



THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES BIOLOGIQUES DES ORGANISMES ET ÉCOLOGIE

Bilan de l'utilisation des techniques végétales pour la stabilisation des berges en Wallonie

Lenoir, Caroline

Award date:
1998

[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 Notre-Dame de la Paix
FACULTE DES SCIENCES
Secrétariat du Département de Biologie
Rue de Bruxelles 61 - 5000 NAMUR
Téléphone: + 32(0)81.72.43. - Téléfax: + 32(0)81.72.44.20.
<http://www.fundp.ac.be/fundp.html>

Bilan de l'utilisation des techniques végétales pour la stabilisation des berges en Wallonie.

LENOIR Caroline

Résumé

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons dressé un bilan des techniques végétales utilisées en Wallonie. Pour ce faire, nous avons recensé les aménagements par le biais d'un questionnaire soumis au Service des Cours d'Eau Non Navigable ; nous les avons classés en huit catégories différentes : végétale pure, caisson, épis, épis + autres techniques, fascine, peigne, végétalisation de gabions et diverses techniques combinées ; et une cartographie des sites a été réalisée.

Parmi les 49 sites répertoriés, 5 ont été choisis pour être soumis à une analyse plus poussée. Il s'agit des caissons placés sur l'Our à Schönberg et sur l'Eau Noire à Petigny ; des fascines aménagées sur la Gueule à Plombières et sur le Néblon à Ouffet ; des épis et des peignes installés sur la Mehaigne à Fumal.

Sur ces sites, des suivis scientifiques ont été réalisés à plusieurs niveaux : nous avons observé la morphologie de la berge et réalisé des relevés de végétation par la méthode de Braun-Blanquet. Nous avons complété cette information par l'usage du coefficient de rareté.

Ceci nous a permis de mettre en évidence plusieurs paramètres intervenant dans la bonne mise en oeuvre des techniques végétales. Ainsi, le choix des espèces végétales implantées, l'environnement immédiat autour du site et les compétences propres de l'entreprise à laquelle les travaux sont confiés, conditionnent fortement l'efficacité de la technique d'aménagement.

Mémoire de licence en Sciences Biologiques

Août 1998

Promoteur: J.-C. MICHA

FACULTES UNIVERSITAIRES
NOTRE-DAME DE LA PAIX



NAMUR

Faculté des Sciences

**BILAN DE L'UTILISATION DES TECHNIQUES VEGETALES POUR LA
STABILISATION DES BERGES EN WALLONIE.**

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

Caroline LENOIR

Août 1998

Remerciements

Au moment de concrétiser le travail de toute une année, je tiens à exprimer ma gratitude envers toutes les personnes qui m'ont, d'une manière ou d'une autre, aidée à le mener à bien.

Mes plus vifs remerciements vont à mon promoteur, le professeur Jean-Claude Micha, pour m'avoir accueillie au sein de l'unité d'écologie et pour m'avoir permis de réaliser ce travail.

*Mes remerciements vont également à Madame Gisèle Verniers pour son aide, ses conseils, ses paroles de motivations, mais aussi pour son expérience ;
A Monsieur Margot pour sa connaissance floristique qui m'aida lors des visites sur le terrain ;
A Monsieur Jean-Marie Laurent pour ses nombreuses explications l'évolution des techniques végétales utilisées et leur structure ;
A Amélie Lambinon pour les visites des divers aménagements ;
Au Service des Cours d'Eau Non Navigables qui m'a donné les renseignements utiles à la réalisation de ce mémoire ;
Au département de géologie pour la confiance qu'il m'a apporté lors du prêt de matériel.*

Mais n'oublions pas que ce travail ne se serait pas réalisé sans les petits coups de pouces reçus d'un peu partout, je pense à tout le personnel travaillant dans le laboratoire et tout particulièrement à Denis, Fanny et Marc pour les visites sur le terrain ; à Thierry pour les lattes et les photos ; à Muriel pour les profils de berges ; à Laurent pour les relectures ; à Delphine, Mike, Gino, Eliana, Yanick, Yannik, David ...

*Pour finir, je n'oublie pas ma famille qui m'a aidé et encouragé pendant toutes ces années, papa pour les corrections orthographiques et grammaticales ; maman et Valé pour m'avoir supporter pendant ces quatre années.
Merci à tous.*

Table des matières

1.INTRODUCTION.....	1
2.SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
2.1.LA BERGE.....	3
2.1.1.DEFINITION.....	3
2.1.2. DÉGRADATION DES BERGES	3
2.1.2.1. Facteur eau	3
2.1.2.2. Facteurs morphologiques.....	4
2.1.2.3. Facteurs "divers"	5
2.1.3. STABILISATION DES BERGES	5
2.2. LES VÉGÉTAUX	6
2.2.1. RÉPARTITION SPATIALE DES VÉGÉTAUX SUR LA BERGE	6
2.2.2. CHOIX DES VÉGÉTAUX À IMPLANTER SUR LES BERGES	7
2.2.2.1. Choix de la végétation ligneuse et herbacée	8
2.2.2.2. Description et localisation d'espèces ligneuses et herbacées.....	9
2.2.2.3. Rôle des espèces ligneuses et herbacées	10
2.2.2.4. Organes stabilisateurs.....	11
2.2.3. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES VÉGÉTAUX	11
2.2.3.1. Avantages de stabilisation.....	11
2.2.3.2. Avantages écologiques	12
2.2.3.3. Avantages "financiers".....	12
2.2.3.4. Inconvénients	12
2.3. LES TECHNIQUES VÉGÉTALES	13
2.3.1. HISTORIQUE DES TECHNIQUES VÉGÉTALES	13
2.3.2. OUVRAGES DE COUVERTURES	14
2.3.2.1. Boutures	14
2.3.2.2. Plantation.....	15
2.3.2.3. Ensemencement.....	16
2.3.2.4. Matelas de branches	17
2.3.2.6. Végétation interstitielle	18
2.3.3. OUVRAGES DE PIED DE BERGE	18
2.3.3.1. Fagot.....	19
2.3.3.2. Peigne.....	19
2.3.3.3. Fascine.....	20
2.3.3.4. Fascine de roseaux.....	21
2.3.3.5. Tressage	21
2.3.3.6. Boudin en géotextile.....	22
2.3.3.7. Ouvrage en paquet.....	22
2.3.3.8. Tunage.....	23
2.3.4. OUVRAGES "IMPOSANTS"	24
2.3.4.1. Armature en bois	24
2.3.4.2. Caissons	24
2.3.5. LES TECHNIQUES INDIRECTES	25
2.3.5.1. Palissade filtrante	25
2.3.5.2. Epis.....	26

2.3.5.3. <i>Matelas de fascines</i>	27
2.3.5.4. <i>Traverses buissonnantes</i>	27
2.4. LES GÉOTEXTILES	28
2.4.1. TECHNIQUES DE FABRICATION	28
2.4.2. MATIÈRES UTILISÉES	29
2.4.3. RÔLES ET FONCTIONS	29
2.4.4. ETUDE COMPARATIVE DES GÉOTEXTILES	29
2.4.5. EXEMPLES DE GÉOTEXTILES	29
2.5. BIODIVERSITÉ DE LA BERGE	30
3. BILAN DE L'UTILISATION DES TECHNIQUES VÉGÉTALES EN REGION WALLONNE	33
3.1. CONDITIONS PRÉLIMINAIRES	33
3.2. DESCRIPTION DES SITES ET DES AMÉNAGEMENTS	34
3.2.1. <i>DISTRICT DE LIÈGE</i>	35
3.2.2. <i>DISTRICT DE MONS</i>	39
3.2.3. <i>DISTRICT DE NAMUR</i>	39
3.2.4. <i>DISTRICT DE MARCHE-EN-FAMENNE</i>	43
3.3. BILAN GÉNÉRAL	43
3.3.1. <i>LES AMÉNAGEMENTS</i>	44
3.3.2. <i>LES DISTANCES</i>	45
4. MATÉRIEL ET MÉTHODES	47
4.1. DESCRIPTION DES SITES	47
4.1.1. <i>SCHÖNBERG</i>	47
4.1.2. <i>PETIGNY</i>	48
4.1.3. <i>PLOMBIÈRES</i>	48
4.1.4. <i>OUFFET</i>	48
4.1.5. <i>FUMAL</i>	48
4.2. DESCRIPTION DU MATÉRIEL UTILISÉ	49
4.2.1. <i>ETUDE MORPHOLOGIQUE DE LA BERGE</i>	49
4.2.2. <i>RELEVÉ FLORISTIQUE</i>	50
5. RESULTATS	51
5.1. OBJECTIFS	51
5.2. DESCRIPTION DES SITES	51
5.2.1. <i>SCHÖNBERG SUR L'OUR</i>	51
5.2.2. <i>PETIGNY SUR L'EAU NOIRE</i>	52
5.2.3. <i>PLOMBIÈRES SUR LA GUEULE</i>	52
5.2.4. <i>OUFFET SUR LE NÉBLON</i>	53
5.2.5. <i>FUMAL SUR LA MEHAIGNE</i>	53
5.3. MORPHOLOGIE DES BERGES	54
5.3.1. <i>SCHÖNBERG</i>	54
5.3.2. <i>PETIGNY</i>	54
5.3.3. <i>PLOMBIÈRES</i>	54
5.3.4. <i>OUFFET</i>	55
5.3.5. <i>FUMAL</i>	55
5.3.5.1. <i>Le peigne</i>	55

5.3.5.2. <i>L'épi</i>	55
5.4. PLANTATIONS ET ENSEMENCEMENTS EFFECTUÉS SUR CHAQUE SITE	56
5.4.1. <i>SCHÖNBERG</i>	57
5.4.2. <i>PETIGNY</i>	57
5.4.3. <i>PLOMBIÈRES</i>	58
5.4.4. <i>OUFFET</i>	58
5.4.5. <i>FUMAL</i>	58
5.5. EVOLUTION DES SITES	59
5.5.1. <i>SCHÖNBERG</i>	59
5.5.2. <i>PETIGNY</i>	59
5.5.3. <i>PLOMBIÈRES</i>	60
5.5.4. <i>OUFFET</i>	60
5.5.5. <i>FUMAL</i>	60
5.6. RELEVÉS FLORISTIQUES	60
5.6.1. <i>SCHÖNBERG</i>	61
5.6.2. <i>PETIGNY</i>	61
5.6.3. <i>PLOMBIÈRES</i>	63
5.6.4. <i>OUFFET</i>	63
5.6.5. <i>FUMAL</i>	64
5.6.5.1. <i>Le peigne</i>	64
6. DISCUSSION GENERALE	65
6.1. LES CAISSONS	67
6.1.1. <i>SCHÖNBERG</i>	67
6.1.2. <i>PETIGNY</i>	68
6.1.3. <i>COMPARAISON ENTRE LES DEUX SITES</i>	69
6.1.4. <i>COMPARAISON AVEC LES AUTRES CAISSONS NON ÉTUDIÉS</i>	70
6.2. LES FASCINES	70
6.2.1. <i>PLOMBIÈRES</i>	70
6.2.2. <i>OUFFET</i>	71
6.2.3. <i>COMPARAISON ENTRE LES DEUX SITES</i>	72
6.3. LES ÉPIS ET LES PEIGNES	72
6.3.1. <i>LE PEIGNE DE FUMAL</i>	72
6.3.2. <i>L'ÉPI DE FUMAL</i>	73
6.4. REMARQUES GÉNÉRALES	74
 7. CONCLUSION-RESUME-PERSPECTIVES	 75
 8. LISTE BIBLIOGRAPHIQUE	

1^{ère} partie :
Introduction

1. INTRODUCTION

Depuis toujours, la dynamique naturelle des cours d'eau fait que la berge s'érode à certains endroits, des dépôts ayant lieu à d'autres. Ces dégradations se sont intensifiées avec d'une part l'abandon des pratiques anciennes d'entretien et d'autre part, plus récemment, avec l'occupation toujours plus grande des vallées et surtout des lits majeurs par l'habitat et les voies de communication.

Pour pallier aux dommages qui en résultent, des aménagements ont été réalisés au niveau des berges : murs, enrochements, gabions... Ces techniques classiques diminuent la diversité des habitats et donc des espèces végétales et animales par le manque d'abris, de sites de nidification mais aussi de nourriture. De plus, ces aménagements banalisent fortement le paysage. C'est la raison pour laquelle depuis les années 80, les scientifiques ont attiré l'attention des gestionnaires sur cette problématique. Un retour aux techniques douces basées sur l'utilisation des végétaux s'est donc amorcé lentement. Celles-ci prennent en compte les intérêts écologiques et paysagers en assurant la stabilisation des berges grâce au pouvoir de fixation du système racinaire de plantes judicieusement choisies.

Quelle que soit la technique employée, la fixation d'une berge introduit une rigidification du profil transversal du cours d'eau qui peut être extrêmement préjudiciable dans certains cas. L'objectif principal des gestionnaires devrait donc être de préserver au maximum la dynamique naturelle des cours d'eau et la diversité des berges et de ne recourir à des interventions que dans quelques cas précis. Les protections de berges devraient donc être essentiellement proposées là où de l'habitat ou des voies de communications sont menacés. Ailleurs, des analyses technico-économiques devraient être réalisées pour évaluer la nécessité de ce type d'aménagement.

Depuis 1985, le Service des Cours d'Eau Non Navigables de la Région Wallonne (SCENN) tente de développer des techniques végétales pour stabiliser les berges. A partir des quatre centres situés à Liège, Marche, Mons, Namur et du service central de Jambes, le SCENN gère en Wallonie 1683 km de tronçons de petites et grosses rivières dont la largeur est comprise entre 5 et 35 mètres. Cette dimension relativement modeste des cours d'eau (dits non navigables de 1^{ère} catégorie) implique la mise en œuvre de techniques qui sont un compromis entre les petits moyens des communes rurales utilisées sur les ruisseaux et les techniques lourdes employées sur les fleuves.

A l'heure actuelle, il est bon de faire un bilan des différents types de techniques utilisées pour analyser comment elles se maintiennent et réagissent aux diverses perturbations (notamment les crues).

Notre travail a donc pour premier objectif d'effectuer un inventaire des techniques végétales mises au point par le SCENN : cela a été réalisé par le biais d'un questionnaire

envoyé dans les différents centres. L'analyse de ces données sera comparée aux expériences étrangères en la matière présentées dans la partie bibliographique du travail.

Le deuxième objectif du mémoire sera d'observer l'évolution de certains sites aménagés qui seront soumis à une analyse détaillée de leur morphologie (observation de l'érosion, des techniques d'aménagement,...) et de leur végétation en vue de rendre compte de l'efficacité et de la qualité du travail réalisé.

Ce travail se réalise en collaboration avec le SCENN, auquel nous espérons apporter des éléments de réflexion dans le choix des techniques à préconiser pour une meilleure adaptation avec le milieu naturel.

2^{ème} partie :
Synthèse bibliographique

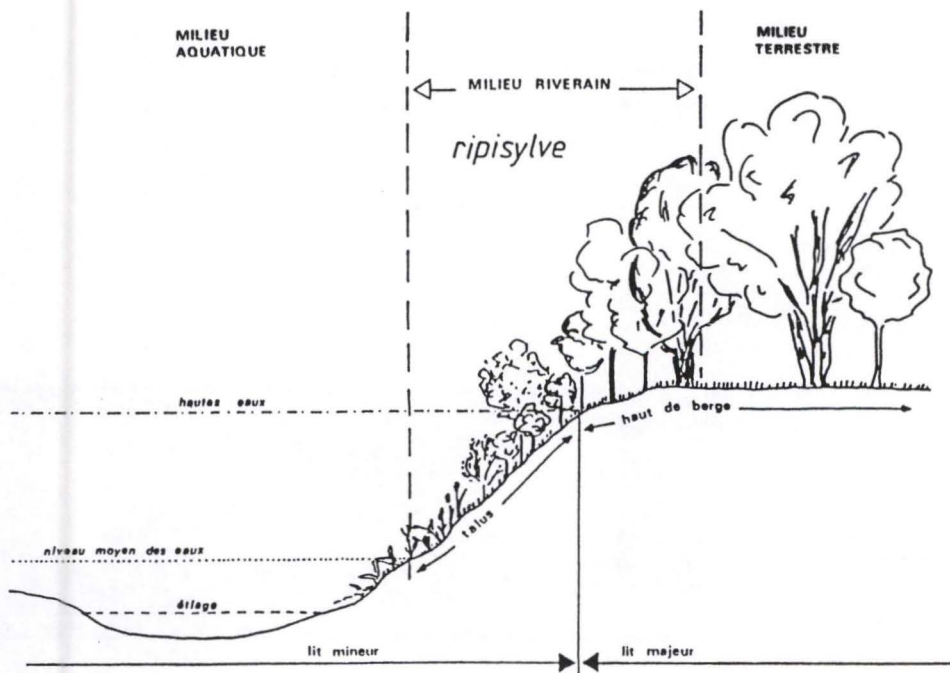


Figure 1 : Schéma de la berge (d'après Rivière environnement S.A.R.L., 1988)

2. Synthèse bibliographique

2.1. La berge

2.1.1. Définition

La berge est la zone de transition entre le milieu aquatique et le milieu terrestre. Par sa situation, elle possède une grande valeur écologique. En effet, la constitution d'une lisière augmente la gamme des microhabitats favorisant de ce fait la diversité et la densité des espèces végétales et animales (Verniers, 1995).

La berge peut être divisée en deux parties :

- le pied de talus : zone en contact permanent avec le courant et qui se situe sous le niveau d'étiage ;
- le talus : zone qui se trouve occasionnellement en contact avec le courant et qui se situe au-dessus du niveau d'étiage (figure 1).

2.1.2. Dégradation des berges

La dégradation des berges est souvent due au phénomène d'érosion. On parle d'érosion lorsqu'un agent physique agit sur un matériau solide de telle sorte qu'il entraîne sa fragilisation et son usure (Activitae, 1995). Cette érosion peut être progressive si l'approfondissement du lit se fait vers l'aval, et régressive, si le creusement se propage vers l'amont (Vieban, 1986) (annexe 1, photo A1).

Les causes majeures de dégradation sont liées à l'intervention de plusieurs facteurs que l'on peut diviser en trois catégories :

- facteur eau,
- facteurs morphologiques,
- facteurs "divers".

2.1.2.1. Facteur eau

L'action de l'eau peut être mécanique ou chimique. On parle d'action mécanique lorsque l'eau entraîne les particules du sol de la berge, c'est-à-dire lorsqu'il y a :

- ◆ *affouillement* : il est conséquent au travail de sape du courant. Les particules du sol du pied du talus sont emportées et il se crée un surplomb qui peut finir

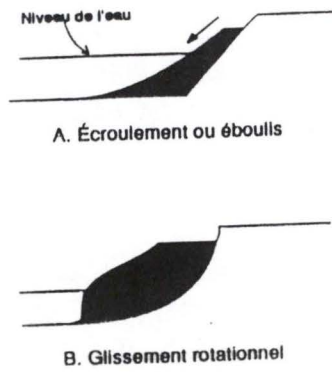


Figure 2 : Deux cas types de rupture de pente (d'après Keown, 1983 in Gratton, 1994)

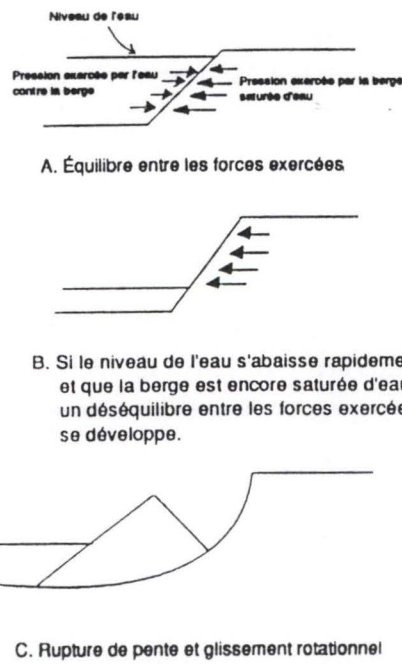


Figure 3 : Rupture de pente causée par la baisse rapide du niveau de l'eau (d'après Keown, 1983 in Gratton, 1994)

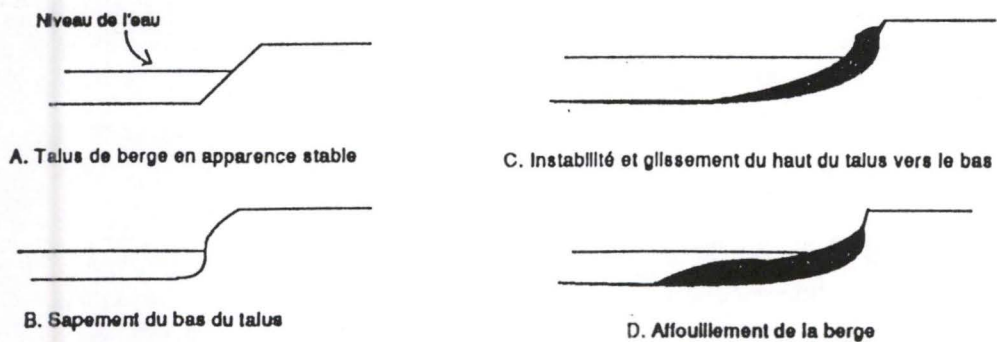


Figure 4 : Sapement du bas du talus (d'après Keown, 1983 in Gratton, 1994)

par s'écrouler. Il existe deux sortes d'affouillement : l'éboulement de la berge après un abaissement du fond du lit et l'érosion dans les méandres en pied de berge concave.

- ◆ *ravinement* : il est dû à l'eau de ruissellement. Celle-ci provoque une érosion superficielle de la berge qui sera d'autant plus forte que la vitesse de l'eau est élevée et que la pente est forte (Wolff, 1991).
- ◆ *glissement* : il s'agit d'une rupture par cisaillement du matériau qui constitue la berge, dont la tête du talus glisse en pied de berge (Wolff, 1991).
- ◆ *érosion* proprement dite : la vitesse de l'eau arrache les particules constituant les berges ce qui provoque un recul progressif de la rive. Cette érosion peut se manifester sur des tronçons concaves, comme sur des tronçons droits et elle sera d'autant plus rapide que la vitesse du courant est élevée et que la berge est érodable (figures 2, 3, 4).

On parle d'action chimique lorsqu'il y a (Blanc, 1984) :

- ◆ dissolution des poches minérales qui provoque des cavités risquant de s'effondrer (exemples : les grottes de Han-sur-Lesse, de Couvin, le Fondry des chiens).
- ◆ lessivage qui se traduit par l'enlèvement de particules solubles du terrain.

2.1.2.2. Facteurs morphologiques

Ces facteurs morphologiques regroupent les phénomènes de dégradations dus à la structure de la berge elle-même.

- ◆ *la pente* intervient dans le phénomène d'érosion. En effet, si la berge est peu pentue, elle favorise une bonne implantation de végétaux qui, eux-mêmes, limitent l'érosion (Verniers, 1995).
- ◆ *la granulométrie* : le développement du sapement varie suivant le matériau constitutif de la berge. Ainsi, on se trouvera dans des situations d'effondrement de panneaux ou d'effritement généralisé. Suivant la granulométrie, on peut distinguer trois grands types de berges (Maire, 1977) :
 - * La berge caillouteuse : si elle est surmontée d'une couche de matériaux fins (sables et limons), cette dernière peut s'effondrer car elle est en surplomb par rapport à la couche de cailloux.
 - * La berge sablo-limoneuse : du fait de l'homogénéité des matériaux, la dégradation est plus lente que dans le cas des berges caillouteuses. Le processus de sapement fait plutôt appel à un effritement généralisé.
 - * La berge argileuse : le développement de sapement est freiné si on retrouve des niveaux consolidés.

2.1.2.3. Facteurs "divers"

Sous le nom de facteurs "divers", on a réuni les phénomènes de dégradation dus aux êtres vivants et aux conditions météorologiques.

- ◆ *Le batillage* qui est l'action de l'eau sur la berge lors du passage d'un bateau ou par grand vent. Ce phénomène est composé de deux phases : l'abaissement d'eau suivi d'un système d'onde.
- ◆ *Les animaux* : les rongeurs (tel que le rat musqué) peuvent provoquer une dégradation assez importante des berges en raison des terriers qu'ils y creusent. Cette dégradation est surtout due au piétinement du bétail (Perard, 1995).
- ◆ *La chute d'arbres* : elle provoque des obstacles qui peuvent modifier l'orientation des courants vers la berge et l'éroder.
- ◆ *Le gel* , qui en cristallisant l'eau interstitielle du massif, désorganise la structure du talus (Blanc, 1984).

Que ce soit l'érosion *stricto sensu* ou une autre forme de dégradation, l'endommagement d'une berge peut avoir des conséquences néfastes du point de vue économique si le cours d'eau longe des habitations ou des infrastructures routières et du point de vue écologique en augmentant la turbidité de l'eau et en colmatant le fond (Activitae, 1995).

2.1.3. Stabilisation des berges

L'eau en mouvement dissipe son énergie, creuse, transporte, dépose des matériaux, inonde des terrains riverains. L'érosion des berges est par conséquent un phénomène naturel, normal, observable à des degrés divers, mais constaté tout au long des fleuves et rivières et cela depuis toujours.

Combattre de manière systématique ces phénomènes d'érosion perturbe inévitablement la dynamique naturelle du cours d'eau. Lutter à l'aide d'ouvrages lourds de protection conduit alors le plus souvent à accentuer les désordres (Conservatoire régional des rives de la Loire, non daté) : augmentation de la vitesse et de la force érosive du courant, encaissement du lit, érosion régressive, appauvrissement biologique du milieu,...

Il existe deux approches d'aménagement des rives :

- *Les techniques conventionnelles*

Lorsqu'on parle de techniques conventionnelles, on pense notamment à l'installation de murs de béton, aux gabions, à l'enrochement massif, etc.

