexes
- VERNIERS et al. (1985). Rives et rivières : des milieux fragiles à protéger . Fondation Roi Baudouin -Région Wallonne . p. 102
- VERNIERS G. (1988) Impacts des travaux - Possibilités de restauration et de diversification du milieu . La rivière milieu vivant , Syllabus des journées de formation 18 et 22 mars 1988 , p.33-43
- VERNIERS G. et al. (1988). Aménagement écologique des berges des cours d'eau navigables. Etude de cas: La Meuse et l'Ourthe. Rapport n°2. GIREA 215 p.
- VERNIERS G. et al. (1983). Propositions d'aménagement des cours d'eau . Groupe d'Ecologie Appliquée . Louvaun-La-Neuve . p. 299
- VERNIERS G. et SILAN J.-P. (1987). Aménagement écologique des berges des cours d'eau navigables . La berge , interface terre-eau : ses caractéristiques , fonctions et utilisations . G.I.R.E.A. , p. 68
- VIEBAN S. (1986). Aménagement des cours d'eau , gestion et protection des berges . mémoire de troisième année . Ecole Nationale des Inéieurs des travaux des Eaux et Forêts . Agence de Bassin Seine-Normandie . p.194 + annexes
- WAGNER R. (1984) . Effects of an artificially changed stream bottom on emerging insects . *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22: 2042-2047
- WARD J.V. (1984). Ecological perspectives in the management of aquatic insect habitat , p. 558-577 .
- WILLIAMS D.(1978). Substrate size selection by stream invertebrates and their influence of sand. *Limnol. Ocean.* Vol. 23 N°5 p.1030-1033

LISTE

DES

FIGURES

LISTE DES FIGURES .

Figure 1 : Coupe transversale d'une rivière (d'après VERNIERS et SILAN 1987).

Figure 2 : Zonation végétale le long des cours d'eau .

1. Aulnaie-Ormaie-Frênaie alluviales
2. Saulaie alluviale
3. Roselière
4. Herbacées
5. Plantes aquatiques

(d'après VERNIERS et SILAN 1987)

Figure 3 : Les diverses espèces des roselières (d'après VERNIERS et al. 1983).

Figure 4 : Protection des berges par combinaison d'empierrements et de boutures de saules (d'après SCHLUTER 1971 in VERNIERS et al. 1983).

Figure 5 : Protection des berges par combinaison de pavage de pierres et de boutures de saules (d'après SCHLUTER 1971 in VERNIERS et al. 1983).

Figure 6 : Protection des berges par clayonnage (d'après SCHLUTER 1971 in VERNIERS et al. 1983).

Figure 7 : Evolution des communautés d'invertébrés, suite à un recalibrage, dans une rivière du sud-ouest de la France (d'après DUTARTRE et GROSS 1988).

Figure 8 : Topographie de l'Ourthe liégeoise (d'après MICHA 1968).

Figure 9 : Evolution des indices biotiques modifiés et des nombres d'unités systématiques sur le tronçon de l'Ourthe entre Palogne et Angleur . (d'après HERMAN 1988)

Figure 10 : Structure des communautés benthiques de l'Ourthe. La station 7 est en amont d'Esneux , la station 8 un peu en aval d'Esneux. La station 9 est en amont de Tilff et la station 10 en aval.

(d'après HERMAN 1988)

Figure 11 : Répartition des zones piscicoles théoriques dans le bassin de l'Ourthe (d'après DESCY et al. 1981).

Figure 12 : Diagrammes représentant la diversité faunistique (macroinvertébrés) de la station de Hony sur l'Ourthe (1 à 4). (d'après VERNIERS 1988)

Figure 13 : Localisation des 5 sites étudiés dans la région d'Esneux.

Figure 14 : Localisation de la zone à gabions dans les environs de Colonster.

Figure 15 : Vue en plan du gabion 1 (Esneux) au 1/139.

Figure 16 : Vue de profil du gabion 1 au 1/100.
deux transects différents : 1. au niveau du cône d'enrochement
2. 30 mètres en aval du premier

Figure 17 : Vue en plan du gabion 2 (Colonster) au 1/500.

Figure 18 : Vue de profil du gabion 2 au 1/280.

Figure 19 : Vue en plan du perré 1 au 1/122.

Figure 20 : Vue de profil du perré 1 au 122

Figure 21 : Vue en plan du perré 2 au 1/100.

Figure 22 : Vue de profil du perré 2 au 1/100.

Figure 23 : Vue en plan de l'enrochement au 1/150.

Figure 24 : Vue de profil de l'enrochement au 1/150.

Figure 25 : Nombre d'individus récoltés aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 26 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques de la zone à gabions 1 lors de la campagne automnale.

Figure 27 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques du perré 2 lors de la campagne automnale.

Figure 28 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques de la zone à enrochements lors de la campagne automnale.

Figure 29 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques de la zone à gabions 2 lors de la campagne automnale.

Figure 30 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques du mur lors de la campagne automnale.

Figure 31 : Proportion de divers groupes taxonomiques au niveau de l'enrochement lors de la campagne automnale.

Figure 32 : Proportion de divers groupes taxonomiques au niveau du perré 1 lors de la campagne automnale.