Ces solutions ont en commun le fait qu'elles ne respectent pas ou peu les caractéristiques écologiques du milieu et anéantissent le potentiel de croissance et de développement de la vie végétale et animale. En plus d'être très peu esthétiques, elles sont généralement

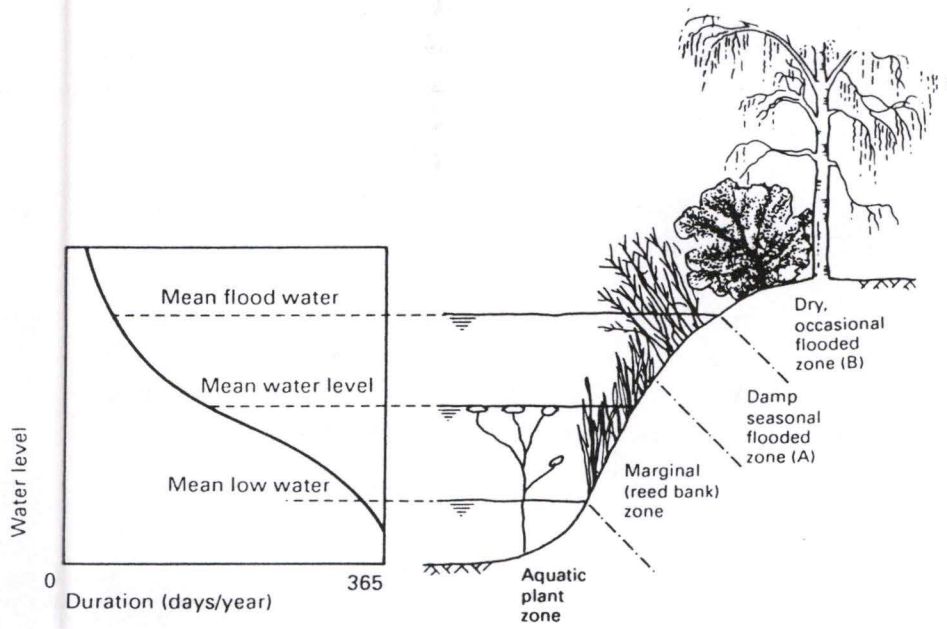


Figure 5 : Localisation des végétaux sur la berge (d'après Seibert, 1968 in Hemphill 1994)

coûteuses puisqu'elles requièrent une machinerie lourde et des matériaux non disponibles sur place (Hoube, 1994).

- *Les techniques d'éco-ingénierie*

Le génie végétal est une science hybride dans la mesure où il fait appel à des connaissances issues d'horizons divers. Disons que ses fondements puisent dans la connaissance de la physiologie végétale et, plus particulièrement, dans le mode de croissance et de développement de certaines espèces végétales. Ainsi, sur des modèles naturels de mécanismes de croissance, connus et observés, il développe des procédés qui permettent, parfois à grande échelle, de résoudre des problèmes de protection des sols contre l'érosion. Et c'est précisément dans le développement des techniques et leurs applications que réside son essence propre.

En d'autres termes, non seulement il exploite comme modèle les capacités naturelles du végétal, mais il utilise ce dernier comme matériel de base à la construction d'ouvrages (Lachat, 1994).

2.2. Les végétaux

2.2.1. Répartition spatiale des végétaux sur la berge

Les facteurs physiques locaux exercent une influence très visible sur la répartition des plantes. A mesure que les terrains s'élèvent, la fréquence et la durée des submersions diminuent, et avec elles l'apport des fertilisants et l'impact des crues, tandis qu'augmente la longueur des périodes sèches où la végétation n'est pas perturbée. En conséquence, une zonation végétale s'établit (Imboden, 1976 in Verniers, 1995). Cette zonation se répartit en trois : une zone de plantes aquatiques, une zone à roselières et une ripisylve (figure 5).

Zone des plantes aquatiques

Les plantes aquatiques freinent la vitesse du courant, donc son pouvoir érosif, et créent des zones de calme que les poissons apprécient. Elles protègent ainsi le lit contre l'érosion, et cela d'autant plus que la force des courants de crue les plaque au sol. C'est pourquoi il est bon que les berges plates soient recouvertes d'un tapis végétal, même peu dense (Lopez, non daté).

Les plantes aquatiques possèdent des feuilles immergées ou flottantes. Souvent, les fleurs sont immergées (comme chez les potamots, les callitriches), parfois elles s'ouvrent au-dessus de l'eau (nénuphar jaune, renoncules aquatiques). La plupart de ces plantes sont fixées au fond par leurs racines (Dethioux, 1989).

Zone à roselières

Cette zone est essentiellement peuplée d'associations tout à fait différentes de *Phragmitetea*. On trouve ainsi des joncs et des roseaux (*Phalaris*). La roselière protège les rives et fixe le sol des hauts-fonds, parfois même au-dessus du niveau de l'eau. Dans la zone à roselières située en avant de la terre ferme du rivage, les plantes semi-aquatiques forment sous l'eau un obstacle perméable qui atténue par frottement la force du courant et

l'effet de clapot des vagues et réduit ainsi considérablement la force d'impact sur la surface du sol. Cette protection active du rivage ne peut être assurée par une zone à roselières que dans des zones continuellement inondées, c'est-à-dire au-dessus du niveau moyen des eaux (Lopez, non daté).

Les espèces semi-aquatiques sont enracinées dans la vase ou sur le fond de la rivière ; leurs feuilles et leurs fleurs s'épanouissent au-dessus de la surface de l'eau. Les plus connues sont le rubanier, le roseau, le jonc des chaisiers, l'iris faux-acore, la baldingère, la salicaire, le lycoper...(Legrand, 1997)

La ripisylve

Cette zone se compose de groupements d'arbres et d'arbustes où dominent les aulnes et les saules (*Salix alba*, *S. fragilis*, *S. rubens*, *Populus nigra*, *Alnus glutinosa*,...).

Dans les zones riches en racines, les arrachements de berges sont rares et se produisent uniquement lorsque le courant profond ou moyen des eaux a déjà érodé le sol non consolidé au-dessous du système racinaire. Les organes supérieurs des arbustes réduisent la vitesse du courant, donc, le pouvoir érosif de l'eau, mais uniquement au moment des crues, et diminuent l'importance des crues en aval. La résistance élastique des branches divise le courant et le freine ; par frottement, elle empêche l'eau d'attaquer la berge et lui offre ainsi une protection active que nul matériau inerte ne pourrait fournir. Les dommages occasionnés par les crues dans les formations ripicoles se réparent d'eux-mêmes grâce aux pousses nouvelles et au pouvoir élevé de régénération qui les caractérise (Lopez, non daté ; Vieban, 1986).

2.2.2. Choix des végétaux à implanter sur les berges

L'influence d'un cours d'eau ne se limite pas seulement à son lit mineur, mais il se fait sentir aussi dans toutes les parties de la plaine alluviale soumises aux inondations (lit majeur). Ainsi, la végétation riveraine reflète les caractéristiques déterminantes (en particulier le niveau trophique) des eaux courantes. Si leur statut trophique est meilleur que celui du sol en place et que les inondations sont assez fréquentes (plusieurs fois par an) ou relativement longues, le sol s'eutrophisera peu à peu et permettra l'installation et le développement d'une végétation plus exigeante.

Dans le milieu terrestre, la formation végétale à la fois la plus stable et la plus durable est la forêt. C'est le stade final, vers lequel tendent toutes les actions de la nature au départ d'un sol nu sous nos conditions écologiques.

Ce phénomène peut s'observer le long des cours d'eau où, à partir d'une berge remaniée par les crues ou par les activités humaines, on assiste à la constitution d'un écosystème de plus en plus complexe. Les espèces herbacées sont les premières à prendre possession du sol, puis apparaissent les espèces ligneuses pionnières, comme divers *Salix*, *Alnus glutinosa*, *Betula* sp., etc. qui créent peu à peu "l'ambiance" forestière propice à l'installation et au développement des espèces ligneuses longévives, comme *Quercus robur*, *Carpinus betulus*, etc (Dethioux, 1991).

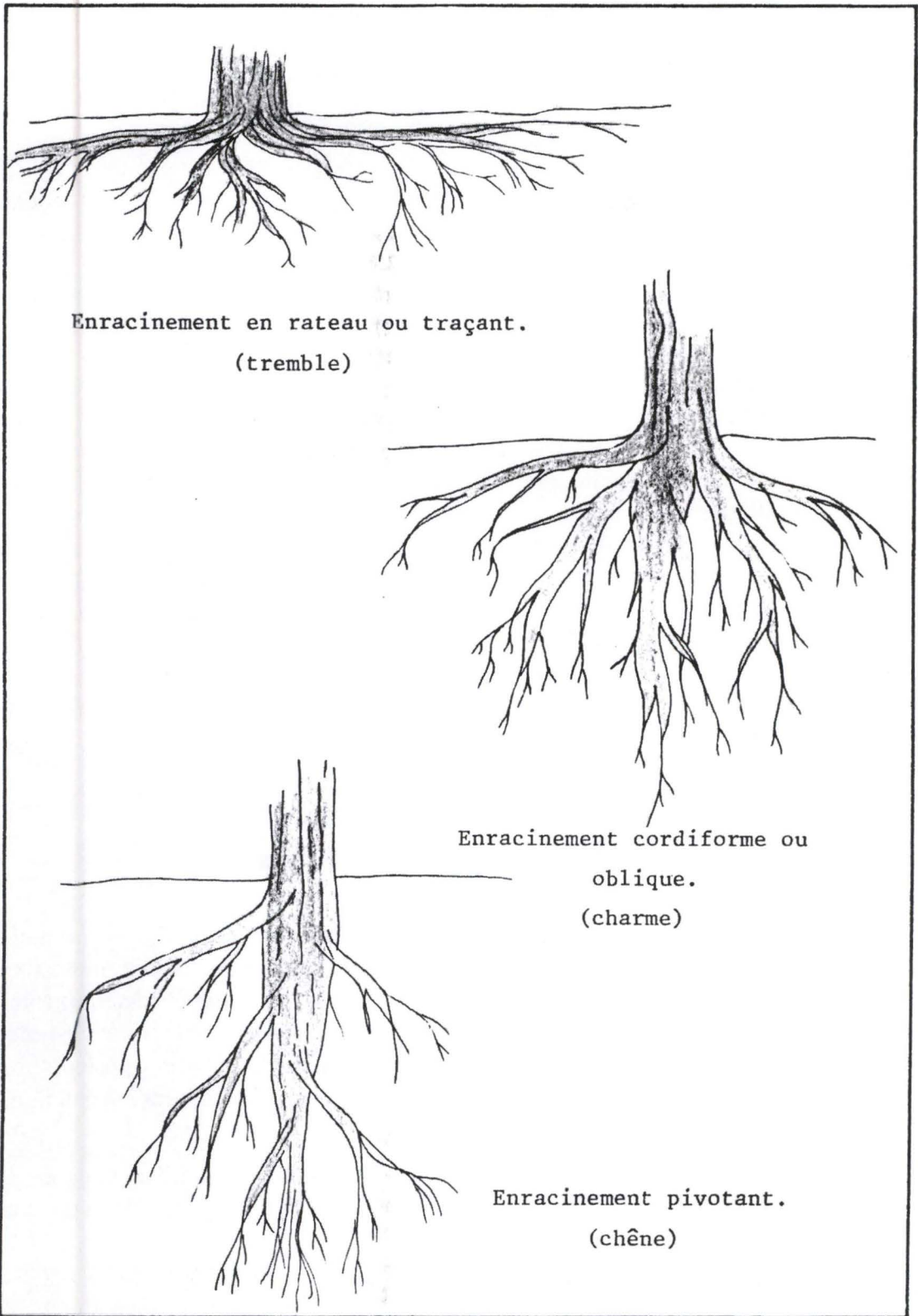


Figure 6 : Type d'enracinement d'arbre (d'après Dethioux, 1981)

Les végétaux doivent, pour pouvoir s'implanter le long des berges, répondre à plusieurs exigences :

- selon la position dans le talus, les plantes devront être plus ou moins tolérantes aux inondations,
- les plantes doivent posséder un système racinaire qui s'enfouit profondément dans le sol,
- les plantes doivent être résistantes aux forces d'arrachement,
- elles doivent posséder une forte capacité de régénération.

2.2.2.1. Choix de la végétation ligneuse et herbacée

La sélection des arbres et des arbustes adaptés aux conditions du site est un facteur des plus importants pour le succès des plantations et la bonne reprise des plants (Lanciault, 1994). Le choix des ligneux à planter sur les berges dépend des exigences écologiques de l'espèce, de sa taille spécifique et de son type d'enracinement :

Les exigences écologiques se déduisent de la distribution de l'espèce dans la nature. Elle dépend d'abord de la nature du terrain et de sa fertilité. Les espèces de sols pauvres et relativement acides sont dites oligotrophes, celles des sols moyennement fertiles sont dites mésotrophes et celles des sols fertiles et généralement neutres sont eutrophes. Les besoins en lumière sont aussi à prendre en considération. A cet égard, on distingue des essences de lumière (héliophiles), qui exigent le plein éclaircissement dès le jeune âge et les essences d'ombre (sciaphiles) qui supportent un certain ombrage dans le jeune âge. Enfin certaines espèces croissent mieux en site humide (hygrophiles), baignées par l'eau ou à nappe aquifère superficielle, tandis que d'autres préfèrent des sites moins humides (mésophiles).

La taille spécifique qu'atteignent les ligneux au cours de leur développement permet de les classer comme arbres ou arbustes. Lorsqu'on se propose de créer un écran latéral pour ombrager le cours d'eau et limiter le développement des plantes aquatiques et ripicoles, on choisira des arbres à feuillage plus ou moins dense. Par contre, si le rideau à créer doit rester bas, afin de faciliter l'accès de la rivière aux pêcheurs, on préférera des arbustes sinon des arbres qui se prêtent bien au recépage périodique.

Le type d'enracinement est très important pour la fixation des rives. Si dans le jeune âge, beaucoup d'espèces ont un enracinement assez semblable, celui-ci se différencie ultérieurement selon trois types (figure 6) :

- le type traçant ou en râteau, constitué par de fortes racines latérales qui se développent horizontalement et assez loin dans la couche supérieure du sol. Ces racines traçantes produisent des ramifications plus ou moins perpendiculaires qui s'enfoncent dans le sol. C'est le cas du frêne et du tremble.
- le type pivotant, constitué par une forte racine principale, qui s'enfonce verticalement dans le sol et produit des ramifications latérales d'extension limitée. C'est le cas du chêne.

- le type oblique ou cordiforme, formant plusieurs racines principales se développant obliquement dans le sol de façon assez symétrique, pour exploiter un volume limité au sol autour du pied. C'est le cas du bouleau et du charme.

L'enracinement s'adapte néanmoins aux circonstances locales. Chez les espèces mésophiles, il s'arrête au niveau de la nappe aquifère ; chez les espèces hygrophiles, tel l'aulne glutineux, les racines pénètrent dans les horizons constamment gorgés d'eau (Dethioux, 1981).

2.2.2.2. Description et localisation d'espèces ligneuses et herbacées

En Belgique, les terrasses alluvionnaires des cours d'eau importants sont occupées par les forêts de l'*Alno-Padion* qui, chez nous, comprend trois associations. Au contact immédiat de l'eau, on peut observer, sous une forme plus ou moins fragmentaire, la saulaie buissonneuse à osiers (*Salicetum triandro-viminalis*) qui a son optimum dans la région limono-calcaire mais qui remonte en Ardenne, jusqu'à une altitude de 350-400m, quand les eaux présentent une charge minérale relativement importante. Les espèces les plus fréquentes sont *Salix purpurea*, *S. triandra*, *S. fragilis*, *S. x rubens*, *S. viminalis* et même *S. x rubra*.

Les banquettes alluviales des gros ruisseaux et des rivières à eaux vives, sujets à des crues soudaines mais brèves, sont colonisées par l'aulnaie-frênaie stellaire, dont les essences les plus courantes sont *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior*, *Acer pseudoplatanus*, *Prunus padus*, etc.

Enfin, sur les banquettes alluviales des ruisselets et des petits ruisseaux et même jusqu'aux têtes de source à eau riche en calcaire, on peut rencontrer de-ci de-là, l'aulnaie frênaie à carex (*Carici remota-Fraxinetum*), dont les espèces ligneuses principales sont *Fraxinus excelsior* et *Alnus glutinosa*.

La couverture herbacée protège le sol en attendant que les espèces ligneuses puissent prendre la relève. Leur utilisation permet en outre de diversifier le couvert végétal en améliorant le potentiel d'habitat faunistique. La plupart des graminées ont un enracinement intensif, c'est-à-dire que leur système racinaire est généralement peu profond et très enchevêtré. Même si leurs racines sont étalées et peu profondes, elles retiennent très efficacement la couche superficielle du sol (Gratton, 1989).

L'aulne glutineux (*Alnus glutinosa*) est une essence très efficace pour la protection des berges, il s'adapte à tous les milieux richement pourvus d'eau. Son enracinement est très rapide et ses racines fort nombreuses. Elles forment une palissade qui constitue un excellent écran anti-érosif. Ses exigences en eau lui font préférer le pied des berges, de 20 à 40 cm au-dessus du niveau moyen des eaux. C'est quasi la seule espèce forestière qui puisse s'accommoder aux inondations prolongées à condition que les eaux soient suffisamment oxygénées.

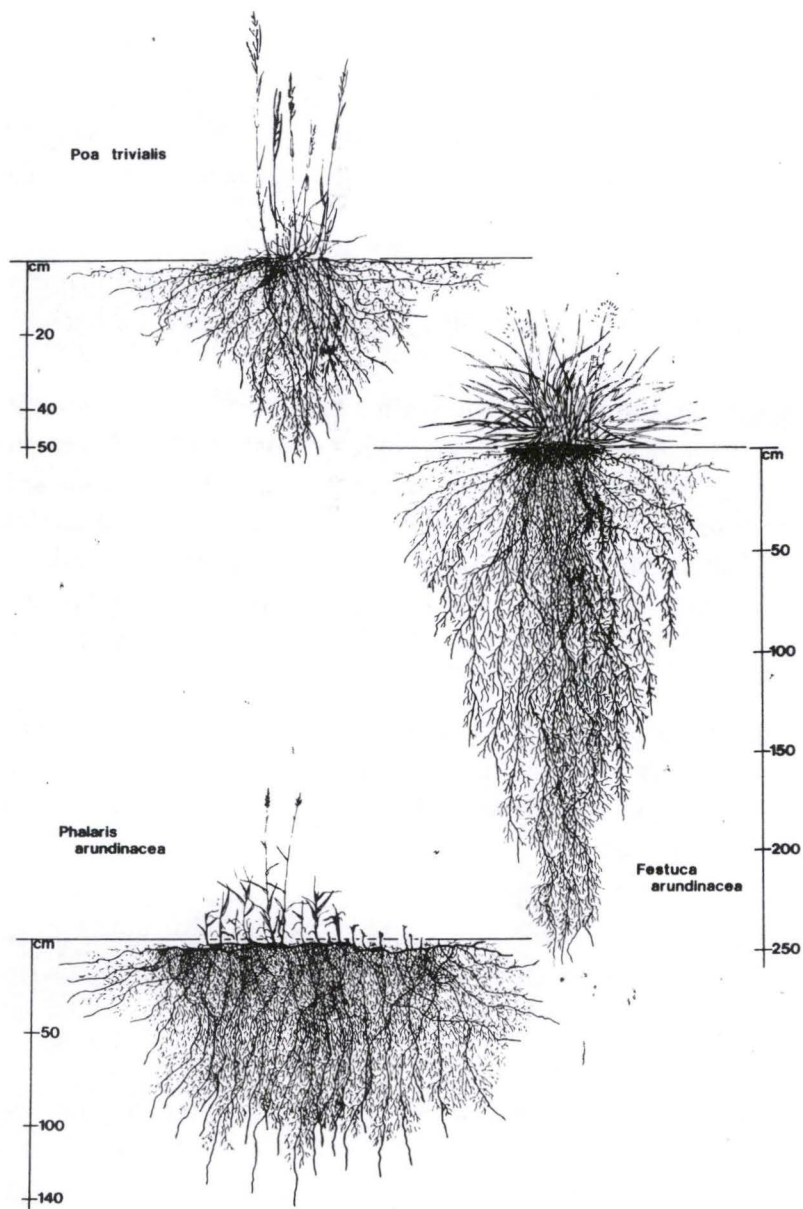


Figure 7 : Type d'enracinement de graminées (d'après Dethioux, 1991)

Il convient particulièrement aux zones fortement soumises à l'érosion, mais il ne faudrait pas exagérer l'importance des plantations d'aulnes au point d'en arriver à une monoculture là où ce n'est pas indispensable (Verniers, 1995 ; Dethioux, 1989).

Le saule (*Salix* spp.), très tolérant aux inondations de longues périodes, possède un système racinaire puissant qui s'enfonce et s'étale profondément dans le sol. Grâce à la grande flexibilité de leurs tiges et à leur capacité de régénération à partir de segments de tiges coupées, les saules sont utilisés comme éléments de construction dans le façonnement des fascines, des fagots, des rangs de plançons et de matelas de branches.

Voici quelques exemples de plantes herbacées à planter :

Le pâturin commun (*Poa trivialis*) : la profondeur de son système racinaire atteint au maximum 50 cm.

La baldingère (*Phalaris arundinacea*) : contrairement au roseau, cette espèce se couche lors des crues et ne provoque pas d'obstacle à l'écoulement des eaux ; elle est bien adaptée aux eaux courantes.

La fétuque roseau (*Festuca arundinacea*) : c'est la seule espèce pouvant insinuer ses racines plus profondément que latéralement (figure 7) (Maridet, non daté).

2.2.2.3. Rôle des espèces ligneuses et herbacées

En général, on attribue à la végétation herbacée un rôle important dans le contrôle de l'érosion superficielle ou de surface, alors que les espèces ligneuses, arbres et arbustes, seraient plus aptes à stabiliser les pentes et les talus contre les mouvements de masse. Il apparaît aussi clairement que la protection des berges contre l'érosion en cours d'eau est davantage assurée par la végétation ligneuse qu'herbacée. Dans la mesure où la végétation ligneuse améliore la stabilité des pentes, inversement sa suppression peut déclencher ou augmenter les mouvements de masse (Gratton, 1994).

Prévention de l'érosion superficielle

L'utilisation de la végétation (surtout des graminées et des herbacées), afin de prévenir l'érosion superficielle sur les pentes, est une pratique courante et assez bien établie.

La réduction du ruissellement de surface est principalement attribuée à la végétation herbacée et, à un degré moindre à la végétation ligneuse. La présence du couvert végétal et d'une litière bien développée est responsable du maintien de la capacité d'infiltration du sol et réduit la vitesse d'écoulement des eaux sur les pentes. Ceci se traduit par une diminution de la quantité d'eau ruisselée et conséquemment par une charge moins grande de sédiments transportés vers le cours d'eau. Le couvert végétal, en plus de réduire le ruissellement, capte les particules de sols lessivés et favorise leur déposition sur les berges plutôt que dans les cours d'eau (Gratton, 1994).

Contrôle des mouvements de masse

La végétation herbacée, incluant les graminées, peut indirectement améliorer la stabilité d'une pente en limitant la pénétration du gel et l'érosion superficielle, mais ce

sont surtout les espèces ligneuses dont l'enracinement est plus profond qui contribue à la prévention des mouvements de masse (Gratton, 1994).

En effet, les racines, par leur résistance à la tension et à la compression, renforcent mécaniquement le sol en absorbant et en dissipant l'énergie des forces d'arrachement (eau, glace, gravité). De même, le système racinaire est vivant et contrairement aux matériaux inertes peut, jusque dans certaines limites, se régénérer suite aux bouleversements des pentes ou des berges (Gratton, 1989).

2.2.2.4. Organes stabilisateurs

Lorsque l'on utilise les végétaux en tant que stabilisateurs de berge, leurs différentes parties possèdent des tâches distinctes. Ainsi, les racines ne jouent pas le même rôle que les feuilles ou les branches, ni que le tronc.

➤ Renforcement des racines

L'entremêlement des racines latérales d'une plante tend à lier le sol en une masse compacte. Sur les pentes, le système racinaire vertical (i.e. la racine pivotante principale et les racines profondes secondaires) peuvent pénétrer le sol meuble jusqu'aux couches inférieures plus stables (roche mère fracturée ou substrat plus compact) ancrant ainsi le sol à la pente et augmentant sa résistance au glissement.

Un autre effet, qui n'est pas à négliger, du renforcement par les racines est de rendre certains sols naturellement instables plus résistants, c'est-à-dire capables de subir une déformation continue sans pour autant perdre de leur résistance résiduelle (Gratton, 1994).

➤ Soutien mécanique et structural

Le soutien ou les contraintes latérales qu'exercent les troncs d'arbres rigides et solidement ancrés dans une pente est un phénomène assez visible et reconnu efficace contre les mouvements de masse superficiels (Gratton, 1994). De plus, la partie aérienne des herbes, buissons, arbustes réduisent la vitesse de l'eau, freinent la propagation des crues et favorisent le stockage d'un volume d'eau conséquent. Ce qui diminue l'importance des crues en aval.

2.2.3. Avantages et inconvénients des végétaux

La protection offerte par la végétation, faible au départ et renforcée après sa croissance, peut affecter le flux d'une rivière (Lopez, non daté). En modifiant la direction du courant érosif, elle réduit l'érosion des berges, elle encourage la sédimentation des matières en suspension et elle réduit les inondations (Wade, 1992-94).

Cette protection procure certains avantages de stabilisation, écologiques et financiers. Nous les énumérerons ci-dessous de manière non exhaustive et évoquerons les inconvénients de ces techniques.

2.2.3.1. Avantages de stabilisation

- la stabilisation de la berge augmente au fur et à mesure du développement des plantes, car elles sont vivantes (Lachat, 1994) ;
- souplesse des ouvrages et résistance (ancrage dans la berge et non-appui contre elle) (Ward *et al.*, 1994 ; Argus, 1995) ;
- actions hydromécaniques de la végétation dans le sol : interception, absorption et transpiration d'eau, augmentation de la cohésion, ralentissement des vitesses d'écoulement (Ward *et al.*, 1994 ; Argus, 1995).

2.2.3.2. Avantages écologiques

- relations cours d'eau / nappe phréatique non perturbées ;
- impacts de chantiers minimaux ;
- amélioration de l'autoépuration du cours d'eau au niveau des racines (Lopez, non daté) ;
- contribution à maintenir ou à restaurer une grande diversité faunique et floristique ;
- assurance d'une bonne qualité d'habitat pour la faune en général en fournissant ombre et couvert ;
- contribution à conserver ou à restaurer le patrimoine paysager d'une région et le patrimoine génétique en privilégiant l'utilisation d'espèces indigènes ;
- augmentation de la teneur en oxygène de l'eau et de la fraîcheur des eaux (ombre, rejet O₂) ;
- diminution des plantes envahissantes (algues,...) (Lachat, 1994 ; Ward *et al.*, 1994 ; Argus, 1996)

2.2.3.3. Avantages "financiers"

- coût des travaux similaire à ceux de travaux traditionnels, mais les résultats écologiques sont nettement meilleurs ;
- fournitures souvent sur place, transports simplifiés (gains énergétiques) (Lachat, 1994 ; Ward *et al.*, 1994 ; Argus, 1996)

2.2.3.4. Inconvénients

Bien que les avantages de l'utilisation des techniques végétales soient nombreux, il existe toutefois certaines limitations :

- certains cas d'érosion ne peuvent être résolus avec des techniques végétales simples ;
- selon les techniques, l'efficacité de la stabilisation n'est pas maximale dès la finition de l'ouvrage. Cependant, les limites inférieures peuvent être augmentées par l'utilisation de géotextiles et par une mise en œuvre plus conséquente des moyens de fixations (Lachat, 1994) ;
- la main-d'œuvre peut être quelquefois fastidieuse et onéreuse ;
- la nécessité de travaux d'entretien ;
- les résultats ne sont pas toujours visibles immédiatement et obligent à patienter une période de végétation. (Lachat, 1994 ; Ward *et al.*, 1994 ; Argus, 1996)

Quoique les techniques végétales aient été incluses dans plusieurs travaux de rivières afin d'obtenir des aspects plus naturels, beaucoup d'efforts sont faits dans le sens de végétaliser les berges. Le succès des techniques végétales pour protéger les berges dépend d'un nombre important de facteurs, un de ceux-ci est l'utilisation correcte des techniques employées.

L'application des techniques végétales est limitée par la profondeur permanente de la rivière et de la vitesse du courant (Jaeggi, 1989).

2.3. Les techniques végétales

2.3.1. Historique des techniques végétales

Le génie végétal ne date pas d'aujourd'hui, même si ce terme ne s'emploie que depuis peu (Lachat, 1994). Malheureusement, les connaissances sur les fonctions physiologiques des végétaux n'étaient pas tout à fait suffisantes pour comprendre certaines réponses des plantes face à leur environnement. Les moyens mécaniques manquaient aussi pour les rendre très efficaces. Vraisemblablement à cause des deux guerres mondiales et parce que la mécanisation s'intensifia alors, le génie végétal fut oublié (Lachat, non daté). Il fut remplacé à coup de gros travaux de terrassement et de stabilisation, comme les murs et les perrés maçonnés. Cette évolution conduit à une problématique nouvelle des protections des cours d'eau. En effet, ces protections rapprochées réduisent les zones alluviales qui voient disparaître du même coup leur pouvoir de régulation de crues, ce qui accroît considérablement les dangers d'inondations. De plus, le développement des zones industrialisées ou urbanisées et l'extension du réseau routier ont abouti à l'imperméabilisation de superficies de plus en plus importantes. Ce qui se traduit en périodes de précipitations par une diminution de l'infiltration et par une augmentation du volume d'eau dirigé vers les collecteurs naturels (Lachat, 1994). Tout ceci motiva les biologistes et les ingénieurs forestiers à revaloriser et améliorer les techniques végétales.

Aujourd'hui, en raison de nouvelles connaissances scientifiques dans le domaine de la physiologie et de l'écologie, grâce aussi à de nouveaux matériaux comme les géotextiles et des machines modernes comme les pelles hydrauliques articulées, le génie

végétal est en plein essor, à tel point que son enseignement se pratique dans de nombreux établissements de formation d'ingénieurs et d'environnementalistes (Lachat, non daté ; Larsen, 1994).

Les techniques, dites de génie végétal, aboutissent à des véritables ouvrages vivants de protection, répondant à des critères techniques et mécaniques exigeants, où des végétaux sont utilisés comme matériaux de construction. Elles permettent en outre de recréer une répartition végétale naturelle lorsqu'elle a disparu. La résistance de ces ouvrages est non seulement comparable à celle des aménagements de génie civil, mais, qui plus est, se renforce avec le temps (Conservatoire régional des rives de la Loire et de ses affluents, non daté).

Il n'existe pas de solution universelle et il est primordial de bien étudier le site avant de proposer un aménagement. La traversée d'une ville n'implique pas les mêmes obligations que lorsqu'il s'agit d'un hameau en bordure du cours d'eau. De même, une étude du cours d'eau à l'endroit que l'on souhaite modifier et de la végétation présente permet de choisir des espèces écologiquement mieux adaptées lors de plantation après travaux (Watelet, 1993).

Les techniques végétales peuvent être divisées en quatre groupes distincts selon l'aménagement à effectuer. On observe donc des aménagements de couvertures, de pieds de berge, "imposants" et indirects. Ces trois groupes peuvent eux-mêmes être divisés en sous-groupes suivant qu'il s'agit de techniques végétales pures ou de "masque" végétal. Ces quatre groupes vont être traités dans les paragraphes suivants.

2.3.2. Ouvrages de couvertures

Les ouvrages de couvertures sont aménagés parallèlement à la surface des talus. Les racines des plantes pénètrent dans le sol, le stabilisent et les branches qui touchent l'eau en réduisent la vitesse. On observe dans ce type d'ouvrage :

- 2.3.2.1. Boutures
- 2.3.2.2. Plantations
- 2.3.2.3. Ensemencement
- 2.3.2.4. Matelas de branches
- 2.3.2.5. Tapis vivant
- 2.3.2.6. Végétation interstitielle

2.3.2.1. Boutures

Définition et champs d'application

La technique du bouturage consiste à planter isolément ou en groupe des branches de végétaux ayant une forte capacité de rejets (ex : saules, etc.) sur les berges, et qui en poussant forment un nouveau buisson, un nouvel arbre qui retiendra le sol et empêchera l'érosion de celui-ci (Lachat, 1994).

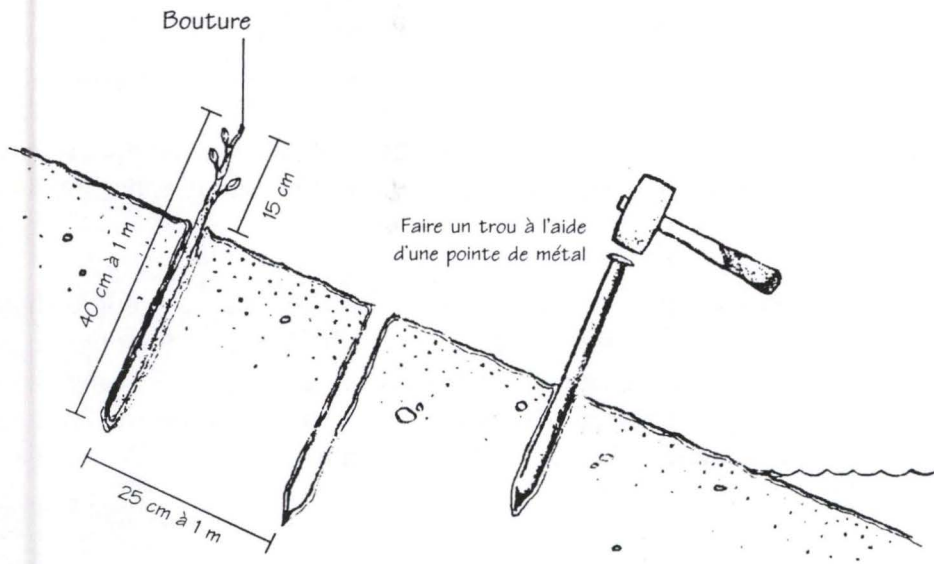


Figure 8 : Schéma de la technique de bouturage (d'après Argus, 1996)

Cette technique est recommandée sur des talus dénudés qui présentent une problématique d'érosion faible. Elle sera utilisée en combinaison avec d'autres techniques telles que les fagots ou les matelas de branches et appliquée sur des sols (avec du géotextile) où l'enracinement est possible (figure 8).

Matériaux utilisés

Ces boutures seront réalisées à l'aide de pousses (d'une ou de plusieurs années) de saules. Tous les types de saules (y compris *Salix caprea*) se prêtent à ce type d'aménagement ; par contre, les autres essences de végétaux ne donnent que rarement des résultats. Le diamètre des branches varie de 3 à 10 cm pour une longueur de 60 à 100 cm selon la profondeur à laquelle on les enfonce.

Avantages, inconvénients

Au début, la stabilité des talus et de la surface du terrain est faible, elle ne dépasse pas la profondeur à laquelle sont enfoncées les boutures. Une fois que la plante a repris, le peuplement ponctuel stabilise correctement la berge.

L'estimation du coût inclut la main-d'œuvre et les matériaux nécessaires à la mise en place de 1 m² de boutures. Au Canada, il varie, en 1996, entre 20 et 50 FB / plant dont 75% sont alloués à la main-d'œuvre (Argus, 1996). Comparativement, en France, un prix indicatif est estimé entre 30 et 180 FB / plant (Lachat, 1994).

2.3.2.2. Plantation

Définition et champs d'application

La plantation consiste à remettre en végétation les rives à l'aide d'espèces ligneuses produites en racines nues, en contenants multicellulaires ou en pots. Cette technique, simple, ne s'applique qu'en sommet de berge pour les essences ligneuses de haut port. Des espèces buissonnantes et arbustives peuvent en revanche être plantées jusqu'à mi-pente dans la berge. Généralement, les plantations ne s'effectuent qu'en complément à d'autres techniques, mais rarement seules (Lachat, 1994 ; Direction de la protection de l'environnement, 1994,).

La technique de plantation est utilisée pour végétaliser la partie médiane et supérieure des berges, pour végétaliser des berges à faibles contraintes hydrauliques et pour installer des végétaux héliophytes en courants peu agressifs (Lachat, 1994). La plantation d'un mélange d'espèces, plutôt que d'une seule, conduit plus rapidement à une communauté plus équilibrée avec une réduction dans la probabilité d'avoir une croissance excessive d'une espèce.

Le choix des espèces à planter varie en fonction de divers paramètres (cf. 1.2.2.) (Office des ponts et chaussées du canton de Berne, 1990).

Matériaux utilisés

Essences indigènes, repiquées. Les plantes doivent avoir de bonnes racines et être robustes.

Type	Fourniture	Plantation y.c. trou + arrosage	Total (approx.)
arbustes	15,00 F	5,00 F	20,00 F
plants forestiers	8,50 F	12,00 F	20,00 F
baliveaux 175-250	20 - 30,00 F	15 - 25,00 F	30 - 60,00 F
cépée 200/250	100,00 F	170,00 F	270,00 F
arbre tige 18/20	50 - 1 800,00 F	270,00 F	300 - 2 000,00 F

Figure 9 : Estimation des coûts de plantation exprimée en francs Français(d'après Lachat, 1994)

MÉLANGES POUR VERDURATION DES BERGES

(extrait de DETHIOUX, 1991)

N°1 Mélange spécial pour bas de berge sur 0,5 m de haut (valable pour toutes les régions naturelles)

<i>Phalaris arundinacea</i>	90 %
<i>Agrostis stolonifera</i>	10 %

N°2 Mélange spécial pour le reste de la berge naturelle ou même pour toute la berge (valable partout)

<i>Lolium perenne</i>	16 %	<i>Agrostis stolonifera</i>	5 %
<i>Phalaris arundinacea</i>	15 %	<i>Poa trivialis</i>	5 %
<i>Holcus lanatus</i>	14 %	<i>Plantago lanceolata</i>	5 %
<i>Arrhenatherum elatius</i>	12 %	<i>Phleum pratense</i>	2 %
<i>Dactylis glomerata</i>	10 %	<i>Trifolium repens</i>	2 %
<i>Festuca rubra subsp. rubra</i>	6 %	<i>Lotus pedunculatus</i>	1 %
<i>Agrostis capillaris</i>	6 %	<i>Achillea millefolium</i>	1 %

N°3 Mélange spécial pour le reste de la berge naturelle ou même pour toute la berge, en dehors de l'Ardenne

<i>Phalaris arundinacea</i>	15 %	<i>Poa trivialis</i>	5 %
<i>Lolium perenne</i>	15 %	<i>Agrostis stolonifera</i>	5 %
<i>Holcus lanatus</i>	14 %	<i>Festuca arundinacea</i>	2 %
<i>Arrhenatherum elatius</i>	11 %	<i>Phleum pratense</i>	2 %
<i>Dactylis glomerata</i>	10 %	<i>Trifolium repens</i>	2 %
<i>Festuca rubra subsp. rubra</i>	6 %	<i>Achillea millefolium</i>	1 %
<i>Agrostis capillaris</i>	6 %	<i>Lotus pedunculatus</i>	1 %
<i>Plantago lanceolata</i>	5 %		

N°4 Mélange spécial pour les berges artificielles (gabions) à sol superficiel et peu soumis aux crues, c'est-à-dire situées à plus de 0,5 m au-dessus du niveau d'eau moyen (toutes régions)

<i>Festuca rubra subsp. rubra</i>	20 %	<i>Agrostis capillaris</i>	5 %
<i>Lolium perenne</i>	19 %	<i>Holcus lanatus</i>	5 %
<i>Festuca rubra subsp. commutata</i>	10 %	<i>Plantago lanceolata</i>	5 %
<i>Festuca rubra subsp. trichophylla</i>	10 %	<i>Phleum pratense</i>	2 %
<i>Arrhenatherum elatius</i>	10 %	<i>Trifolium repens</i>	2 %
<i>Dactylis glomerata</i>	6 %	<i>Achillea millefolium</i>	1 %
<i>Poa pratensis</i>	5 %		

Figure 10 : Mélange de semis (d'après Dethioux, 1991)

Les espèces adaptées à ce type de techniques sont,

en ce qui concerne les buissons, la viorne obier (*Viburnum opulus*), le prunellier (*Prunus spinosa L.*), l'aubépine (*Crataegus monogyna Jacq.*), le cornouiller (*Cornus sanguinea L.*), le saule marsault (*Salix* et le sureau (*Sambucus nigra L.*) ;

en ce qui concerne les arbres, le chêne (*Quercus robur*), l'érable (*Acer pseudoplatanus L.*), le frêne (*Fraxinus excelsior*), l'aulne (*Alnus glutinosa*), le cerisier (*Prunus padus L.*), l'orme (*Ulmus spp.*) et le bouleau (*Betula pubescens, B. pendula*) (Argus, 1996).

Avantages, inconvénients

Etant donné que toutes les espèces végétales sont aptes à la plantation, cette technique permet d'apporter la diversité botanique souhaitée dans un aménagement. Un grand inconvénient est que l'efficacité est faible dans un premier temps (Lachat, 1994).

Le coût peut varier selon la forme de végétaux utilisés et les espèces choisies. Au Canada, en 1996, il varie entre 100 FB et 300 FB / plant dont 40% sont alloués à la main-d'œuvre (Argus, 1996). En France, cette technique est estimée entre 120 FB et 600 FB / plant (Lachat, 1994). En Belgique, en 1996, un prix indicatif pour un chantier réalisé était de 100 FB / plant (figure 9).

2.3.2.3. Ensemencement

Définition et champs d'application

L'ensemencement est une technique qui consiste à semer manuellement ou mécaniquement des graines d'herbacées sur des surfaces dénudées constituées de dépôts meubles. Cette technique vise une protection rapide du sol contre le ruissellement et l'érosion de surface. Son action prévue est généralement de courte durée, soit le temps que le système racinaire des boutures et des autres plantations soit suffisamment développé pour stabiliser le sol. Malgré tout, certaines herbacées possèdent un réseau racinaire suffisant pour jouer un rôle stabilisateur (Office des ponts et chaussées du canton de Berne, 1990).

En milieu riverain, cette technique est surtout utilisée en complémentarité avec d'autres techniques de stabilisation. Peu efficace à une problématique d'érosion fluviale, elle est principalement utilisée pour contrer les problèmes de ruissellement et contribue également à la diversification du couvert végétal.

Matériaux utilisés

On utilise un mélange de graines adaptées aux conditions du site à restaurer. En Belgique, le mélange Dethioux est le plus souvent employé. Il existe quatre mélanges différents en fonction de leur utilité. Le mélange n°1 est spécial pour le bas des berges, le n°2 pour le reste de la berge naturelle (valable dans toute la Belgique), le n°3 pour toute la berge (valable en dehors de l'Ardenne) et enfin, le n°4 pour les berges artificielles tels les gabions, ... Ces mélanges sont composés essentiellement de *Phalaris arundinacea*, *Agrostis stolonifera*, *Arrhenatherum elatius* et *Dactylis glomerata*. (Dethioux, 1991) (figure 10).

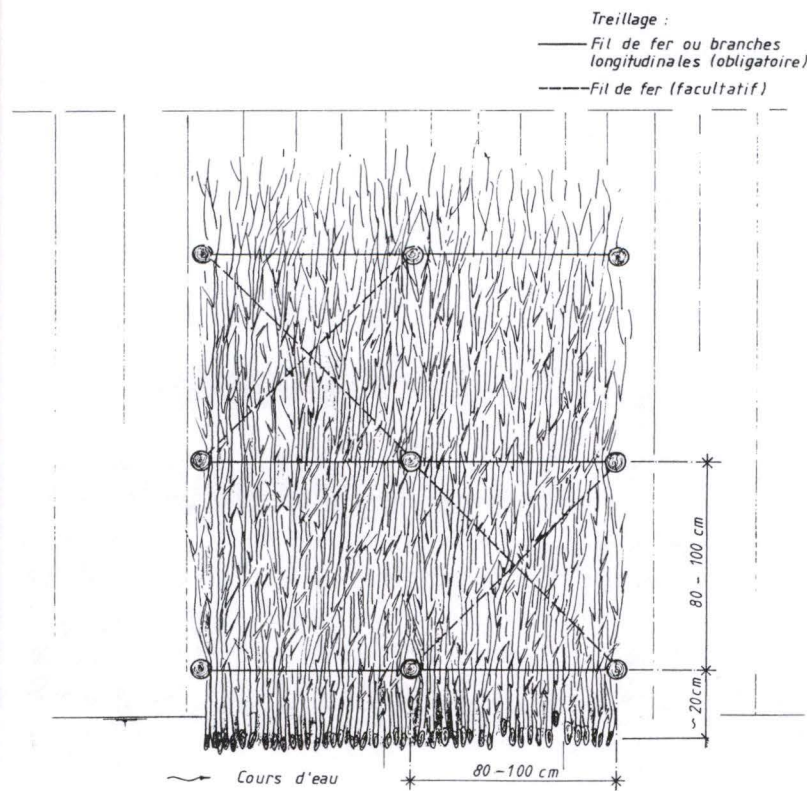
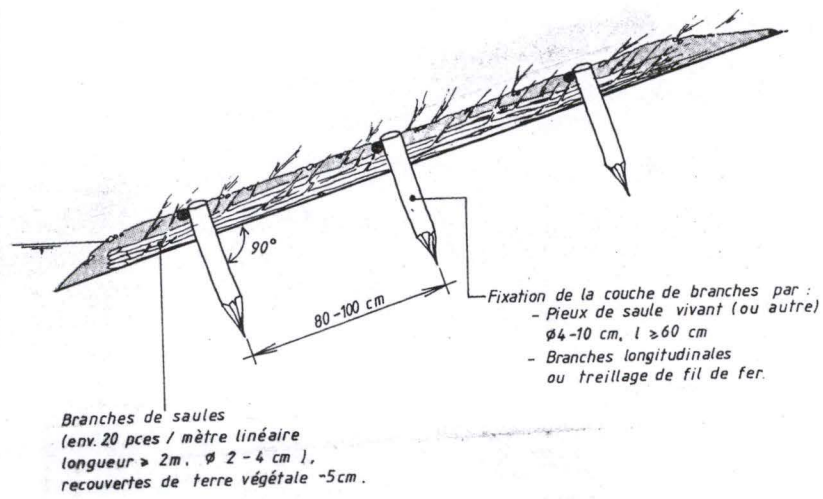


Figure 11 : Schéma de la technique de matelas de branches (d'après Lachat, 1994 et Argus, 1996)

Il existe cinq méthodes principales de semis (Hemphill, 1989) :

- le semis en rayon : il y a installation directe du semis dans le sol ;
- le semis à la volée : on étend "sèchement" les graines sur la surface du sol ;
- le semi-hydraulique : étendue de semis dans l'eau ;
- le semis en litière : constituant sec ou humide avec une litière lourde remplie d'eau ;
- le semis à la main : il inclut le semis à la volée et en plus, on localise le lieu du semis.

Avantages, inconvénients

La couverture végétale herbacée est simple, rapide et réalisable à la main ou à la machine. Par contre, l'effet est uniquement superficiel et de faible profondeur. Un entretien insuffisant entraîne une tendance à l'érosion.

Le coût varie selon le mélange et la méthode d'épandage utilisé. Il inclut la main-d'œuvre, les matériaux nécessaires à l'ensemencement de 1 m² et coûte environ, au Canada en 1996, 25 FB / m² dont 25 % alloués à la main-d'œuvre (Argus, 1996). En Belgique, en 1996, un prix indicatif pour un chantier réalisé était de 50 FB/m². Une estimation française se situe entre 25 et 150 FB/m² (Lachat, 1994).

2.3.2.4. Matelas de branches

Définition et champs d'application

Le matelas de branches désigne un arrangement de branches vivantes ou non déposé sur la pente et retenu à l'aide d'un fil métallique. Les branches utilisées pour la confection du matelas sont placées parallèlement à la pente (figure 11).

Cette technique est recommandée pour protéger les rives fortement menacées ou dégradées par l'érosion fluviale. Son action protectrice est immédiate. Elle permet d'améliorer l'efficacité de la reprise et le renforcement du sol, en réduisant les risques de ravinement. On l'utilise généralement de façon combinée avec d'autres méthodes à la base du talus telles que l'enrochement, les fascines et les fagots (Agence Rhin-Meuse, 1997).

Matériaux utilisés

Cette technique demande l'utilisation de branches d'une longueur de 2 à 2.5 m et de nattes en fibres naturelles, telles que des fibres de coco ou de jute pour stabiliser les fascines.

Le coût inclut la main-d'œuvre et les matériaux nécessaires à la réalisation de 1 m² de matelas de branches. On l'estime, au Canada, aux environs de 600 FB/m² dont 50 % alloués à la main-d'œuvre (Argus, 1996).

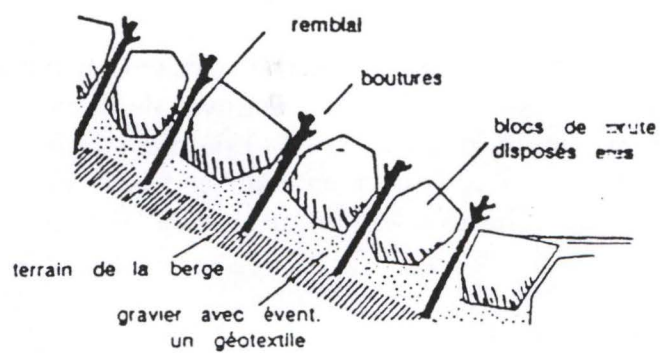


Figure 12 : Schéma de la technique de végétation interstitielle (d'après Office des ponts et chaussées du Canton de Berne, 1990)

2.3.2.5. Tapis vivant

Le tapis vivant est une protection de la berge par couverture d'éléments ligneux susceptibles d'une végétation immédiate, destinée à protéger et à consolider la partie supérieure des berges, après leur retalutage à une pente maximum de 6/4.

Le matériau est constitué généralement de baguettes de saule âgées de 1 à 3 ans et présentant une longueur comprise entre 1.5 et 2 m de long. Ces baguettes devront être prélevées sur des saules sains et vigoureux situés dans des terrains environnants. Elles devront être aussi peu ramifiées que possible et capables de prendre racine. L'utilisation de matériaux morts non susceptibles de végétation est absolument proscrite.

Un prix indicatif (pour des travaux réalisés en Belgique en 1996) est estimé à 2000 FB / m² (Benquet *et al.*, 1996).

2.3.2.6. Végétation interstitielle

Cette technique, caractérisée de camouflage végétal, consiste à insérer des plantes, branchages à rejets dans les enrochements de pierres utilisés pour stabiliser les berges. Cette technique permet le renforcement de l'enrochement par un système efficace de racines qui empêchent l'aménagement de bouger.

Les matériaux utilisés sont des boutures de saules sans ramilles, mais aussi de plantes en pots ou en mottes appartenant à des espèces de la végétation rivulaire. On a évidemment besoin de matériel cohérent servant au remplissage.

Le coût estimé doit être comparable à celui des techniques de boutures si on ne tient pas compte de l'aménagement grossier qui est l'empierrement. Il se situe donc vers 100 FB / m² de boutures (figure 12) (Lachat, 1994 ; Argus, 1996).