Figure 33 : Nombre de Mollusques récoltés aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 34 : Comparaison de la proportion de Mollusques aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 35 : Nombre de Diptères récoltés aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 36 : Comparaison de la proportion de Diptères aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 37 : Nombre de Trichoptères récoltés aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 38 : Comparaison de la proportion de Trichoptères aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 39 : Nombre d'Oligochètes récoltés aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 40 : Comparaison de la proportion d'Oligochètes aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 41 : Nombre d'Ephémères récoltés aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 42 : Comparaison de la proportion d'Ephémères aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 43 : Nombre d'Amphipodes aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 44 : Comparaison de la proportion d'Amphipodes aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 45 : Nombre d'Hémiptères aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 46 : Comparaison de la proportion d'Hémiptères aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 47 : Nombre d'Isopodes aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 48 : Comparaison de la proportion d'Isopodes aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 49 : Nombre de Coléoptères aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 50 : Comparaison de la proportion de Coléoptères aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 51 : Nombre d'Hirudinées aux différents sites lors de la campagne automnale.

Figure 52 : Comparaison de la proportion d'Hirudinées lors de la campagne automnale.

Figure 53 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau de l'enrochement lors de la campagne automnale.

Figure 54 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques du perré 2 lors de la campagne automnale.

Figure 55 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau de la zone à gabions 1 lors de la campagne automnale.

Figure 56 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau de la zone à gabions 2 lors de la campagne automnale.

Figure 57 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du mur lors de la campagne automnale.

Figure 58 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du perré 1 lors de la campagne automnale.

Figure 59 : Nombre d'individus récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 59' : Nombre de taxa récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 60 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques du gabion 1 loin lors de la campagne printanière.

Figure 61 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du perré 1 souche lors de la campagne printanière.

Figure 62 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques du perré 2 calme lors de la campagne printanière.

Figure 63 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du perré 2 rapide lors de la campagne printanière.

Figure 64 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau de l'enrochement loin lors de la campagne printanière.

Figure 65 : Structure de la communauté d'invertébrés benthiques de l'enrochement arbres lors de la campagne printanière.

Figure 66 : Proportions de divers groupes taxonomiques au niveau du perré 2 calme lors de la campagne printanière.

Figure 66' : Proportions de divers groupes taxonomiques au niveau du perré 2 rapide lors de la campagne printanière.

Figure 67 : Nombre de Diptères récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 68 : Comparaison des proportions de Diptères aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 69 : Nombre d'Amphipodes récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 70 : Comparaison des proportions d'Amphipodes aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 71 : Nombre de Mollusques récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 72 : Comparaison des proportions de Mollusques aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 73 : Nombre de Trichoptères récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 74 : Comparaison des proportions de Trichoptères aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 75 : Nombre d'Ephémères récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 76 : Comparaison des proportions d'Ephémères récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 77 : Nombre d'Oligochètes récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 78 : Comparaison des proportions d'Oligochètes aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 79 : Nombre d'Isopodes récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 80 : Comparaison des proportions d'Isopodes aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 81 : Nombre de Coléoptères récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 82 : Comparaison des proportions de Coléoptères aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 83 : Nombre d'Hémiptères récoltés aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 84 : Nombre d'Hirudinées récoltées aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 85 : Comparaison des proportions d'Hirudinées aux différents sites lors de la campagne printanière.

Figure 86 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du gabion 1 près.

Figure 87 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du gabion 1 loin.

Figure 88 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du gabion 2 artificiel.

Figure 89 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du gabion 2 troubleau.

Figure 90 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du perré 1 arbres.

Figure 91 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du perré 1 souche.

Figure 92 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du perré 2 calme.

Figure 93 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du perré 2 rapide.

Figure 94 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau de l'enrochement arbres.

Figure 95 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau de l'enrochement loin.

Figure 96 : Groupes fonctionnels de la communauté d'invertébrés benthiques au niveau du mur.

LISTE

DES

TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX .

Tableau I : Tableau récapitulatif des divers moyens de protection des berges. (d'après COULON 1978)

Tableau II : Recensement des macroinvertébrés sur différents types de berges par recherche à vue pendant 10', en octobre 1986. (X : présence) (d'après VERNIERS 1988).

Tableau III : Liste faunistique aux différentes stations rhéophiles (R) en été 1968. (d'après MICHA 1968)

Tableau IV : Ourthe - cours d'eau principal - Résultats faunistiques (d'après HERMAN 1988).

Tableau V : Composition de la faune piscicole (proportion pondérale des espèces) dans différents types de rivières salmonicoles, cyprinicoles et mixtes (cas de rivières non ou faiblement polluée et physiquement altérées) (d'aprèsDESCY et al. 1981).

Tableau VI : Diversité et nombre de macroinvertébrés benthiques récoltés dans l'Ourthe à Hony (août 1988) suite à un échantillonnage de 5 minutes. (d'après VERNIERS 1988).

Tableau VII : Inventaire floristique du gabion 1 (Esneux).

Tableau VIII : Inventaire floristique du gabion 2 (Colonster).

Tableau IX : Inventaire floristique du perré 2.

Tableau X : Inventaire floristique du perré 1.

Tableau XI : Inventaire floristique de l'enrochement.

Tableau XII : Liste des macroinvertébrés prélevés , pendant 5', par troubleau et à vue au niveau des six stations. Ces macroinvertébrés ont été récoltés en automne (fin septembre-début octobre).

Tableau XIII : Tableau de synthèse des données de la campagne automnale. Les taxa sont raxsemblé en groupes taxonomiques.

Tableau XIV : Taxa repères pour le calcul de l'indice biologique global (Norme française T 90-350).

Tableau XV : Liste de référence indiquant le mode nutritionnel des taxa.

Tableau XVI : Liste des macroinvertébrés prélevés au printemps (12 mai 1989).

Tableau XVII : Tableau de synthèse des données de la campagne de prélèvement printanier.