2.3.3. Ouvrages de pied de berge

Les ouvrages de bas de talus sont aménagés aux endroits menacés par l'érosion dans le profil transversal des cours d'eau, notamment le long de la ligne de contact végétation de rives, lit de ruisseau. Ces aménagements doivent empêcher l'affouillement des rives. On distingue dans ces techniques :

- 2.3.3.1. Fagot
- 2.3.3.2. Peigne
- 2.3.3.3. Fascine
- 2.3.3.4. Fascine de roseaux
- 2.3.3.5. Tressage
- 2.3.3.6. Boudin en géotextile
- 2.3.3.7. Ouvrage en paquet
- 2.3.3.8. Tunage

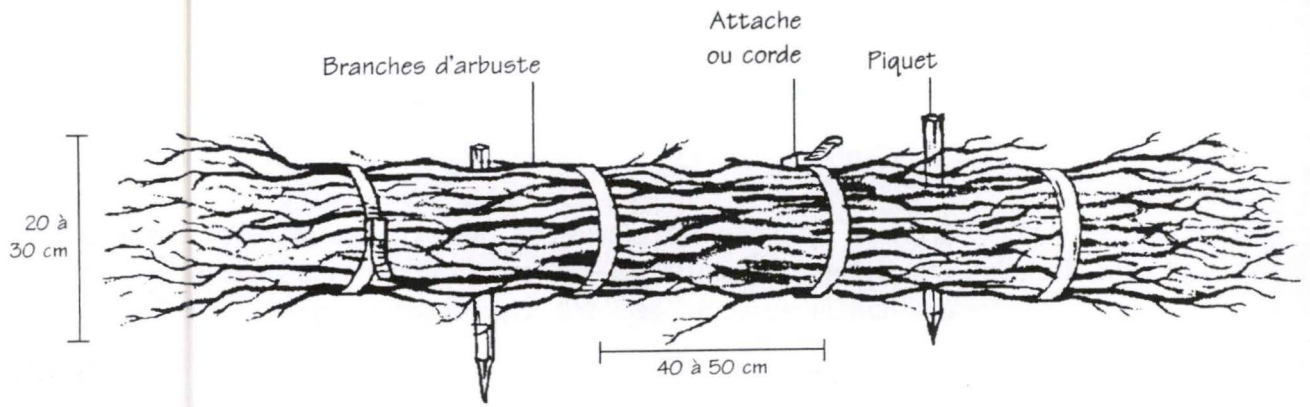


Figure 13 : Schéma de la technique de fagots (d'après Argus, 1996)

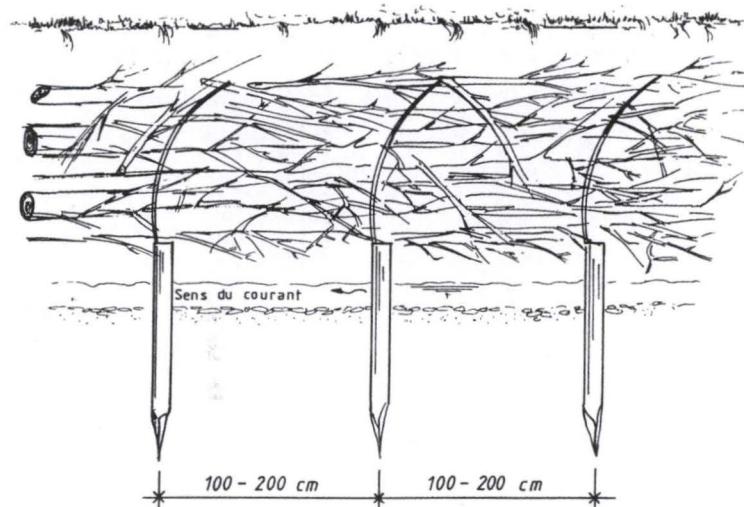
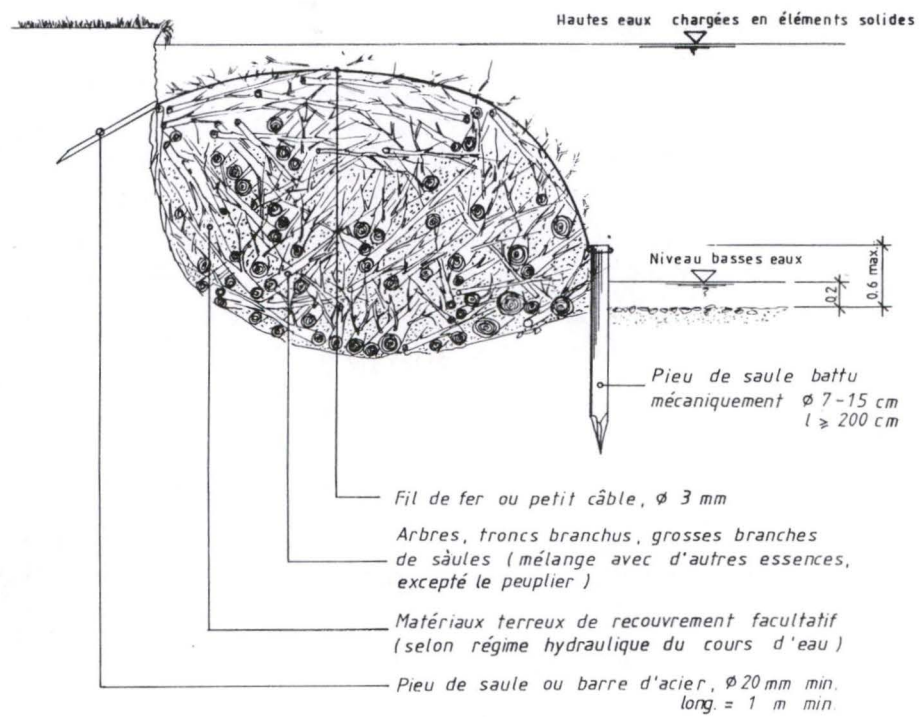


Figure 14 : Schéma de la technique de peigne (d'après Lachat, 1994)

2.3.3.1. Fagot

Définition et champs d'application

Le fagot désigne un arrangement de branches solidement attachées ensemble de façon à former un boudin uniforme. Les boudins d'application sont maintenus en place par des piquets profondément enfoncés dans le sol. Ils sont déposés sur le talus parallèle aux courbes de niveau de manière à créer une barrière protectrice.

Cette technique peut protéger efficacement une longue pente forte qu'on ne peut adoucir, et qui est affectée par une érosion faible à moyenne. Dès leur mise en place, et bien avant que la végétation n'ait repris, les fagots forment une structure naturelle qui joue le rôle de filtre en retenant les matériaux granulaires tout en laissant passer l'eau. On utilise également cette technique pour stabiliser la base ou la pente d'un talus affecté par une érosion faible à modérée (figure 13) (Office des ponts et chaussée du canton de Berne, 1990 ; Lachat, 1994 ; Direction de la protection de l'environnement, 1994 ; Argus, 1996).

Matériaux utilisés

15 à 20 segments de tige sont généralement requis pour confectionner le fagot. Les tiges doivent avoir un diamètre de 2 à 4 cm et une longueur de 1.5 à 2 m ; 2 à 3 piquets de bois ou de métal sont utilisés pour maintenir un fagot en place. Ils doivent mesurer environ 1 m de longueur.

Le coût inclut la main-d'œuvre et les matériaux nécessaires à 1 m linéaire de fagots. On l'estime entre 450 FB/m linéaire dont 50 % alloués à la main-d'œuvre (Argus, 1996).

2.3.3.2. Peigne

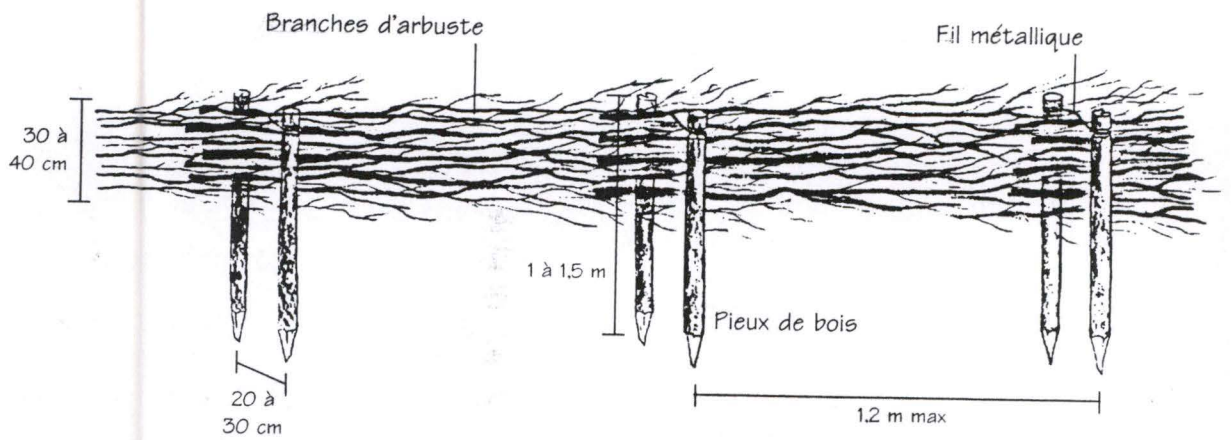
Définition et champs d'application

Au pied d'une berge sapée, on entasse de manière enchevêtrée quantité de grosses branches, ramilles, troncs branchus et arbres solidement attachés de manière à former un ensemble végétal capable de filtrer les éléments en suspension dans l'eau. La densité des branches et des ramilles crée des séparations dans le courant qui traverse le peigne, réduit la vitesse d'écoulement et les sédiments fins peuvent alors se déposer et reconstituer la berge. Pour cette technique, on préférera utiliser le saule aux autres espèces (Lachat, 1994).

Il convient pour contrer des niches d'arrachement, d'affouillement, des sapements de berge et des instabilités de pied (figure 14).

Matériaux utilisés

On utilise du sapin blanc ou de l'épicéa vert, d'une longueur de 3 à 10 m ou des houppiers (sommets d'arbres ébranchés) d'autres essences. Pour maintenir ces branches, on a besoin de pieux en bois d'une longueur variable suivant les possibilités d'enfoncement.



Situation

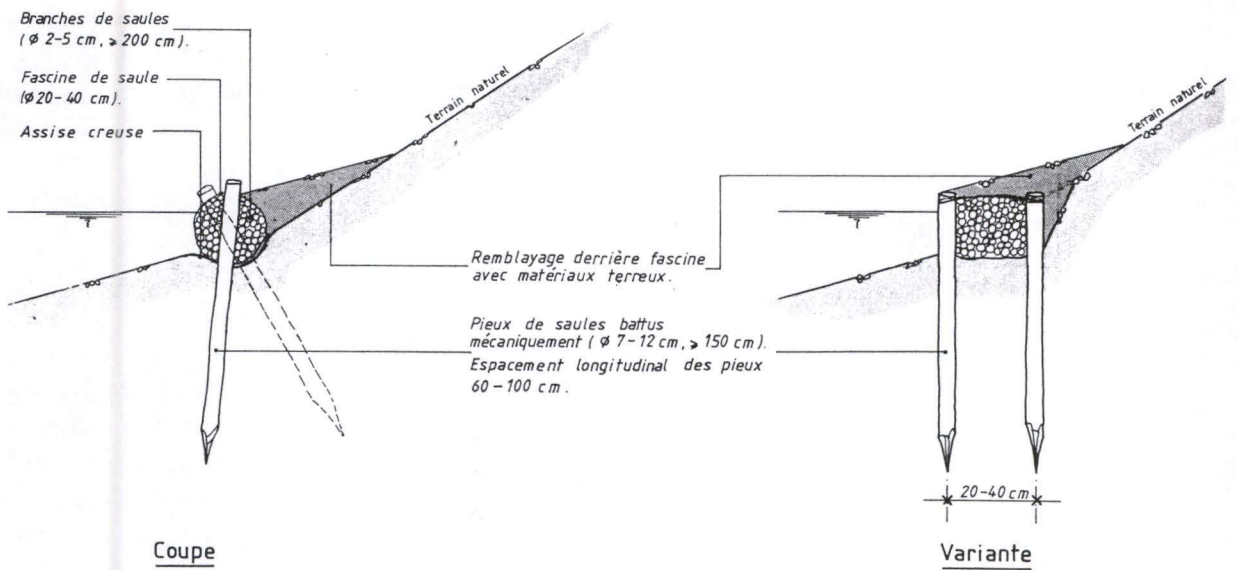
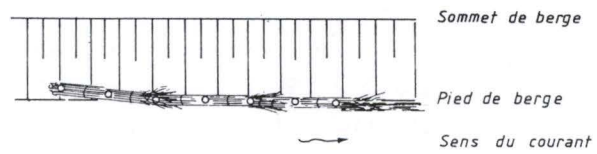


Figure 15 : Schéma de la technique de fascinage (d'après Lachat, 1994 et Argus, 1996)

Avantages, inconvénients

Cette technique est applicable en cas d'urgence et a un effet immédiat de protection. De plus, les saules, en produisant de nouvelles branches, augmentent l'effet de filtration. Par contre, ce n'est utilisable que sur des cours d'eau qui transportent beaucoup d'alluvions et qui sont soumis fréquemment aux crues.

Les coûts sont difficiles à estimer et très variables d'un cas à l'autre. De plus, ce genre d'ouvrage peut tout à fait être réalisé, en ce qui concerne le remplissage, avec les produits d'entretien d'autres ouvrages ou des déchets de coupes effectuées dans les alentours.

Cependant, un prix indicatif, en France, est de 900 FB/m³ (Lachat, 1994 ; Agence de l'eau Rhin Meuse, 1997). En Belgique, pour des travaux réalisés en 1996, on estime cet aménagement à 1800 FB / m³.

2.3.3.3. Fascine

Définition et champs d'application

Les fascines sont des ouvrages longitudinaux de protection du pied de berge. La fascine désigne un arrangement de branches placées dans le même sens et solidement fixées entre deux alignements parallèles de pieux (figure 15).

Généralement, une seule rangée de fascines est appliquée dans le bas d'un talus. Cette technique est recommandée pour contrer les problèmes d'érosion moyenne à sévère, elle est efficace et capable de résister immédiatement à de fortes contraintes hydrauliques. Toutefois, elle ne s'applique pas dans le cas de talus très hauts et abrupts soumis aux vagues de vent ou de batillage (Agence de l'eau Rhin Meuse, 1997).

Matériaux utilisés

Cette technique demande l'utilisation de longues branches mortes ou vivantes possédant encore toutes les ramilles, des pieux d'une longueur de 60 à 100 cm ou des fers d'armature selon la nature du terrain, d'un géotextile, de bandes métalliques et de matériaux de lest (cailloux,...).

Avantages, inconvénients

En utilisant peu de matériaux et de place, cet aménagement protège rapidement, et à tout moment, contre les affouillements. Par contre, la hauteur est limitée au pied de berge et nécessite de grandes quantités de matériaux.

Le coût inclut la main-d'œuvre et les matériaux nécessaires à 1 m² de fascines. Au Canada, en 1996, on l'estime entre 1300 et 1500 FB / m dont 50 % sont alloués à la main d'œuvre (Argus, 1996 ; Benquet *et al.*, 1996).

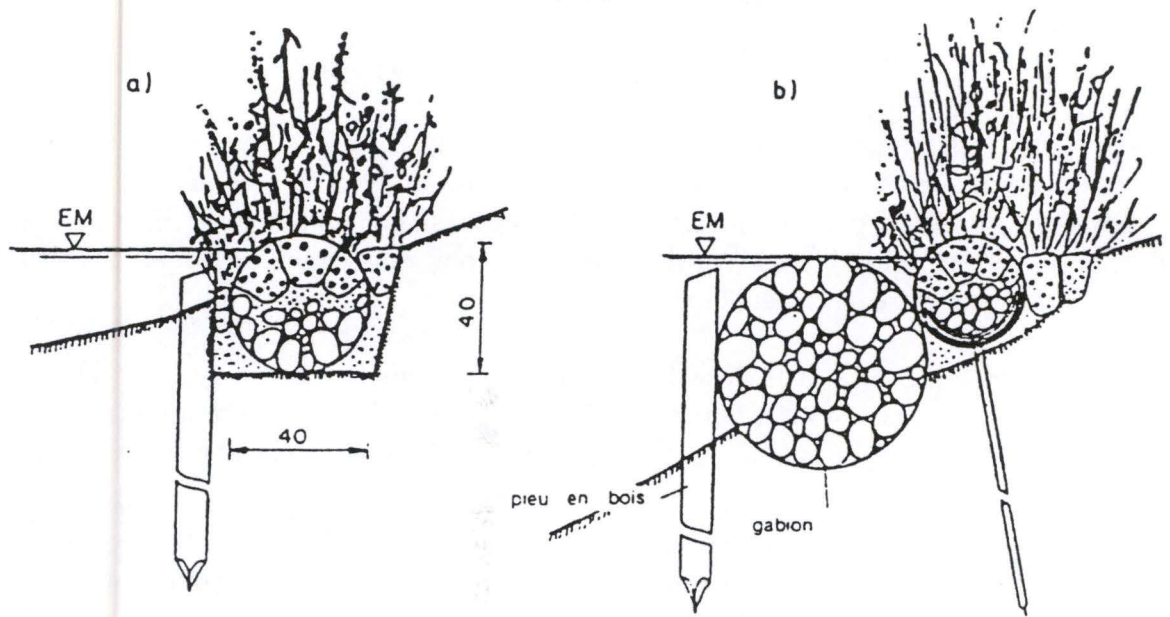


Figure 16 : Schéma de la technique de fascine de roseaux (d'après Office des ponts et chaussées du Canton de Berne, 1990)

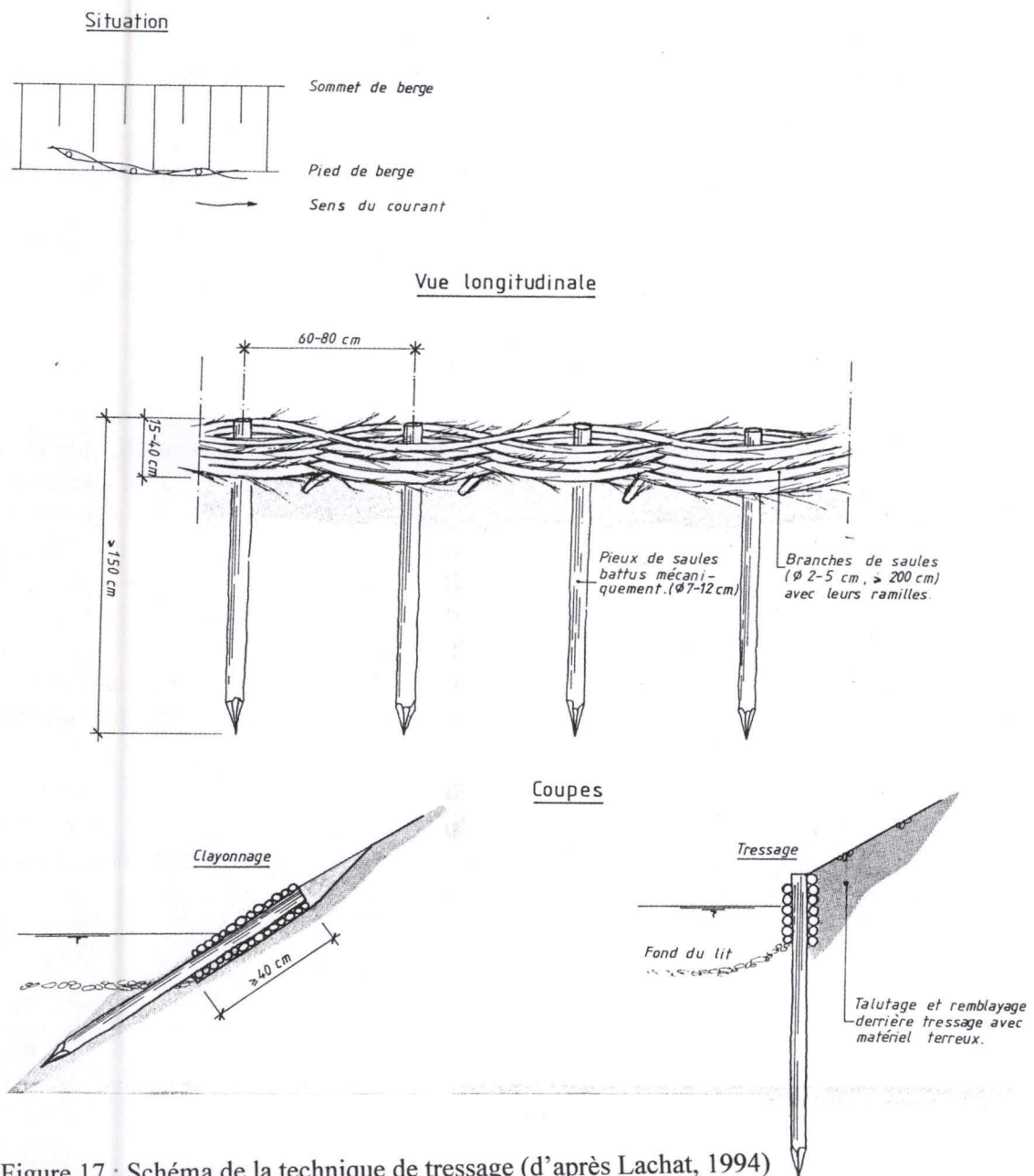


Figure 17 : Schéma de la technique de tressage (d'après Lachat, 1994)

2.3.3.4. Fascine de roseaux

Définition et champs d'application

Dans les techniques de fascines, on peut distinguer plusieurs variantes. Dans ce cas-ci, les fascines sont surplombées par des roseaux qui ont comme rôle de protéger la rive contre l'érosion due au courant et à la force des vagues car les nombreuses tiges souples brisent les vagues et diminuent leur effet (figure 16).

Cette technique est utilisée comme protection de petits tronçons de lacs menacés, ruisseaux et petites rivières à faible pente avec une fluctuation peu importante du niveau d'eau et un charriage d'alluvions minima (Office des ponts et chaussées du canton de Berne, 1990 ; Lachat, 1994 ; Argus, 1996).

Matériaux utilisés

L'aménagement utilise les mêmes matériaux que pour les fascines simples, mais en plus, on ajoute des roseaux (*Phragmites communis*), scirpe (*Schoenoplectus lacustris*), glycérie (*Glyceria maxima*), acore (*Acorus calamus*), iris (*Iris pseudacorus*), carex (*Carex* sp).

Avantages, inconvénients

Les roseaux ont des capacités de nettoyage mécanique et biologique, ils provoquent une bonne sédimentation et une protection immédiate à un niveau d'eau moyen.

Par contre, ces aménagements, qui exigent beaucoup de travail, sont réalisables uniquement dans les lieux ensoleillés et dans les sols riches.

L'estimation du coût de cette technique n'est pas décrite dans la littérature (Office des ponts et chaussées du canton de Berne, 1990 ; Lachat, 1994 ; Argus, 1996).

2.3.3.5. Tressage

Définition et champs d'application

Le tressage est une protection de pied de berge de faible hauteur réalisée avec des branches de saules vivantes, entrelacées autour de pieux battus mécaniquement. Le résultat donne un véritable "mur" végétal capable de résister à de fortes contraintes hydrauliques, le tressage des osiers entre les pieux constituant à lui seul une protection mécanique immédiate. Le clayonnage, terme assimilé au tressage et plus répandu que ce dernier, est en réalité un tressage plus haut sur 40 cm. Il est construit sur la rive et est ensuite plaqué, à plat, sur la berge talutée et nettoyée pour favoriser le contact avec le sol (figure 17).

Il représente une méthode rapide et efficace pour stabiliser les bords de cours d'eau en pied de berge, sur des cours d'eau peu agressifs du point de vue érosif. Sur des cours d'eau puissants, le tressage est régulièrement accompagné d'autres techniques de protection (boutures, couches de branches, plants, etc.) car il ne constitue pas une technique appropriée pour la protection du talus en entier (Office des ponts et chaussées du canton de Berne, 1990 ; Lachat, 1994 ; Argus, 1996).

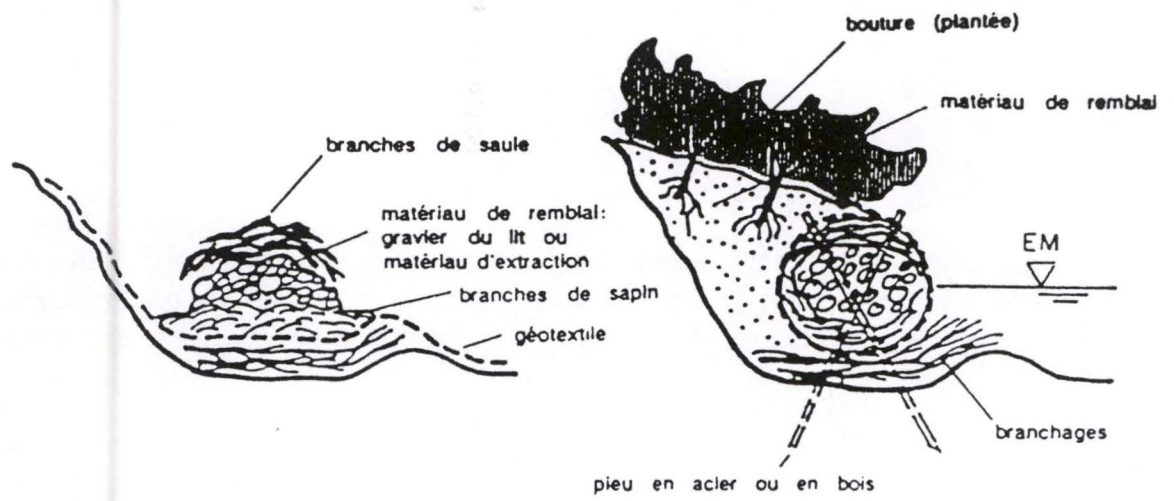


Figure 18 : Schéma de la technique de boudins en géotextile (d'après Office des ponts et chaussées du Canton de Berne, 1990)

Avantages, inconvénients

Cet aménagement que l'on peut combiner en escaliers retient tout de suite le terrain dans les talus. Malheureusement, il est inutilisable le long de rives pierreuses ou rocheuses et il nécessite beaucoup d'entretien.

Le coût inclut la main-d'œuvre et les matériaux nécessaires à 1 m de tressage. En France, on l'estime à 1300 FB/m de tressage. En Belgique, des travaux similaires sont estimés à 1200 FB / m de tressage.

2.3.3.6. Boudin en géotextile

Définition et champs d'application

Cette technique combine l'utilisation un peu particulière du géotextile avec des plants de saules. Les branches sont entourées par le géotextile et le tout forme un énorme boudin que l'on place au pied des berges. En guise de protection contre l'évidement, on dispose des branches de sapin sur le textile et on le recouvre de gravier de la rivière ou de matériaux terreux provenant du déblai (figure 18).

Les boudins en géotextile constituent une protection souple des bas de talus de cours d'eau ayant un lit instable. Les saules poussent au travers du géotextile qui retient le matériau pendant la phase de croissance. A la longue, ce seront les saules qui stabiliseront le bas des berges et éloigneront le courant de la rive. Des caches se forment sous les racines des plantes fluviatiles permettant aux petits animaux et aux poissons de s'y réfugier (Office des ponts et chaussées du canton de Berne, 1990 ; Lachat, 1994 ; Argus, 1996).

Matériaux utilisés

Comme cités ci-dessus, les matériaux utilisés par cette technique sont du géotextile tissé, des branches de sapin, des boutures de saules, sans oublier les matériaux de remplissage.

Avantages, inconvénients

Les boudins sont souples et très résistants dès le début, par contre le géotextile se déchire lors du charriage d'alluvions.

Le coût varie en fonction du géotextile utilisé et en fonction du nombre de branches de saules que l'on insère à l'intérieur. Mais aucune estimation n'a été relatée dans la littérature (Office des ponts et chaussées du canton de Berne, 1990 ; Lachat, 1994 ; Argus, 1996).

2.3.3.7. Ouvrage en paquet

Définition et champ d'application

Les ouvrages en paquet sont une succession de branches vivantes et de matériaux de remblai posés perpendiculairement à l'écoulement. Le remblai derrière l'ouvrage sera

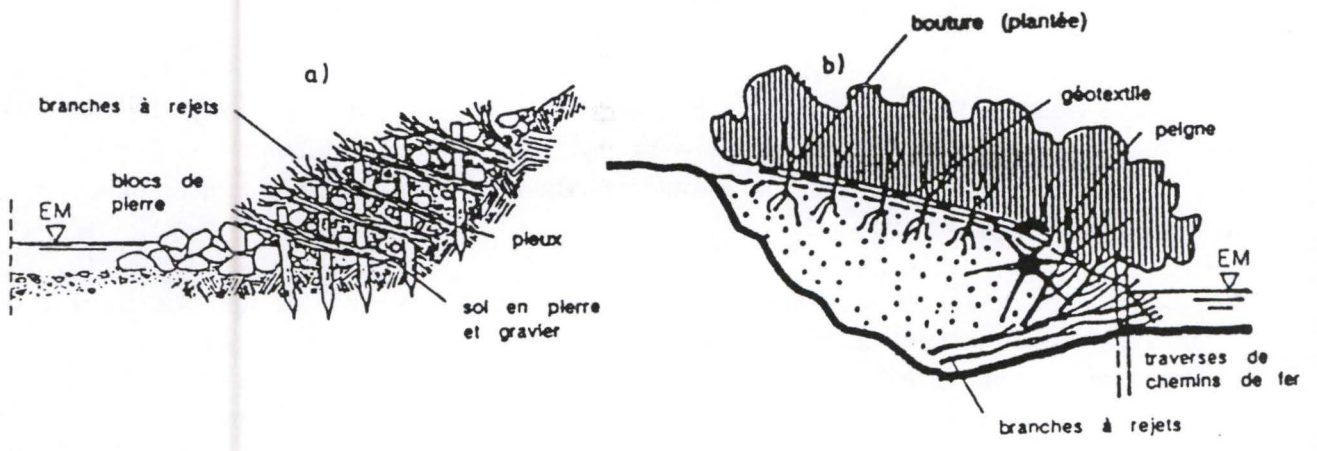


Figure 19 : Schéma de la technique d'ouvrages en paquet (d'après Office des ponts et chaussées du Canton de Berne, 1990)

recouvert de textile, des boutures seront enfoncées (1pièce/m²) et de l'herbe sera semée (figure 19).

Cette technique est utilisée pour contrer les problèmes d'endiguement, de remblai, de rétrécissement du profil d'écoulement et de réfection de berges effondrées (Office des ponts et chaussées du canton de Berne, 1990 ; Lachat, 1994 ; Argus, 1996).

Matériaux utilisés

On utilise pour cela des arbres entiers (longs de 3 à 10 m), divers branchages avec ramilles (50% saules), matériel de fixation, géotextile : nattes de jute, fibres en coco ou synthétiques et pour finir, des boutures de 30 à 50 cm de long et des matériaux de remblai.

Avantages, inconvénients

Cet ouvrage facilite le dépôt de matériaux, il est efficace contre les niches d'arrachement, et c' est une technique bon marché. Par contre, sur des berges sapées, l'endiguement ne protégera pas contre l'arrachement pendant la première phase de croissance.

Aucune évaluation de coût n'est fournie pour cette technique.

2.3.3.8. Tunage

Définition et champs d'application

Le tunage est une protection de berge constituée de pieux de soutènement verticaux non jointifs, à l'arrière desquels sont placés divers matériaux : planches, moellons, fascines,... Le tunage joue aussi bien le rôle d'une butée de pied que celui d'écran (Verniers, 1985 ; Akrou, 1987).

Matériaux utilisés

Les pieux en bois doivent être droits, de forme régulière et résistants au battage. Parmi les bois les plus utilisés, l'azobé, bois tropical très durable résistant à la putréfaction.

Avantages, inconvénients

Cette technique donne une bonne intégration dans le milieu naturel, par contre, il y a des risques mécaniques d'abrasion, d'écrasement et d'arrachement et des risques biologiques pour le bois non totalement immergé.

On peut combiner cette technique avec d'autres comme, par exemples, le tunage classique entièrement en bois, le tunage avec fascine et le tunage avec enrochement.

Aucune estimation de coût du tunage n'est indiquée dans la littérature (Verniers, 1985 ; Akrou, 1987).

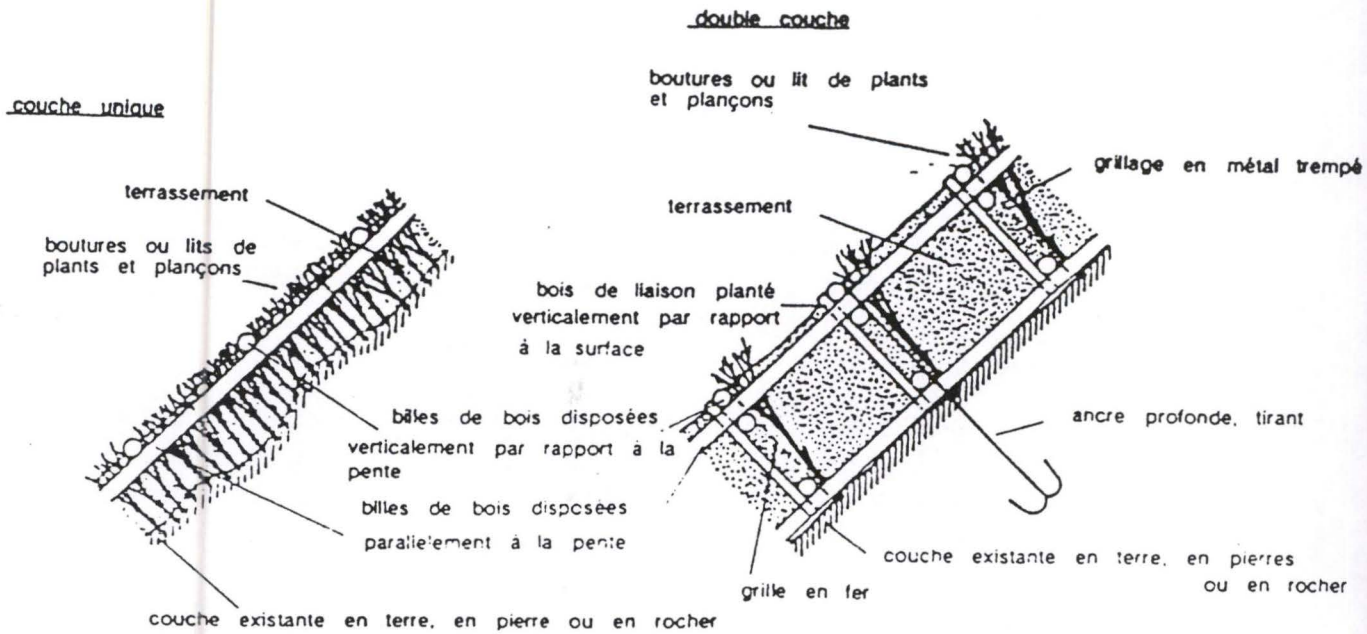


Figure 20 : Schéma de la technique d'armature en bois (d'après Office des ponts et chaussées du Canton de Berne, 1990)

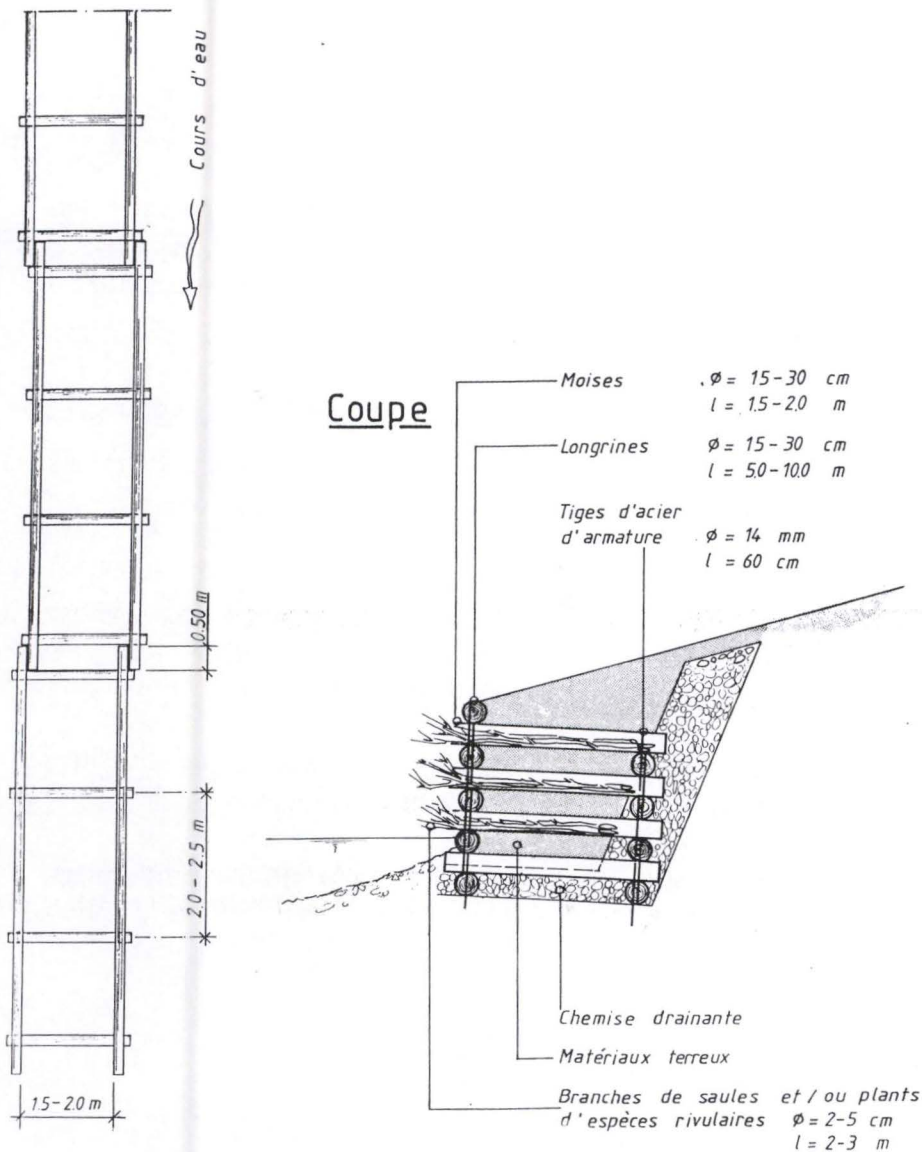


Figure 21 : Schéma de la technique de caisson (d'après Lachat, 1994)

2.3.4. Ouvrages "imposants"

Nous entendons par ouvrages imposants, ceux dont la structure est tellement lourde qu'ils se rapprochent plus des techniques traditionnelles tout en restant techniques végétales. On distingue dans ces techniques :

2.3.4.1. Armature en bois

2.3.4.2. Caisson

2.3.4.1. Armature en bois

Définition et champs d'application

Les armatures en bois sont définies comme une structure de billes horizontales parallèles à la ligne de pente de façon à former une grille tridimensionnelle. Il ne faut pas confondre cette technique avec les caissons (cette dernière sera décrite ci-dessous) (figure 20).

Elles sont utilisées pour des niches d'arrachement hautes et raides (10 à 20 m) dont on ne peut pas réduire la pente ou pour des berges concaves des méandres qui ne doivent pas s'éroder davantage vu la présence d'une infrastructure (route, habitat...) (Office des ponts et chaussées du canton de Berne, 1990 ; Lachat, 1994 ; Argus, 1996).

Matériaux utilisés

On utilise du bois mort ou vivant sous forme de poutre ou de bille de préférence de pin, dimensionné selon la nature de l'ouvrage.

Avantages, inconvénients

Cet aménagement a l'avantage d'être végétal et protège immédiatement les rives lors d'effondrements.

Par contre, il exige beaucoup de travail, le pied du talus doit être retenu par des pierres et le bois n'est pas indestructible.

Le prix de revient de cette technique doit approcher celui des caissons, malheureusement, cette technique étant peu utilisée, aucune approximation n'est fournie (Office des ponts et chaussées du canton de Berne, 1990 ; Lachat, 1994 ; Argus, 1996).

2.3.4.2. Caissons

Définition et champs d'application

Le terme de caisson fait référence à une structure étagée faite de poutres ou de rondins de cèdre remplie de matériel terreux, dans laquelle sont insérées, dans la partie basse, des branches de saules et, dans la partie haute, on peut envisager de planter et/ou de semer dans les mêmes interstices (figure 21).

Cette technique est utilisée pour protéger les talus affectés par une érosion sévère et dont la pente ne peut être reprofilée. Elle offre une protection immédiate. Dans certains cas, la structure de cède pourra être remplie de pierres aux étages inférieurs, et de terre aux étages supérieurs. On effectuera alors une végétalisation dans la partie supérieure du caisson (Office des ponts et chaussées du canton de Berne, 1990 ; Lachat, 1994 ; Argus, 1996).

Matériaux utilisés

Pour faire le caisson, on utilise des billes ou des poutres de bois d'un diamètre de 10 à 30 cm. Dans ces caissons, on plante un lit de branches de saule solides et vigoureuses présentant une longueur supérieure à 1 m, des plançons ou plants d'une essence résistante au recouvrement et éventuellement des mottes de gazon.

Avantages, inconvénients

Protection simple et rapide des rives que l'on peut adapter à la hauteur désirée. Par contre, le bois pourrit et un bon ancrage est nécessaire.

Le coût inclut la main-d'œuvre et les matériaux nécessaires à 1 m de caisson. Au Canada, on l'estime entre 9000 et 13000 FB/m dont 35 % alloués à la main-d'œuvre (Argus, 1996). En Belgique, le Service des Cours d'Eau Non Navigables estime cette technique à 11000 FB / m.

2.3.5. Les techniques indirectes

Les techniques indirectes servent à dévier ou à diminuer le flux de l'eau. Le ralentissement de la vitesse de l'eau provoque la sédimentation des matières en suspension. On distingue dans ces techniques :

- 2.3.5.1. Palissade filtrante
- 2.3.5.2. Epis
- 2.3.5.3. Matelas de fascines
- 2.3.5.4. Traverse buissonnante

2.3.5.1. Palissade filtrante

Définition et Champs d'application

Les palissades filtrantes sont composées de pieux et de traverses disposés à intervalles réguliers formant une série de paliers derrière lesquels sont implantées d'autres techniques telles que des fascines ou des matelas de branches. Généralement, les palissades situées dans la portion du talus où l'érosion est la plus forte sont constituées de pieux profondément ancrés et placés en rangs serrés. Quant aux palissades formant les étages où l'érosion est plus faible, elles sont constituées de pieux espacés les uns des autres et reliés par des planches.

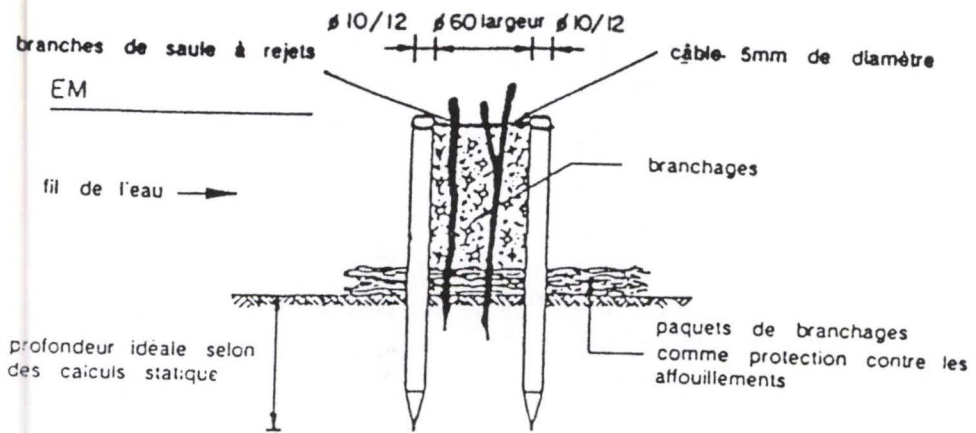


Figure 22 : Schéma de la technique de palissade filtrante (d'après Office des ponts et chaussées du Canton de Berne, 1990)

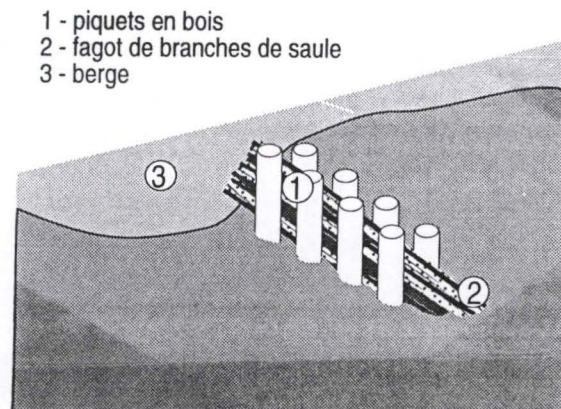


Figure 23 : Schéma de la technique d'épi (d'après Verniers, 1995)

Cette technique est utilisée dans la protection des rives pour limiter l'impact du batillage (figure 22) (Office des ponts et chaussées du canton de Berne, 1990 ; Lachat, 1994 ; Argus, 1996).

Matériaux utilisés

On utilise des pieux d'un diamètre et d'une longueur variable suivant les sites, des branches mortes, des pieux de saule vivant et éventuellement des matériaux de remplissage.

Avantages, inconvénients

Cette technique délimite l'espace destiné à la navigation. Par contre, elle n'est pas faite pour durer et donc doit être renouvelée.

Le coût inclut la main-d'œuvre et les matériaux nécessaires à 1 m linéaire de palissade. On l'estime à 3000 FB/m de linéaire dont 20% alloués à la main-d'œuvre.

2.3.5.2. Epis

Définition et champs d'application

Il s'agit d'ouvrages construits en partant de la berge, obliquement au courant comme des jetées. Leur rôle est de ralentir la vitesse du courant et ainsi de créer une zone de sédimentation. Cette technique n'est envisageable que sur des cours d'eau suffisamment larges (± 10 mètres) (Office des ponts et chaussées de Berne, 1990 ; Verniers, 1995) (figure 23).

Cette technique est applicable dans les zones inondées où le cours d'eau doit être détourné (uniquement quand la distance est de 2.5 fois plus large que la dimension de l'épi), sur des rives menacées d'érosion et peuplées de vieux arbres.

Matériaux utilisés

Pour réaliser cette technique, on peut utiliser des pieux de 100 à 300 cm de long et d'un diamètre de 5 à 15 cm ; des arbres entiers, des branchages, des matériaux de tressage et des matériaux de remplissage : gravier et pierres.

Avantages, inconvénients

Les épis vivants font partie intégrante de la végétation des rives, ils rendent partiellement inutiles les ouvrages longitudinaux et approfondissent le lit.

Par contre, les épis inclinés à contre courant causent des affouillements à la tête de l'épi ; les épis inclinés dans le sens du courant occasionnent des affouillements à la base de l'épi.

Le coût inclut la main-d'œuvre et les matériaux nécessaires à 1 m linéaire d'épis. On l'estime à 6000 FB HT/m.

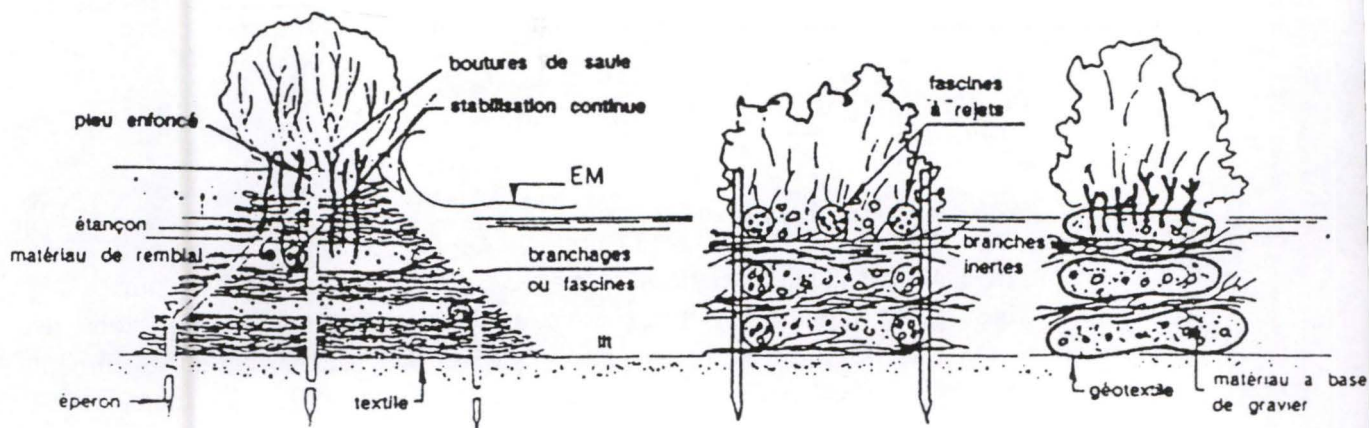


Figure 24 : Schéma de la technique de matelas de fascine (d'après Office des ponts et chaussées du Canton de Berne, 1990)

2.3.5.3. Matelas de fascines

Définition et champs d'application

Les matelas de fascines se composent d'une superposition de couches de fascines et de branchages avec des pierrailles.

En tant qu'épi, il est appliqué pour la réfection de niches d'arrachement élevées dans un sol tendre ; en tant qu'ouvrage longitudinal, il est appliqué pour des rivages de roseaux menacés (figure 24) (Office des ponts et chaussées du canton de Berne, 1990 ; Lachat, 1994 ; Argus, 1996).

Matériaux utilisés

On utilise pour cette technique des pieux adaptés au sous-sol et au niveau de l'eau, des branchages morts ou vivants, des fascines, du géotextile et des matériaux de remplissage trouvés sur place.

Avantages, inconvénients

Le matelas de fascines qui est perméable provoque un freinage à la surface de la rive. Par contre, il a besoin d'une grande quantité de branchages, et on éprouve quelques difficultés quand les niveaux d'eau sont très variables.

Aucune évaluation de coût n'est fournie pour cette technique.

2.3.5.4. Traverses buissonnantes

Définition et champs d'application

Les traverses buissonnantes sont composées de branches de saule vivant longues de 100 à 150 cm bien serrées. On serre les branches jusqu'à former une palissade; ensuite, on consolide le tout avec des pierres ou des gabions jusqu'au niveau moyen des eaux.

Idéal pour les ruisseaux et les rivières qui charrient moyennement des alluvions, on les utilise lors de la réfection de berges et de rives affouillées grâce à un comblement naturel. Elles sont utilisées dans la zone entre un niveau d'étiage et un niveau moyen (Office des ponts et chaussées du canton de Berne, 1990 ; Lachat, 1994 ; Argus, 1996).

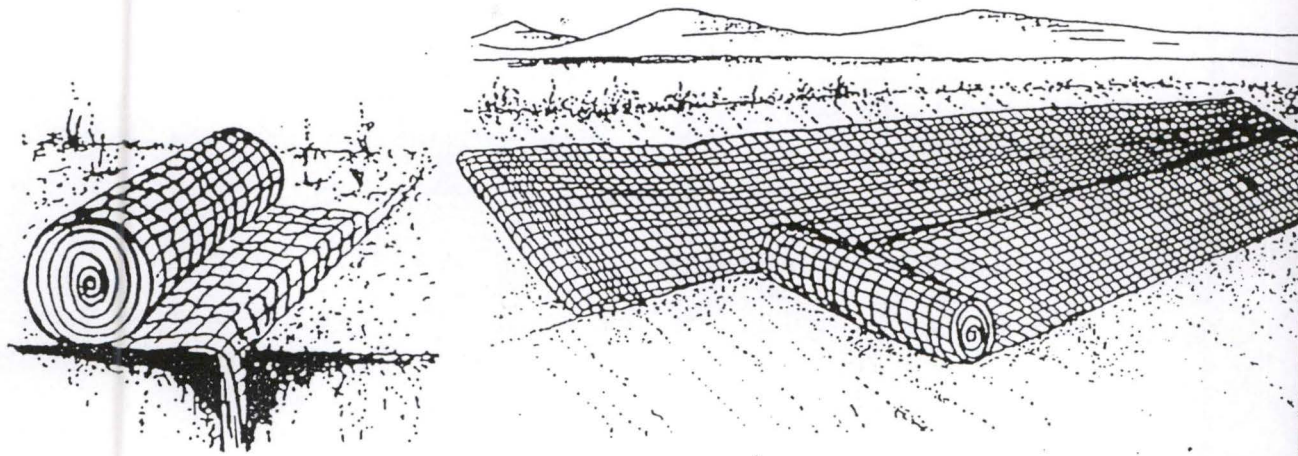
Matériaux utilisés

Bien entendu, les matériaux utilisés sont des branches entières de saule, de la pierraille ou des gabions et des pieux.

Avantages, inconvénients

Cette technique facile à réaliser et rapidement efficace est inutilisable pour les torrents qui charrient beaucoup d'alluvions.

Aucune estimation du coût des traverses buissonnantes n'est indiquée dans la littérature.



encrage du géotextile

recouvrement longitudinal

Figure 25 : Schéma d'un géotextile (d'après Lambinon, 1998)

Comme nous venons de le voir dans les descriptions de techniques ci-dessus, les techniques végétales sont rarement utilisées seules. On les combine très souvent ensemble; par exemple, on observe des palissades avec fascines et matelas de branches de saule. Cette technique pourrait être employée sur les rives présentant une rupture de pente sur une partie de leur profil transversal, soit un micro-talus, soit un bourrelet.

Un autre exemple de techniques combinées est le gabion cylindrique avec fagots et matelas de branches de saule. Le recours à cette technique est rendu nécessaire sur les rives un peu trop basses pour l'implantation des arbustes sur leurs parties inférieures.

Un élément important utilisé en technique végétale n'a pas encore été décrit, il s'agit du géotextile. De nombreuses techniques font appel à ce textile pour stabiliser la berge avant que les végétaux ne soient efficaces. Cette matière est décrite au chapitre suivant.

2.4. Les géotextiles

On appelle géotextile, un produit ou un article textile utilisé dans les travaux de génie civil. Les géotextiles sont largement utilisés dans le travail de protection de berges pour prévenir le matériel de base du lessivage (figure 25).

2.4.1. Techniques de fabrication

Il convient de distinguer les géotextiles perméables tissés et les non-tissés, les géotextiles aiguilletés et thermosoudés.

Les tissés : Ce type de géotextile entrelace des fils perpendiculairement entre eux pour obtenir un tissu. Par leur mode de fabrication, les surfaces tissées présentent une forte anisotropie, car elles possèdent deux directions préférentielles. Ce type de géotextile est surtout employé comme filtre.

Les non-tissés : Ils sont obtenus par liage mécanique et/ou chimique et/ou thermique des fibres textiles ou de fibrilles disposées en nappe. Ces produits sont isotropes.

Il existe du géotextile non tissé alvéolaire de rigidité et de perméabilité adaptée. Les alvéoles remplies de terre et ensemencées préservent le site contre l'érosion (Watelet, 1993).

Les aiguilletés : L'aiguillage consiste à faire pénétrer à travers le textile un grand nombre d'aiguilles hérissées d'ergots, qui entraînent des fibres dans l'épaisseur de la nappe et assurent ainsi un meilleur enchevêtrement. Ce géotextile a une bonne résistance à la déchirure et une forte porosité.

Les thermosoudés : La cohésion est assurée par des points de soudure résultant du ramollissement ou de la fusion partielle ou totale d'un certain nombre de fibres. La résistance à la déchirure est faible et leur porosité est nettement inférieure au géotextile aiguilleté (Vieban, 1986; Ivens, 1993; Ivens, non daté).

2.4.2. Matières utilisées

Il existe quatre matières premières essentielles utilisées pour fabriquer du géotextile ; le polyamide(dérivé linéaire) qui perd de la résistance à la rupture lorsqu'il a séjourné dans l'eau, le polypropylène (issu de la distillation du pétrole), le polyester et les fibres naturelles (céréales hachées, fibres de coco, coton et tissu de jute) qui sont parfois liées par un filet synthétique (Vieban, 1986; Ivens, 1993; Ivens, non daté).

2.4.3. Rôles et fonctions

Les fonctions les plus intéressantes du géotextile sont la filtration, la séparation et la protection.

Le géotextile doit permettre le passage de l'eau tout en stoppant le transport solide. L'eau doit pouvoir circuler dans les deux sens afin d'éviter les problèmes de sous pression. Il joue le rôle d'interface entre le sol et le matériau d'apport et il constitue un écran évitant l'arrachement des particules et permettant le développement de la végétation.

Le grand avantage du géotextile est d'être capable de se déformer avec les structures, c'est essentiel pour prémunir de la fonction de filtration. Par contre, il constitue un projet à court terme pour lequel il est intéressant d'avoir des matières biodégradables (Vieban, 1986; Ivens, 1993; Ivens, non daté).

2.4.4. Etude comparative des géotextiles

Une étude pilote fut menée pour obtenir une indication sur la pénétration des macrophytes émergentes, à travers plusieurs types de géotextiles.

On en conclut que la pénétration des pousses à travers le géotextile tissé est principalement déterminé par le poids de celui-ci : plus le poids est faible et plus les végétaux arrivent facilement à traverser le tissu. En ce qui concerne le géotextile non-tissé, la pénétration est déterminée par la taille des pores du géotextile, ainsi, plus la taille des pores est élevée, plus grand est le nombre de pousses qui traversent le tissu. En général, les résultats obtenus pour les géotextiles tissés sont similaires à ceux obtenus pour les géotextiles non tissés (Vieban, 1986; Ivens, 1993; Ivens, non daté).

2.4.5. Exemples de géotextiles

Lorsque l'utilisation d'un géotextile est prévue, il est important de faire appel à la concurrence, en contactant un maximum de fabricants. Le choix du produit ne se fera qu'une fois les conditions de pose bien établies : type de la protection, nature et granulométrie du sol en place, sollicitation avant, pendant et après la mise en place.

Voici quelques exemples de géotextiles avec leurs avantages, inconvénients et leurs objectifs (Perard, 1995) :

- ENKAMAT : il protège contre l'érosion de surface et favorise un enracinement rapide de la végétation. Il résiste aux agressions et est dégradable, mais s'il est mal placé, il provoque une érosion plus intense.
- TENSARMAT : il protège les berges contre l'érosion, les agressions éoliennes et pluviales. Il résiste aux agressions chimiques et physiques, mais il n'est pas esthétique.
- SOIL SAVER : il est constitué de jute à 100%, il se décompose donc sans fournir de produit toxique, mais le sol est moins bien maintenu avec ce type de géotextile; de plus, il peut se dégrader avant d'avoir fini son rôle protecteur.
- TERRAVEST : c'est un produit liquide qui a une bonne esthétique, il a une action immédiate de protection du sol, mais il diminue le développement racinaire des végétaux.
- GAZONNAPPE : c'est un tissu constitué de nylon et de paille de coco. Il a une bonne retenue de terre, les végétaux n'ont aucun mal à s'installer et il se confond avec la terre; mais, s'il est mal ancré, les petits poissons sont piégés dedans et meurent.

2.5. Biodiversité de la berge

La berge joue un rôle de transition entre le milieu aquatique et le milieu terrestre. L'idéal du point de vue de l'écologie et du paysage est d'avoir une berge diversifiée, à hauteur apparente faible, en pente douce, à substrat naturel ou à matériaux favorisant un recouvrement maximal par la végétation.

L'effet lisière, la densité de la végétation au niveau des espèces mais aussi au niveau strates, la présence de l'eau, la variété des microclimats font que ce milieu riverain comporte aussi un grand nombre d'espèces animales qui y trouvent un habitat de qualité (abris, lieux de reproduction) et une nourriture abondante.

Ainsi pour les insectes aquatiques, les végétaux aquatiques et semi-aquatique des berges servent de lieu d'émergence pour le passage du stade larvaire aquatique au stade adulte terrestre. Pour les populations piscicoles, la végétation riveraine (plantes, racines, ...) joue un rôle d'abri lors de conditions défavorables (crues) ou pour protéger des prédateurs. De nombreuses espèces d'oiseaux sont liées également au milieu riverain. Certaines parce qu'elles nichent dans les berges hautes en terre, c'est le cas du martin-pêcheur ou de l'hirondelle de rivage. D'autres parce qu'elles préfèrent les berges riches en végétation (les canards, les poules d'eau) ou les plages de gravier (les bergeronnettes des ruisseaux). Enfin, différents mammifères fréquentent les berges : le campagnol aquatique, le ragondin, le rat musqué peu apprécié pour les galeries qu'il construit (Verniers, 1995).

Comme nous l'avons déjà énoncé, les berges stabilisées font souvent l'objet de plantations ou d'ensemencements. Ceci pouvant aussi bien être une technique à part entière ou un simple complément d'aménagement. Dans les deux cas, les espèces que l'on utilise en Wallonie, sont toujours les mêmes. Elles sont au nombre de 14 en ce qui concerne les semis (Figure 10) ; et en ce qui concerne les espèces ligneuses, on retrouve régulièrement les mêmes, c'est-à-dire, le saule (*Salix* sp.), l'aulne (*Alnus glutinosa*), le frêne (*Fraxinus excelsior*), les pruniers (*Prunus padus* et *Prunus spinosa*), ainsi que l'érable (*Acer pseudoplatanus*). Ces espèces sont une base pour la recolonisation de la berge et la stabilisation de celle-ci ; par la suite, elles seront rejointes ou remplacées par d'autres.

La diversité de la berge fait la richesse de celle-ci, de même, la diversité des berges le long d'un cours d'eau, fait la richesse de celui-ci. Cette richesse permet d'éviter les problèmes d'inondations. Il faut donc privilégier un maximum l'aspect naturel de la berge, néanmoins, dans certains cas, l'intervention est un mal nécessaire.

3^{ème} partie :

*Bilan de l'utilisation des
techniques végétales en
région Wallonne*

3. Bilan de l'utilisation des techniques végétales en Région Wallonne

La Direction des Cours d'Eau Non Navigables est un service de la Division de l'Eau, elle-même reprise au sein de la Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE) du Ministère de la Région Wallonne. A partir des quatre centres situés à Liège, Marche, Mons, Namur et du service central de Jambes, elle gère directement les tronçons des cours d'eau de première catégorie, c'est-à-dire ceux dont le bassin versant est supérieur à 5000 hectares. Elle s'attache à les entretenir, les aménager, les protéger et à en réhabiliter certains sites dégradés.

Traditionnellement, les techniques employées pour réhabiliter les cours d'eau faisaient appel à des matériaux inertes tels que les gabions, murs en blocs, béton, qui donnent toutes les garanties de stabilité, mais dont l'usage systématique ne rencontre plus de nouveaux objectifs environnementaux.

Lors d'études précédentes, un recensement des différentes techniques utilisées avait été réalisé (Groupe d'Ecologie Appliquée, 1982). On pouvait observer quatre types de protection de berges :

1. Les perrés à sec, enrochements, murs en béton. Ces travaux, au nombre de 39, se répartissaient essentiellement dans trois régions. La région du Viroin (Eau Blanche, Eau Noire, Viroin), celle de la Lesse regroupant les travaux sur la Lomme, la Wamme et la Lesse, et celle de Stavelot et ses environs (c'est-à-dire sur la Warche et ses affluents). Quelques aménagements de ce type se retrouvent également sur la Gueule, la Vesdre, la Meuhaigne, la Dyle, la Dendre Occidentale, la Trouille et la Senne.
2. Les clayonnages et les tunages. Au nombre de 11, ils se situent essentiellement sur la Meuhaigne. On en trouve un sur le Geer, sur la Dyle, la Silles et la Semois.
3. Les gabions, au nombre de 15, se situent tous dans la partie nord de la Wallonie (au nord de la Sambre et de la Meuse).
4. Les ensemencements sont au nombre de quatre dont trois ont été effectués sur la Lesse et la Mollignée, et un sur la Semois.

Ces protections rigides des cours d'eau réduisent les zones alluviales qui, du même coup, voient leur pouvoir de régulation de crues disparaître, ce qui accroît les dangers d'inondations. De même, elles réduisent la variété d'espèces végétales et ont un impact négatif sur le paysage. La reconnaissance actuelle des caractéristiques écologiques et paysagères du milieu riverain et une présentation de l'intérêt des végétaux comme matériaux de lutte contre l'érosion des berges induit une évolution des techniques d'aménagement mises en œuvre, ces dernières étant basées sur le pouvoir de fixation des plantes.

L'évolution des techniques "traditionnelles" vers des techniques végétales s'est déroulée en deux parties. Tout d'abord, une première démarche a été réalisée par M. Dethioux, Chef de travaux à la section "Ecologie" du Centre de Recherche et de Promotion Forestières. Défenseur d'un aménagement intégré des cours d'eau et soucieux d'un environnement de qualité, il a réalisé plusieurs essais de fixations des berges, impliquant l'exposé de techniques de bouturage, de plantation et de semis.

La deuxième démarche est arrivée plus tard avec les publications sur les techniques végétales du Suisse Bernard Lachat. Ces publications ont pour but de constituer un support technique pratique pour les concepteurs-projeteurs, les techniciens et les maîtres d'ouvrage, afin d'optimiser leurs interventions en matière de protection de berges à l'aide des techniques végétales. Ce biologiste informe aussi directement les services concernés en leur donnant des cours (au SCENN par exemple).

Depuis 1985, le SCENN tente de développer des techniques végétales pour stabiliser les berges. A l'heure actuelle, il est bon d'en faire un bilan.

Notre travail a donc pour premier objectif d'effectuer un inventaire des techniques végétales mises au point par le SCENN, ce qui a été réalisé par le biais d'un questionnaire envoyé dans les différents centres. Il reprend les caractéristiques essentielles de ces aménagements. Ce questionnaire (annexe 1) comprend quatre parties :

1. la localisation des travaux : le cours d'eau, la localité, les coordonnées Lambert, etc.
2. l'état de la berge avant aménagement : la pente, le sol, le recouvrement végétal, la dégradation, l'occupation de la rive et l'origine des problèmes.
3. l'aménagement lui-même : quelles en étaient les raisons, le type de protection et les matériaux utilisés (plantations ou compléments).
4. les suivis et l'évolution après aménagement.

Nous avons complété l'information reçue des différents districts par les publications de Maurice Dethioux (Dethioux, 1991).

Ce travail d'inventaire ne fut pas aisé à réaliser. En effet, les informations étaient difficiles à récolter, car elles ne sont pas répertoriées de manière systématique et ne sont pas centralisées. De plus, il manquait de l'information et des détails dans les espèces utilisées (les listes de végétaux sont souvent faites sur place, sans support écrit). Nous avons pu nous rendre compte que les travaux manquaient d'étude avant leur réalisation et surtout qu'il y avait un manque de suivi.

3.1 Conditions préliminaires

Avant de détailler et de faire le bilan des techniques végétales, il est bon d'expliquer quelques impondérables rencontrés lors de l'utilisation de toutes les techniques. En effet, trois variables indépendantes des techniques mêmes influencent leur

efficacité et leur qualité. Il s'agit des conditions météorologiques, des compétences de l'entreprise engagée pour le travail et des difficultés rencontrées lors de la mise en œuvre des travaux.

Les conditions météorologiques font partie des paramètres imprévisibles qui interviennent lors des travaux. Ainsi, lors de fortes pluies, la terre, boueuse, devient difficile à manipuler et les chantiers, glissants, sont dangereux pour les ouvriers. Si des crues surviennent peu de temps après les travaux, elles risquent d'emporter toutes les nouvelles plantations et donc réduisent le travail à néant, c'est pourquoi dans la plupart des cas, on utilise des géotextiles qui maintiennent les plantations en place. A l'inverse, lors de fortes chaleurs et de sécheresse, les plantations dépériront et le travail n'aura servi à rien, si un arrosage régulier n'est pas prévu.

L'entrepreneur joue un rôle déterminant pour assurer la résistance et la qualité de l'aménagement. En effet, certaines entreprises sont plus performantes et plus adaptées à la construction de techniques végétales que d'autres. Or, deux sortes d'entreprises peuvent être engagées pour effectuer ces travaux. Il s'agit d'entreprises de génie civil, qui, malheureusement sont peu formées en ce qui concerne les végétaux, ou des entreprises de jardinage qui, elles, n'ont aucune connaissance des cours d'eau. Face à ce dilemme et pour mener à bien les travaux, le SCENN fait appel à une micro-PME spécialisée dans le génie végétal appliqué au domaine des cours d'eau, ECO-TEC, qui participe aux travaux réalisés en qualité de concepteur et/ou de conseil à l'entreprise (Laurent, 1998).

Les difficultés rencontrées lors de la mise en œuvre des travaux peuvent être variées. En effet, le site à aménager est parfois d'accès difficile, voire impossible par voie terrestre (absence de chemin carrossable, présence de bois épais rendant l'approvisionnement difficile, etc.) ; des problèmes d'inondations et de drainage peuvent se présenter lors des travaux ; le substrat est un facteur qui conditionne aussi l'avancement des travaux, puisque par exemple un substrat rocheux rendra les ancrages difficiles à exécuter.

La berge réhabilitée peut aussi faire l'objet d'endommagements qui réduiront l'efficacité des travaux entrepris : tant que le talus et ses abords ne se seront pas fondus dans la masse végétale environnante, ils resteront sensibles au piétinement et à l'arrachage d'éventuels promeneurs ou amateurs de sports aquatiques (pêcheurs, kayakistes, etc.) ou à celui du bétail riverain en pâture.

3.2 Description des sites et des aménagements

Le bilan de cette étude sera présenté en quatre parties, qui correspondent à chacun des quatre districts du Service des Cours d'Eau Non Navigables (carte 1).

Le lecteur trouvera en annexe 2 les planches photographiques prises sur la majorité des sites décrits ci-dessous.

Pour analyser simplement la fréquence d'utilisation des différentes techniques, nous les avons classées en sept groupes. Le premier groupe dénommé techniques

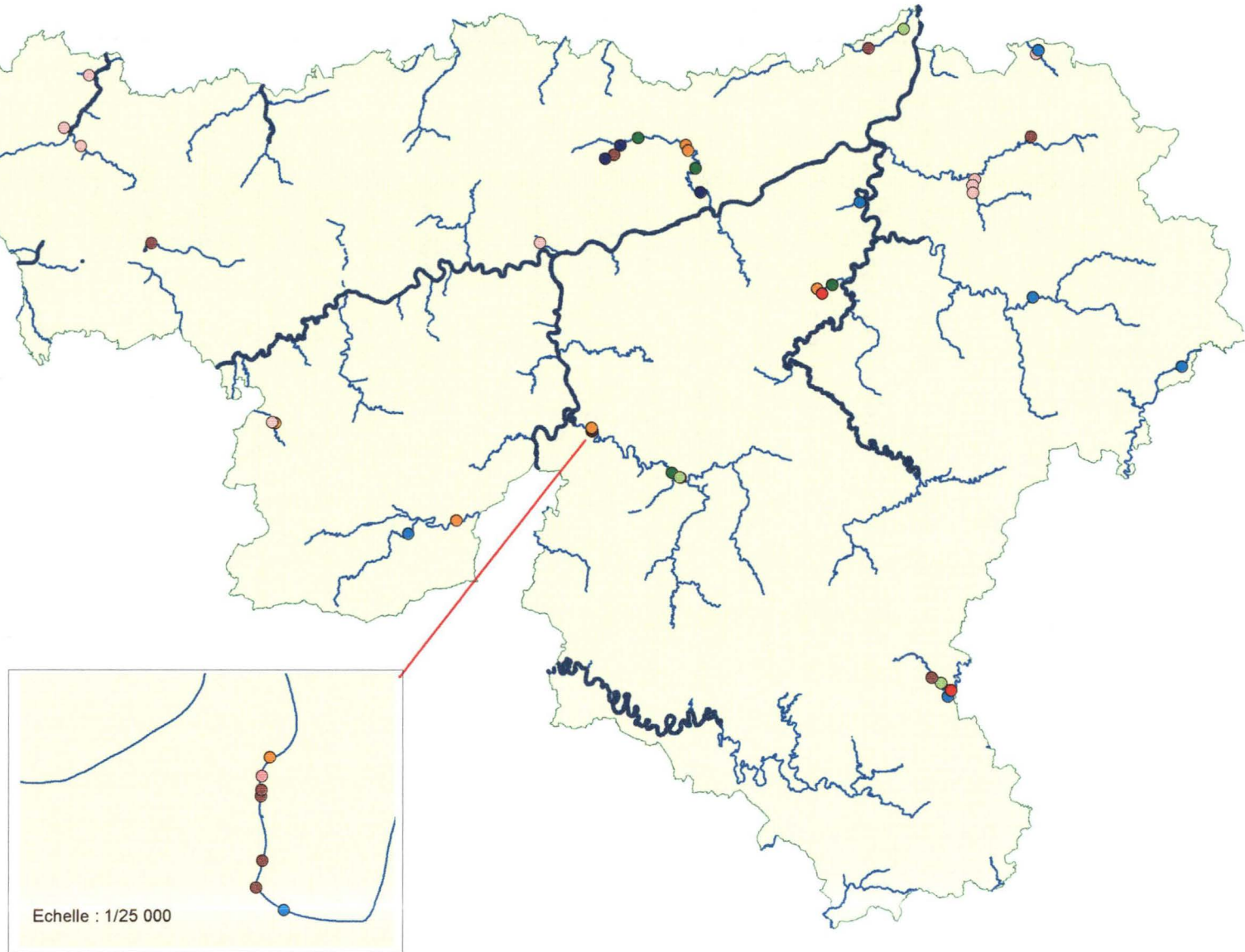
Techniques végétales sur les cours d'eau non navigables

Carte 1 : Techniques végétales utilisées sur les cours d'eau non navigables

Techniques végétales

- épis
- épis + autres techniques
- caisson
- diverses techniques combinées
- fascine
- peigne
- végétale pure
- végétalisation d'engrochements
- ▬ Cours d'eau navigables
- ▬ Cours d'eau de 1ère catégorie
- ▭ Contour de la Région wallonne

Echelle : 1/1 000 000



Echelle : 1/25 000



Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement
Division de l'Eau
Direction des cours d'eau non navigables

Infographie : Ir. B. DE BAST (CIRCAETE) et
Ir. D. de THYSEBAERT

Tableau 1 : Procédés de verduration (cas d'expérience et de réalisation)

<i>District</i>	<i>Rivière</i>	<i>Lieux</i>	<i>Date</i>	<i>Type de travaux</i>
Liege	Geer	Wonck	1982	Essai de stabilisation de berge par bouturage de ligneux
Liege	Gueule	Plombières	1985	Aptitude au bouturage en rivières d'espèces submergées
Liège	Ourthe	Tilff	1987	Semis sur berge naturelle remodelée et berge artificielle, plantation d'espèce
Liège	Ruisseau du Hoc	Battice	1988	Essai de stabilisation par bouturage et semis
Liège	Berwinne	Bombaye	1988	Essai de stabilisation par bouturage et semis
Liège		Limbourg	1989	Semis d'herbacées sur gabion
Liège	Warche	Robertville	1990	Plantation d'espèces semi-aquatiques en eau calme
Liège	Amblève	Remouchamps	1990	Verduration d'une berge par semis et plantation
Liege	Geer	Eben Emael	1978-83	Aptitude au bouturage d'espèces ligneuses
Liege	Geer	Wonck	1983-84	Aptitude au bouturage d'espèces ligneuses
Marche		Anlier	1982	Aptitude au bouturage de deux espèces de saules
Marche		Maffle	1984	Aptitude au bouturage des tiges de graminées
Marche		Anlier	1986	Aptitude au bouturage en rivières d'espèces submergées
Marche	Ourthe	Laroche	1986	Aptitude au bouturage en rivières d'espèces submergées
Marche	Semois	Jamoigne	1986	Aptitude au bouturage en rivières d'espèces submergées
Marche		Houdemont	1987	Semis sur gabions, bouturages et plantation de ligneux
Marche		Houdemont	1988	Aptitude au bouturage en rivières d'espèces submergées
Marche	Ourthe	Laroche	1989	Verduration d'une berge formée de gros enrochements
Marche	Sûre	Martelange	1990	Aptitude au bouturage en rivières d'espèces submergées
Marche	Sûre	Martelange	1990	Bouturage en rivière polluée accidentellement
Marche	Ruisseau du Try	St Denis	1990	Lutte contre les epouements de terre par bouturage et verduration de berges remodelées en très forte pente
Namur	Ruisseau d'Ausse	Focant	1983-85	Essai de lutte contre l'érosion des berges et l'invasion d'un cours d'eau
		Mornimont	1984	Lutte contre les glissements de terre par bouturage et plantation de ligneux
	Vesdre	Heure	1988	Semis d'herbacées sur gabion
		Neidingen	1990	Verduration d'une berge par semis et bouturage

végétales pures rassemble toutes les techniques dites de bouturages, de plantations, d'ensemencements, de matelas de branches et de tapis vivants (cf. 1.3.2.5.). Le deuxième groupe reprend les ouvrages "imposants" tels que les caissons végétalisés et les armatures en bois (pour rappel, le caisson est une structure étagée faite de poutres ou de rondins de cèdres ; l'armature en bois est une structure de billes horizontales parallèles à la ligne de pente) (cf.1.3.4.). Un troisième groupe inclut les techniques indirectes, c'est-à-dire les épis qui sont des ouvrages construits obliquement au courant comme des jetées. Leur rôle est de ralentir la vitesse du courant, de le réorienter et ainsi de créer une zone de sédimentation. (cf.1.3.5.2.). Cette catégorie est subdivisée en deux parties, une partie ne traitant que des épis seuls et une autre où ils sont combinés à d'autres techniques. Un quatrième groupe rassemble les peignes : entassement de manière enchevêtrée de branches, ramilles, troncs branchus (cf.1.3.3.2.) ; un autre, les fascines ; un groupe est consacré à la végétalisation d'enrochements, de gabions, d'empierrements, etc (cf.1.3.2.6.). Et un dernier groupe concerne les aménagements rassemblant plusieurs techniques associées entre elles. La plupart du temps, les techniques végétales pures sont utilisées pour repeupler les berges aménagées à l'aide d'autres techniques. Cette association de techniques n'est pas incluse dans la sixième catégorie.

3.2.1. District de Liège

Dans le secteur liégeois, on peut classer les travaux effectués en deux grands groupes. Le premier rassemble les travaux effectués par Maurice Dethioux et le second correspond à ceux réalisés récemment.

Depuis la fin des années 70 jusqu'en 1990, Maurice Dethioux a réalisé plusieurs essais de végétalisation de cours d'eau. Ces essais allaient de la simple verdure de gabions ou d'enrochements - ce qui n'est pas à proprement parler des travaux de techniques végétales - à l'essai de stabilisation par plantations, en passant par des essais de semis et de bouturages sur un atterrissement.

Ces expérimentations étaient un premier pas vers les techniques végétales et visaient à mettre au point des techniques efficaces, durables et les plus économiques possibles en tenant compte de l'ensemble des observations réalisées le long des cours d'eau. Grâce à celles-ci, il est possible de prévoir quelles sont les espèces végétales qui recoloniseront les berges aménagées (rectification, retalutage, etc.).

Différents essais ont été menés pour mettre au point les techniques de verdure (tableau 1):

- établissement de l'aptitude au bouturage, directement sur la berge, de huit espèces de saules (*Salix* sp.) et mise en évidence de cette aptitude chez le cerisier à grappes (*Prunus padus*). Les résultats de ce bouturage réalisé sur le Geer à Eben Emael, à Wonck et à Anlier montrent que les espèces qui donnent une meilleure reprise sont le saule blanc, le saule fragile, le saule pourpre et le saule des vanniers ;
- étude du bouturage de tiges de deux espèces de graminées (*Glyceria maxima* et *Phalaris arundinacea*) aptes à protéger le bas de la berge. Ce travail, effectué à Maffle et à Plombières, donne dans des circonstances normales, une réussite

Tableau 2 : Synthèse des techniques végétales recensées dans le district de Liège (1998)

District	Rivière	Lieux	Date	Type de protection	Longueur	Type de travaux		Remarques
						plantation	compléments	
Liège	Gueule	Plombière	1986	végétalisation de gabions	100m	semis	géotextile, gabions, enrochements	1er travail de Dethioux, résultats positifs
	Hoëgne	Pepinster	1987	végétalisation de gabions	100m	semis	gabions	stabilisation positive
	La Vesdre	Dolhain	1988	végétale pure	50m	semis		Essai de semis sur un atterrissement. Recepape en 1996. Très bon développement.
	Hoëgne	Pepinster	1988	végétalisation de gabions	70m	arbustes, semis	gabions	
	Geer	Eben Emael	1995	peigne	30m	arbres, semis		1er travail de technique végétale à Liège
	La Soile	Hemptinne	1995	fascine	50m	plantations	reprofilage de berge	
	Hoëgne	Theux	1995	végétalisation de gabions	400m	arbres	gabions, enrochements	Bons résultats.
	Néblon	Ouffet	1996	diverses techniques combinées	15m	arbres, arbustes	géotextile	Le tressage est peu efficace.
	Mehaigne	Moxhe	1996	peigne	15m			Mauvaise adaptation du saules en peignes vivants mais bonne pour le peigne mort
	Néblon	Ouffet	1996	épis + autres techniques	20m	arbres, arbustes		Les attaques des rats musqués qui détruisent les peignes.
	Néblon	Ouffet	1996	épis	30m	arbres, arbustes, boutures, semis	géotextile	
	Mehaigne	Fumal	1996	végétale pure, épis, peignes vivants	30-40m	arbres, arbustes, boutures, semis	géotextile	bonne reprise des peignes par contre, c'est moins bon pour les épis. Malheureusement, les plantations ont été cassées par les pêcheurs.
	Gueule	Plombière	1996	caisson	40m	arbres, semis	géotextile, fascine en pied de caisson	L'impact sur le paysage, la stabilité et le développement de la végétation est bon.
	Ruisseau de fond Martin	Esneux	1996	caisson	150m	arbres, arbustes, semis	géotextile, fascinage	Le résultat est très bon.

d'environ 90 % pour *Phalaris arundinacea* et supérieure à 50 % pour *Glyceria maxima* ;

- perfectionnement de la technique d'immobilisation des glissements de terre au moyen de boutures de saules réalisé à Wonck, Mornimont et Latour. La méthode testée est basée sur quatre principes : la longueur de la partie souterraine des boutures, le nombre de racines, l'installation des plants se fera en quinconce avec un faible écartement afin de réaliser un véritable maillage dans le sol ; les espèces seront écologiquement adaptées au milieu et pour finir, si la cause de glissement est l'humidité, les ligneux contribuent à assécher le milieu en prélevant de l'eau par leurs racines et en l'éliminant par leurs feuilles.
- mise au point de mélanges à semer sur les berges (naturelles et artificielles, y compris les gabions) ; ces mélanges sont différents selon qu'il s'agit du haut ou du bas de la berge et selon la région naturelle. Les essais de semis se sont déroulés dans plusieurs régions ; on en retrouve à Plombières, Bassenge, Theux, Pepinster, Dolhain, Heur, Tilff, etc. ;
- étude des possibilités de plantations et/ou de bouturages des espèces semi-aquatiques et aquatiques en vue de restaurer le milieu (réalisation faite à Montigny-le-Tilleul et à Robertville). Plus encore que dans le milieu terrestre, les expérimentations en rivière sont soumises à des aléas (crues, modifications du milieu par le courant, passages du bétail, etc.) qui peuvent biaiser fortement les résultats. Néanmoins, un pourcentage élevé de reprises (en moyenne 60 %) montrent que la technique de bouturage a bien sa place parmi les autres possibilités d'implantation en milieu aquatique. ;
- au cours des essais, M. Dethioux a constaté qu'il existe des espèces aquatiques ou semi-aquatiques, dont la présence contribue efficacement à la protection du pied de la berge, quand la vitesse du courant est modérée à lente (<0.5 m/ sec.). Il s'agit notamment de *Carex acuta*, *Iris pseudacorus* et *Scirpus lacustris*, dans les sites dont les conditions écologiques leur conviennent.
- des essais de lutte contre l'érosion due aux vagues ont été faits par plantation d'espèces ligneuses sur la berge et d'espèces herbacées semi-aquatiques dans l'eau sur la Vire à Latour.

Une deuxième époque a commencé en 1995. Cette année-là, le premier travail de technique végétale fut réalisé dans le district de Liège, sur le Geer (tableau 2).

Le Geer à Eben Emael

Au départ il s'agit d'une berge fortement dégradée et instable, l'origine du problème venant d'un glissement de terrain. Pour protéger les pâtures avoisinantes, il fallait stabiliser la berge. Un peigne avec plantations et semis sur la berge a donc été installé à cet endroit donnant comme résultats une stabilisation satisfaisante et un bon développement de la végétation. Depuis lors, d'autres peignes ont été placés en Wallonie. Ceux-ci ont subi des évolutions tout à fait différentes. Certains sur le Néblon sont attaqués par les rats musqués, d'autres se développent très bien par exemple sur la Mehaigne, à Moxhe. Le *Salix aurita* s'est mal adapté, ce qui a valu un mauvais développement du peigne vivant. Par contre, le peigne mort s'est très bien maintenu.

Tableau 2 : Synthèse des techniques végétales recensées dans le district de Liège (1998) (suite)

District	Rivière	Lieux	Date	Type de protection	Longueur	Type de travaux		Remarques
						plantation	compléments	
Liège	Gueule	Plombière	1996	épis + autres techniques	200m	arbustes, semis	géotextile, fascinage	très bon résultats
	La Soile	Hemptinne	1997	fascine	6-7m	plantations et palissade de mélèze		Ce travail a été réalisé à l'aide de saules
	Our	Schönberg	1997	caisson	15m	arbres, arbustes, boutures et semis	géotextile	Il n'a pas encore été soumis à des crues
	Geer	Boirs	1997	végétale pure	20m	semis, plantations	géotextile	
	Ambième	Stavelot	1997	caisson	80m	arbres, arbustes, boutures et semis	géotextile	Le résultat est estimé très bon
	La Soile	Hemptinne	1997	végétale pure	500m	plantations		
	Mehaigne	Moxhe	1998	épis + autres techniques	15-30m	plantations		
	Mehaigne	Latinne	1998	diverses techniques combinées	15-30m	plantation	Peigne, fascine	
	Mehaigne	Fallais	1998	diverses techniques combinées	15-30m		Peigne, fascine	
	Mehaigne	Moha	1998	fascine	15-30m	plantations		

Tableau 3 : Synthèse des techniques végétales recensées dans le district de Mons (1998)

Mons	La Haine	Havre	/	végétale pure	/	arbres, arbustes		
	Dendre Orientale	Maffle	1985-86	végétalisation de gabions	/	arbres, arbustes, boutures, semis, roseaux	gabions et clayonnage aux endroits plantés	
	Ruisseau d'Ancre	Lessines	1993	végétalisation de gabions		arbustes, boutures, semis	gabions	
	La Blanche	Bouvignies	1997	végétalisation de gabions	1m	arbustes, semis	gabions, clayonnages	

Il faut rappeler que l'évolution d'un aménagement de berge est soumise aux facteurs déjà évoqués plus haut : l'entreprise qui réalise le travail, les conditions climatiques lors de la mise en place et la population humaine ou animale qui colonise le site.

Le Néblon à Ouffet

A Ouffet, un peigne vivant a été réalisé, en 1996, sur une longueur de 20 mètres. Ce travail a été effectué en vue de stabiliser une berge sapée devenue instable à cause de l'érosion et du glissement des terres et ce pour protéger une pâture. En complément, un épi en enrochement a été installé dans le but de diriger le flux vers le peigne. Cette réalisation s'est très bien développée jusqu'au moment où elle fut attaquée par les rats musqués.

D'autres aménagements ont été réalisés à quelques mètres de ce peigne vivant. Ainsi, un essai de protection végétale a été effectué sur une distance de 15 mètres de long. Il s'agit d'un fascinage réalisé en mars 1996 qui donne des résultats positifs et une bonne stabilité au pied de la berge. De plus, sur une trentaine de mètres, six à sept épis ont été réalisés dans le but de réorienter le courant. La reprise de ces épis était excellente jusqu'à l'attaque des rats musqués en juillet 1996. Pour remédier à cela, la replantation de boutures dans les épis est prévue pour cette année. A l'arrière de toutes ces techniques, des plantations d'arbres, d'arbustes, de boutures et des semis, ainsi que la pose d'un géotextile ont été effectués pour favoriser la recolonisation de la berge qui se développe bien jusqu'à présent.

La Mehaigne à Fumal

En mars 1996, deux aménagements ont eu lieu à Fumal. Il s'agit d'un peigne vivant et d'un épi ayant chacun une longueur d'environ 15 mètres. Ces aménagements bordant les prairies, ont été réalisés pour résoudre des problèmes d'affouillements et de glissements. Le haut de la berge a été restauré à l'aide de plantations d'arbustes, d'arbres, de semis et de boutures qui ont été arrachées et cassées par les pêcheurs. La reprise des épis n'est pas excellente, par contre, celle des peignes est très bonne.

La Mehaigne à Moxhe

En 1996, un peigne avait été installé à Moxhe dans le but de stabiliser un affouillement. Ce peigne constitué de *Salix aurita L.* n'a pas bien repris car les saules choisis étaient d'une espèce qui ne convenait pas dans cette situation. De cet aménagement, à l'heure actuelle, il ne reste plus rien, tout a été emporté par les crues. A titre d'information, cet aménagement a coûté 43.000 FB.

En 1998, le travail a été refait ; pour cela, on a installé un peigne d'épicéa, suivi d'un clayonnage qui, jusqu'à présent, reprend bien. Sur le talus, les plantations d'une quarantaine d'arbres divers (le détail de ces arbres ne nous est pas parvenu) ont été effectuées, de celles-ci, quatre seulement sont restées en place.

Cette année, quelques peignes ont été posés sur la Mehaigne. Ils se trouvent respectivement à Moha, à Latinne et à Fallais. Ils ont tous trois une longueur de trente mètres et sont associés à des épis ou à des fascines.

La Gueule à Plombières

En 1996, sur une longueur de 200 mètres, des essais de reverduration ont été effectués sur la Gueule. Cet aménagement situé en pleine campagne, avait comme objectif de stabiliser la berge dégradée par glissement, mais aussi de maintenir l'habitat de certaines espèces animales. Pour ce faire, une protection indirecte - des épis ainsi que des fascines - a été installée, le haut du talus étant recouvert d'arbustes et ensemencé. C'était le premier chantier à grande échelle de techniques végétales pures dans la région. Les effets de ce travail se révèlent positifs sur tous les points, aussi bien sur le développement de la végétation, la stabilité de la berge que l'impact sur le paysage.

Une troisième technique, très répandue chez nous, est le caisson végétalisé. Cette technique est une transition entre les gabions et les techniques végétales "simples". Au premier abord, ce type d'aménagement stabilise bien la berge même si celle-ci reste assez verticale, mais on n'a pas assez de recul pour connaître les désagréments de cet aménagement après quelques années. Il existe quatre caissons dans le secteur liégeois, ils se situent à Schönberg, Stavelot, Esneux et Plombières.

La Gueule à Plombières

Différents travaux d'aménagements ont été effectués sur la Gueule. Par ordre chronologique, on trouve tout d'abord le premier travail de Dethioux. Sur une centaine de mètres, il a fait différents essais combinant des gabions en pied de berge, du géotextile synthétique et des semis. Ce travail, effectué en 1986, a été consolidé en 1989 (suite aux érosions sous les gabions), par la pose d'enrochements en pied de berge. Des essais de reverduration ont été réalisés sur 200 mètres en 1996 (ceci étant déjà décrit ci-dessus) et le dernier aménagement effectué sur la Gueule est le caisson. C'était le premier caisson réalisé en région wallonne (1996). Comme tous les autres aménagements effectués sur la Gueule, il a pour objectif de stabiliser la berge qui menace les chemins fréquentés par les agriculteurs. Ce caisson est associé à une fascine et à un peigne situé à l'aval. L'aménagement donne un très bon résultat concernant le développement végétal, la stabilité de la berge et l'impact sur le paysage.

A titre d'information, le caisson a coûté 437.000 FB, soit 10.900 FB au mètre courant.

L'Our à Schönberg

En octobre 1997, un caisson végétalisé a été construit sur l'Our pour remplacer les gabions effondrés précédemment. Refusant de refaire ces gabions, les ingénieurs chargés de l'aménagement ont construit un caisson qui a pour but de protéger des habitations et un chemin d'accès. Sur ce caisson de quelques mètres de long, comme sur la plupart des aménagements, des plantations, des boutures et des semis ont été installés

L'Amblève à Stavelot

En 1997, un caisson de 80 mètres de long a été réalisé pour stabiliser une berge fortement dégradée par l'érosion, l'affouillement et le glissement de terre (il se situe dans la ville). Ce caisson recouvert de plantations d'arbres, d'arbustes, de boutures et de semis se développe jusqu'à présent très bien et donne des résultats tout à fait satisfaisants. Les plantations principales recouvrant le caisson sont des saules pourpres (*Salix purpurea*) et

Tableau 4 : Synthèse des techniques végétales recensées dans le district de Namur (1998)

District	Rivière	Lieux	Date	Type de protection	Longueur	Type de travaux		Remarques	
						plantation	compléments		
Namur	Lesse	Furfooz	1995		sur un total de 900m			Bon développement et bonne stabilisation en général.	
		secteur 1		essai de tapis végétal					
		secteur 2					semis n°4		
		secteur 3					semis n°1 et 2,	quelques enrochements géotextile	
		secteur 4					semis n°1 et 2		
		secteur 5					boutures, plantations d'iris, semis n°1	bloc de pierres en pied	
			secteur 6				semis n°1 et plantation d'iris	enrochement	
		la Hante	Solre-saint-Gery	1996	diverses techniques combinées	150m	plantations de saules pour stabiliser des gabions		entretien de la végétation avec laquelle on a construit un peigne ort et vivant
		Lesse	Eprave	1996	peigne	220m			Végétation mangée par les rats musqués. En plus, il y a des problèmes de crasses et d'entretien.
		Lesse	Lessive	1996	peigne	220m			
	Lesse	Villers/lesse	1996	épis + autres techniques	600m	arbres, arbustes, boutures, semis	géotextile	Problème de rats musqués.	
	Lesse	Furfooz	1997	caisson	50m	boutures, semis			
	Eau Noire	Petigny	1997	caisson	90m	boutures		La végétation se développe bien.	
	la Hante	Solre-saint-gery	1997	végétalisation de gabions	150m		essai de verduration		
	Houyoux	St Servais	1997	végétalisation de gabions	250m	plantation sur enrochement			
	Viroin	Vierves/Viroin	1997/05	diverses techniques végétales	500m	arbres, tapis végétal	géotextile		
	Viroin	Vierves/Viroin	1997/09	diverses techniques combinées	500m	tapis végétal, fascine, boutures,		création d'une noue	

des aulnes (*Alnus glutinosa*) ; en ce qui concerne le premier niveau et sur le haut de l'ouvrage, on rencontre le chêne (*Quercus robur*), l'érable (*Acer* sp.), le frêne (*Fraxinus* sp.), le prunellier (*Prunus spinosa*), le sorbier (*Sorbus* sp.), le noisetier (*Corylus avellana*) et le charme (*Carpinus betulus*).

A titre d'information, le travail a coûté 1.305.000 FB.

Le Ruisseau de Fond Martin à Esneux

Ce caisson d'une longueur de 150 mètres a été placé en période de gel (décembre 1996). Il a été construit, dans la ville, pour remédier à l'affouillement et à l'érosion de la berge qui menaçait les habitations voisines. Malgré les conditions météorologiques, le développement de la végétation, la stabilité de la berge et l'impact sur le paysage sont plus que satisfaisants.

A titre d'information, ce caisson a coûté 86.500 FB.

En dehors des trois grandes techniques fréquemment rencontrées dans cette région, on retrouve aussi de la végétalisation de gabions (ce qui n'est pas à proprement parler une technique végétale) sur la Hoëgne à Pepinster et à Theux ; on rencontre un essai de semis sur un atterrissement sur la Vesdre à Dolhain, cet essai a pour but de stabiliser l'île sujette à l'érosion ; mais on trouve aussi des fascines associées à des plantations sur la Mehaigne à Moha, sur le Geer à Boirs et sur la Soile à Hemptinne (aucune autre information n'a été donnée à ce sujet).

3.2.2. District de Mons

Dans le district de Mons, l'utilisation des techniques végétales est encore peu développée. En effet, sur les quatre sites aménagés dans cette région, un seul fait partie des techniques végétales à proprement parler, il s'agit de plantations effectuées sur la Haine à Havré. Les trois autres sites, situés respectivement sur la Dendre Orientale à Maffle, sur le Ruisseau d'Ancre à Lessines et sur la Blanche à Bouvignies, sont de la végétalisation de gabions parfois combinée avec un clayonnage. Autrement dit, dans ce secteur, les techniques végétales ne sont pas encore employées pleinement (tableau 3).

3.2.3. District de Namur

Malgré le nombre restreint de sites dans le district namurois (comparativement à celui de Liège), il existe un bon échantillonnage de techniques végétales. En effet, les aménagements ont été effectués sur des distances de plusieurs centaines de mètres, permettant une grande variété de techniques. Les cours d'eau concernés sont la Lesse, l'Eau Noire, le Viroin, la Hante et le Houyoux (tableau 4).

La Lesse

Les aménagements ont été réalisés dans quatre localités, il s'agit de Villers-sur-Lesse, d'Eprave, de Lessive et de Furfooz.

Furfooz (rive droite). Le premier site aménagé en région namuroise s'étend sur une longueur totale d'environ 900 mètres et est divisé en six sous-secteurs d'essais différents. La raison de ces aménagements, identique pour tous les secteurs, est de stabiliser la berge érodée et de protéger le chemin communal.

Le premier secteur situé vers l'amont est un essai, effectué sur cinq mètres, de tapis végétal composé de branches de saules appliquées sur le sol. Après un an, il s'élève à une hauteur d'environ deux mètres. Cette technique donne des résultats satisfaisants, mais, à refaire, la densité de branches de saules placés serait plus faible.

A l'aval de cette technique, on retrouve sur une centaine de mètres, un retalutage avec ensemencement du mélange n°4 de Dethioux. Ce travail, dont le développement végétal est très bon, se fond dans le paysage, mais il n'a pas encore été soumis aux grosses crues.

La berge du troisième secteur (longueur de 75 m), de type 6/4, a été reprofilée, consolidée avec du géotextile, ensemencée avec du mélange n°1 et 2, et plantée de ligneux. On note aussi la présence de quelques blocs de pierre simplement déposés en pied de berge. En outre, de nombreux rejets de peupliers (souches des arbres abattus lors des travaux) se sont développés ; ils sont régulièrement recépés, car cette essence est de tout premier intérêt dans la fixation des berges. La pose des blocs de pierres est inutile car, à l'heure actuelle, les pierres sont contournées par les eaux.

La berge du quatrième secteur (longueur 40 mètres) a été simplement reprofilée (retalutée) et adoucie, sans plantation ni enrochement. Il se présente maintenant comme un talus de type 6/4 consolidé avec du géotextile et ensemencé avec du mélange n°1 en bas de la berge et n°2 au niveau du talus. Cependant, il est à noter que la terre employée au cours de cet aménagement pour recouvrir le géotextile, est un substrat importé. L'absence de plantations ligneuses a un but paysager : elle permet de maintenir la vue dégagée sur un grand rocher à partir d'un chalet privé. Le résultat est excellent, aussi bien d'un point de vue stabilité, qu'esthétique puisqu'on ne voit pas que la berge a été retravaillée.

Le cinquième secteur (75 mètres) est caractérisé par un renforcement du pied de berge à l'aide de blocs de pierres superposées (formant un escalier à trois marches). Entre ces blocs, des boutures de saule ont été plantées. Des iris ont été implantés juste au niveau de l'eau, en pied de berge, et des graines du mélange n°1 y ont été semées. Le haut de la berge a été stabilisé à l'aide de géotextile recouvert par de la terre et semé du mélange n°2.

Dans le dernier secteur (75 mètres de long), quelques blocs de pierre ont simplement été déposés de façon aléatoire au bas de la berge. Entre ces blocs ont été implantés également des iris et ont été semées des graines du mélange n°1.

Furfooz (rive gauche). Sur cette rive, un caisson a été réalisé en deux fois : la première partie a été construite en 1997, la deuxième au printemps 1998. Ce caisson construit à quelques mois d'intervalle a été réalisé en vue de stabiliser la berge et de maintenir le passage à gué. Pour éviter que ce travail ne soit utilisé comme parking, et ainsi menacer le développement de la végétation, le site a été clôturé.

Villers-sur-Lesse, situé en zone Famenienne, à une trentaine de kilomètres en amont de Furfooz, fait l'objet d'aménagements de type végétal sur une distance totale d'environ 600 mètres. Le talus fortement érodé a été reprofilé en 8/4, et protégé au pied par des fascines de saules et des épis végétaux d'une longueur de 3 mètres. Ces épis partent du bas de la berge vers le cours d'eau avec une direction amont. Derrière ces épis, une ligne d'aulnes a été plantée et un ensemencement avec du mélange n°1 y a été réalisé. Le talus (de type 6/4), est également recouvert de géotextile, ensemencé avec du mélange n°2 et planté de ligneux. Ces travaux, effectués afin de protéger les terres cultivées du domaine de la Donation Royale, rencontrent, depuis peu, un problème majeur qui vient perturber les plantations et les fascines. Il s'agit de l'invasion de rats musqués qui détruisent tout sur leur passage.

Le site d'Eprave était fortement érodé sur sa berge droite. Sa berge verticale a été protégée à l'aide d'essais de peignes placés perpendiculairement à la berge. Ces peignes sont constitués de têtes de conifères qu'on a malheureusement placées à l'envers. Ces peignes, dans cette position, sont moins efficaces et de plus ils s'encombrent très vite de détritrus.

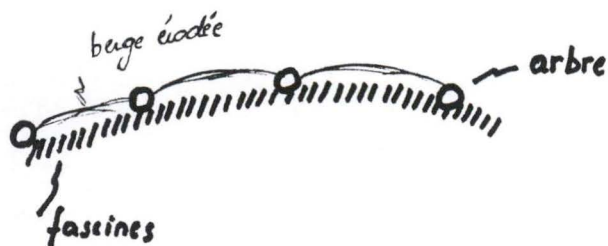
Quelques mètres en aval de ce site, la même technique a été utilisée pour protéger la berge gauche de la rivière. Cet aménagement est situé sur la commune de Lessive et rencontre les mêmes problèmes que celui d'Eprave.

Le Viroin à Vierves

La diversité des berges et le nombre élevé d'érosions rencontrées ont permis d'utiliser plusieurs techniques végétales sur une longueur de 350 mètres. On y observe aussi bien du bouturage, que des fascines, du peigne mort et vivant, des plantations et du tapis végétal. Huit aménagements, dont voici la description, ont été effectués en deux fois sur ce tronçon.

Un premier aménagement a été réalisé suite à un atterrissement provoquant une érosion sur la berge opposée. Celle-ci fut reconstituée à l'aide d'un géotextile de coco et stabilisée par l'implantation en pied de berge de boutures de saules (*Salix purpurea*) prélevées sur place.

A un autre endroit, pour ralentir les poches d'érosion qui menaçaient de faire tomber dans la rivière les aulnes et les saules en place, des fascines composées de branches de saules (*Salix* sp.) prélevées sur place ont été posées en pied de berge.



Un peu plus loin, le fascinage a été utilisé de nouveau pour combattre une encoche d'érosion provoquée par un tourbillon.

Tableau 5 : Synthèse des techniques végétales recensées dans le district de Marche (1998)

District	Rivière	Lieux	Date	Type de protection	Longueur	Type de travaux		Remarques
						plantation	compléments	
Marche	la Sûre	Martelange	1996	peigne	20m	arbustes, plançons saules		Permet la reconstitution de saulaie
	la Sûre	Martelange	1997	végétale pure	2*5m	garnissage de saules		L'érosion continue car la moitié des saules a été dévorée par les rats musqués.
	la Sûre	Martelange	1997	caisson	130m	arbustes, semis	coco, rondin de sapin	
	la Sûre	Martelange	1997	épis	45m		branches d'épicea	

Suite à l'accélération du courant due à la présence d'un îlot, la rive droite a tendance à s'éroder. Pour y remédier, des boutures de saules pourpres (*Salix purpurea*) prélevées sur place ont été plantées en pied de berge.

L'objectif du cinquième aménagement était de reconstituer une berge jusqu'aux aulnes en place et de ce fait, redonner sa largeur habituelle à la rivière. Pour ce faire, l'atterrissement en galets situé en face de l'érosion ainsi qu'un léger curage destiné à donner un peu plus de fond à la rivière ont fourni les matériaux nécessaires à la reconstitution de la berge (par la réalisation d'un talus 6/4) sur lequel un tapis de branches a été déposé. Réalisé fin avril, ce tapis s'est très bien développé ; en effet, en septembre, les branches avaient déjà poussé de plus de 60 cm.

Dans un autre secteur, sur quelques mètres, la berge, érodée verticalement, a été protégée au pied par des aulnes (*Alnus* sp.). Le talus n'a pas été modifié, ni protégé car il est habité par des hirondelles de rivages et des martins-pêcheurs. Nous nous posons la question de savoir dans quelle mesure il n'y a pas incompatibilité entre ces plantations et l'accès pour les oiseaux.

Pour remédier à l'érosion de la berge entre les cépées d'aulnes, un peigne vivant a été réalisé en amont et à l'arrière se trouve un peigne mort constitué de branches d'aulnes recépés.

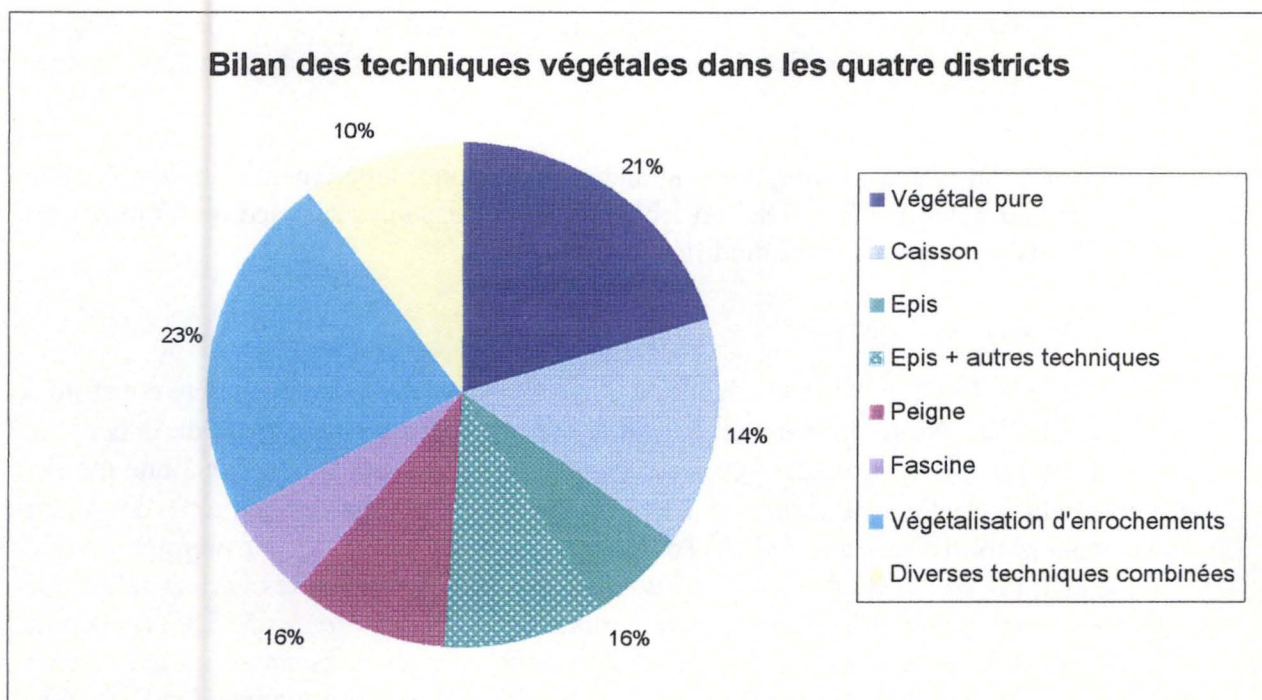
Enfin, un bras du Viroin a été agrandi et approfondi légèrement afin de créer une frayère. Il faut noter que la végétation arbustive en place, saules sur pied ou tombés ainsi que quelques aulnes, n'a pas été modifiée.

L'Eau Noire à Petigny

En juin 1997, un caisson végétalisé d'une longueur de 90 mètres, a été construit à Petigny sur l'Eau Noire. Le sol était constitué d'argile dans la partie haute de la berge et de roche au pied. L'érosion, dans ce secteur menaçait le seul accès possible à une prairie. La végétation destinée à recouvrir l'aménagement se répartit en boutures de saules buissonnants (*Salix* sp.) au pied de l'ouvrage, d'aulnes (*Alnus* sp.) au premier niveau, d'aulnes (*Alnus* sp.) et de frênes (*Fraxinus* sp.) au second et d'espèces variées telles que l'érable (*Acer pseudoplatanus* L.), le prunellier (*Prunus spinosa* L.), l'aubépine (*Crataegus Monogyna* Jacq.), le sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia* L.), le noisetier (*Corylus avellana* L.), le sureau (*Sambucus nigra* L.), le cerisier à grappe (*Prunus padus* L.), la viorne obier (*Viburnum opulus* L.) et le chêne (*Quercus robur* L.) sur le talus. Jusqu'à présent l'évolution est bonne, les boutures de saules atteignent le mètre cinquante et les espèces herbacées couvrent largement l'ensemble du caisson.

Pour terminer cette description du district de Namur, il faut noter qu'en 1996 sur la Hante à Solre-Saint-Gery, des plantations de saules ont été effectuées pour stabiliser des gabions, et un peigne mort et vivant a été mis en place après l'entretien de la végétation. Un essai de verduration de gabions à Solre-Saint-Gery et une végétalisation d'enrochements sur le Houyoux à Saint-Servais ont été effectués en 1997.

Tableau 6 : Bilan des techniques végétales de stabilisation des berges dans les quatre districts du SCENN (1998)



3.2.4. District de Marche-en-Famenne

Les aménagements effectués par le district de Marche sont au nombre de quatre et se situent tous sur la Sûre à Radelange. Ils font partie de ce que l'on peut appeler les techniques végétales au sens strict. En effet, on y trouve du caisson végétalisé, des peignes, des épis et des plantations (tableau 5).

La Sûre à Radelange

Le caisson a été construit en trois niveaux sur une distance de 130 mètres de long. L'armature de cet aménagement est constituée de sapin de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*). Sur le premier étage du caisson, des plants de saules ont été ancrés, sur le deuxième étage, de l'aulne (*Alnus* sp.) et sur le dernier, on retrouve du frêne (*Fraxinus* sp.), de l'érable (*Acer* sp.), du sorbier (*Sorbus* sp.) et du cerisier (*Prunus* sp.). Comme la saison était fort avancée lors de la construction de cet aménagement, les plantations ont été réalisées en containers qui furent arrosés abondamment jusqu'aux premières pluies.

Un peu en amont de ce caisson, des branches de saules vivantes maintenues par des pieux et recouvertes partiellement de terre ont été installées pour protéger une anse d'érosion. Ce travail a favorisé la reconstitution d'une saulaie qui a permis de bien stabiliser la berge.

Quelques dizaines de mètres en amont de ces deux sites, on retrouve une succession de six épis (constitués d'épicéa) dont les deux derniers se sont fait arracher. La longueur des épis dépend de la largeur de la rivière et de la longueur de ceux situés en amont. Bien que ces travaux aient été effectués en octobre 1997, on peut déjà observer une bonne sédimentation entre les épis sur lequel des carex sont venus s'implanter. Un projet de boutures et d'ensemencements de ce terrain est d'ailleurs en cours.

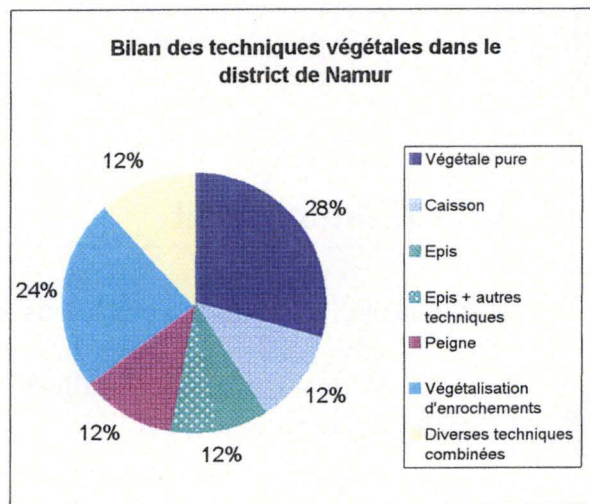
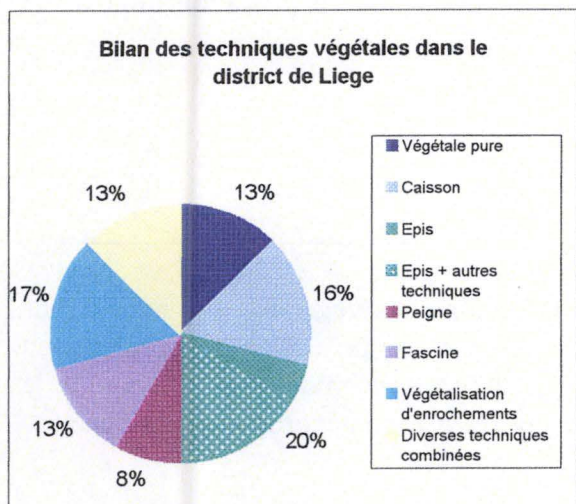
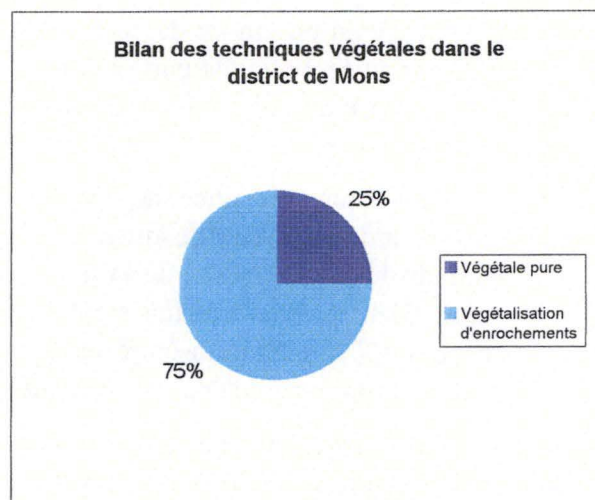
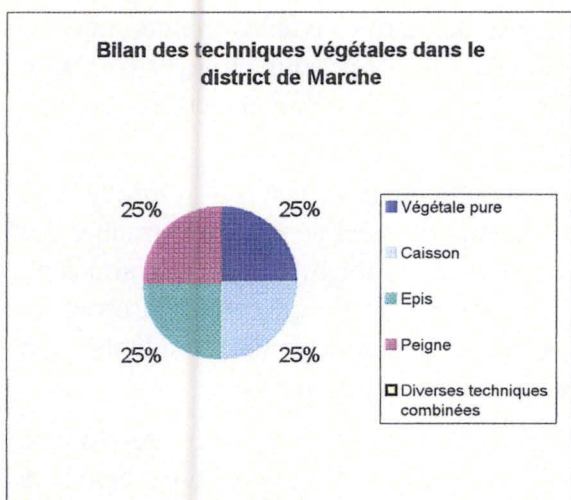
Le dernier aménagement, un essai de plançons de saules (*Salix* sp.), a été effectué pour la stabilité de la berge, mais aussi pour la restauration de l'habitat de certaines espèces animales. La végétation s'est très bien développée la première année (± 90 % de reprise) puis, l'érosion ayant continué suite à l'intensité et à la fréquence des crues, plus de la moitié des plançons ont été emportés, de plus, les jeunes pousses ont été attaquées par les rats musqués. En résumé, cet aménagement n'a pas amélioré la stabilisation de la berge car l'érosion se poursuit.

3.3. Bilan général

Dans ce chapitre, nous allons analyser les techniques végétales que nous avons classées selon différentes approches. Tout d'abord, on regroupera les aménagements en fonction du type de technique utilisé, puis on associera les techniques en fonction de la longueur des travaux, et pour finir, on analysera leur répartition géographique (tableau 6).

Tableau 7 : Bilan des techniques végétales de stabilisation de berges dans les quatre districts du SCENN (1998)

	Namur	Liege	Marche	Mons	
Végétale pure	5	3	1	1	10
Caisson	2	4	1		7
Epis	1	1	1		3
Epis + autres techniques	1	4			5
Peigne	2	2	1		5
Fascine	0	3			3
Végétalisation d'enrochements	4	4		3	11
Diverses techniques combinées	2	3			5
Total	17	24	4	4	49



3.3.1. Les aménagements

Comme indiqué à la section 3.2. , les techniques utilisées en Wallonie sont rassemblées en huit groupes. Dans une première partie, nous avons comparé ces groupes en fonction du district auquel ils appartiennent (tableau 7).

Si l'on considère tous les aménagements effectués ces quinze dernières années en Wallonie (essais compris), on se rend compte que la végétalisation de gabions est très répandue, elle correspond à environ 23 % des techniques recensées. Deux raisons peuvent expliquer cette abondance ; d'une part, les gabions étant déjà en place, on a voulu embellir le paysage en végétalisant ces roches, d'autre part, ce serait dû à la crainte d'utilisation des techniques végétales pures. La deuxième technique fréquemment rencontrée est celle comprenant les boutures, les semis, les plantations, etc. Cette technique, correspondant à 21 % des techniques végétales, est souvent utilisée en essai dans le but de mettre au point les mélanges de semis ou les techniques mêmes. Quelques sites toutefois ont été aménagés intégralement à l'aide de végétaux. Ces deux techniques englobent 44 % des aménagements effectués en Wallonie. Les 56 % restant sont partagés entre les caissons, les fascines, les peignes et les techniques indirectes. Les caissons correspondant à 14 %, les fascines à 6 %, les peignes à 10% et les épis (seuls ou combinés) représentent 16 %.

En regardant plus en détail la répartition des techniques, on peut remarquer que dans le district de Mons, trois aménagements sur quatre sont de la végétalisation de gabions. Dans le district de Marche, les aménagements sont aussi en nombre restreint, mais les techniques utilisées sont toutes de type végétal. C'est ainsi que l'on rencontre un caisson, des épis, un site de techniques végétales pures et un peigne.

En ce qui concerne le district de Namur, on observe une grande utilisation des techniques pures, on peut la chiffrer à 28 % sur 17 sites répertoriés parmi les techniques effectuées dans ce district. Ces sites se situent surtout sur la Lesse à Furfooz et à Villers-sur-Lesse et constituent des essais. Une deuxième technique bien représentée dans ce district est la végétalisation de gabions, elle correspond à 24 % des techniques. Les 36 % qui restent se partagent équitablement en peignes, mais aussi en épis et en diverses techniques combinées.

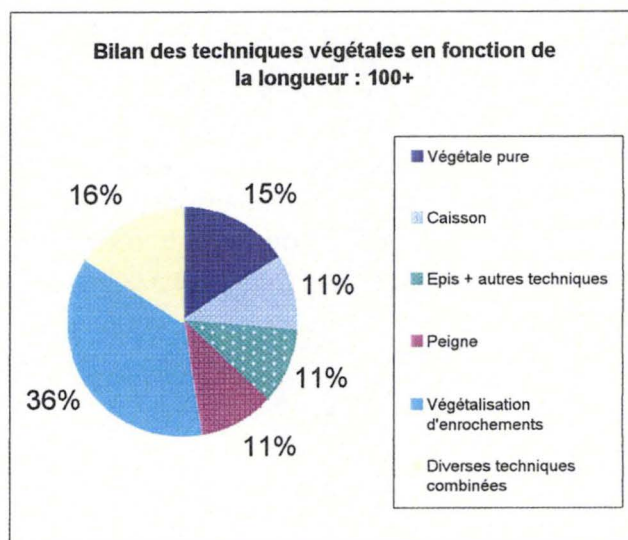
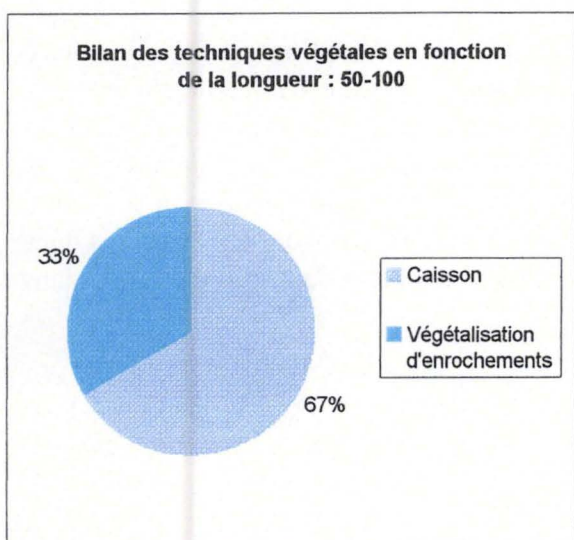
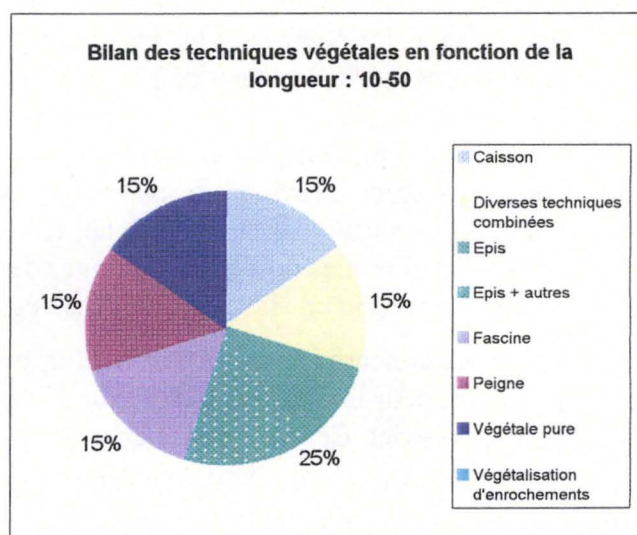
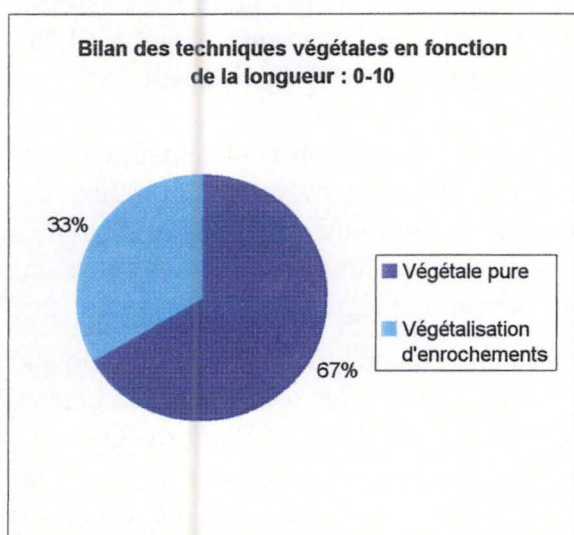
En ce qui concerne Liège, aucune technique n'est plus utilisée qu'une autre, elles ont à peu près la même répartition. Le pourcentage de ces techniques est effectué sur un total de 24 sites. Ainsi 20 % des techniques sont des épis (seuls ou combinés), 17 % sont consacrés aux végétalisations d'encrochements, 16 % aux caissons, 13 % aux végétaux purs, 13 % aux combinaisons diverses de techniques, 12 % aux fascines et 8 % aux peignes. Pour finir, on peut observer que 48.9 % des aménagements ont été effectués dans le district de Liège, 8.2 % dans celui de Mons, 34.7 % dans celui de Namur et 8.2 % dans celui de Marche.

3.3.2. Les distances

Il nous semblait intéressant d'analyser les techniques en fonction de leur longueur. Ainsi une similitude pourra sans doute être mise en évidence (tableau 8). Pour pouvoir

Tableau 8 : Bilan des techniques végétales de stabilisation des berges en fonction de leur longueur (1998).

	0-10	10-50	50-100	100+	
Végétale pure	2	3	0	3	8
Caisson	0	3	2	2	7
Epis	0	2	0	0	2
Epis + autres techniques	0	3	0	2	5
Peigne	0	3	0	2	5
Fascine	0	3	0	0	3
Végétalisation d'enrochements	1	0	1	7	9
Diverses techniques combinées	0	3	0	3	6
Total	3	20	3	19	45



analyser facilement les distances, nous avons classé les aménagements en quatre catégories, l'une reprenant les travaux allant de 0 à 10 mètres, la deuxième allant de 10 à 50 mètres, la troisième de 50 à 100 mètres et pour finir, celle dépassant les 100 mètres. Alors on se rend compte que 44 % des aménagements ont été effectués sur une distance comprise entre 10 et 50 mètres, 42 % sur une distance de plus de 100 mètres, et 13 % seulement rassemblent les techniques réalisées entre 0 et 10 mètres et entre 50 et 100 mètres.

Aucune spécificité de longueur n'est à remarquer en ce qui concerne les caissons. En effet, on observe trois caissons dont la longueur se situe dans la classe 10-50, deux dans la classe 50-100 et deux dans la classe 100+, par contre, il n'en existe pas dans la classe < 10. A priori, aucune contrainte n'interdirait d'en construire un de cette taille.

En ce qui concerne les techniques combinées, elles se répartissent en deux classes de taille. On observe trois aménagements situés entre 10 et 50 mètres et trois autres ayant plus de 100 mètres.

Les épis (seuls et combinés) possèdent les mêmes particularités ; ainsi, on observe 5 épis situés entre 10 et 50 mètres et 2 ayant plus de 100 mètres. Il en est de même pour les peignes : 3 peignes sont d'une longueur comprise entre 10 et 50 mètres et 2 ont plus de 100 mètres.

En ce qui concerne les fascines, on en a recensé trois qui ont une longueur comprise entre 10 et 50 mètres. Les techniques végétales pures, ainsi que les végétalisations de gabions ont une répartition plus diffuse que les précédentes. En effet, on retrouve respectivement un et deux aménagements d'une longueur maximum de 10 mètres de long (pour les végétalisations de gabions et les techniques végétales pures) ; 3 techniques végétales pures sont comprises entre une distance de 10 mètres et 50 mètres. Une végétalisation de gabion est comprise dans la classe 50-100, et pour finir, 3 techniques végétales pures et 7 végétalisations de gabions ont fait l'objet d'un aménagement de plus de 100 mètres.

En Wallonie, six techniques végétales sont particulièrement utilisées, il s'agit des épis, des peignes, des fascines, des caissons végétalisés, des techniques végétales pures et des végétalisations de gabions. Ces aménagements sont utilisés indifféremment suivant les cours d'eau et suivant la région. C'est pourquoi on ne retrouve aucune répartition géographique suivant les techniques.

Nous allons terminer l'analyse de ce bilan en comparant les techniques végétales avec les techniques traditionnelles. Malheureusement, la distribution des aménagements effectués n'a pas pu nous être fournie. Nous ne pouvons donc dire si la tendance est à l'utilisation des techniques végétales ou plutôt traditionnelles.

D'un point de vue biodiversité, il est plus intéressant d'utiliser des techniques plus naturelles telles que les plantations, les boutures, les semis,... et ce dans le but de restaurer la berge initiale. Ces techniques, rétablissant la diversité végétale naturelle de la berge, permettent une bonne stabilité de l'aménagement de même qu'une diversité faunistique intéressante pour le milieu. Bien entendu, l'intégration de matériaux inertes dans les techniques végétales peut être réalisée, mais à ce moment-là, on s'éloigne tout doucement de l'évolution naturelle de la berge. Dans cette optique de berge "naturelle", nous avons

remarqué que toutes les techniques répertoriées à l'étranger n'ont pas été expérimentées chez nous. C'est ainsi que des techniques telles que les matelas de branches, les tapis vivants, les fagots, le tressage,... ne sont pas introduites chez nous. On préfère nettement des techniques plus robustes et plus imposantes tel que les caissons.

Les tapis vivants et les matelas de branches sont deux techniques de couvertures, elles ont une action protectrice immédiate. Ces techniques devraient faire partie des préférences en temps que techniques végétales puisqu'elles miment une évolution naturelle.

Les fagots et les tressages sont plutôt des techniques de pied de berge ; elles font appel à des matériaux inertes mais s'inscrivent parfaitement dans le cadre de techniques végétales.

La suite de notre travail fera une étude plus poussée sur les caissons, les fascines, les épis et les peignes. Nous analyserons l'impact que possèdent ces techniques sur le cours d'eau, sur la stabilité de la berge et l'existence possible d'une alternative.

4^{ème} partie :
Matériel et méthodes

4. Matériel et Méthodes

Comme nous l'avons dit dans l'introduction, deux objectifs régissent le déroulement de ce travail. Le premier était d'effectuer un inventaire des techniques végétales mises au point par le SCENN ; le second, d'observer l'évolution de certains sites aménagés. Le premier objectif a été énoncé dans la troisième partie de ce travail.

En ce qui concerne le deuxième objectif, après visite de tous les sites, nous avons décidé d'en analyser quelques-uns. Etant donné que l'étude à réaliser se déroule sur six mois (à partir de janvier), nous avons limité ces visites au nombre de cinq.

Lors du choix des sites, notre objectif premier était de pouvoir comparer des techniques entre elles et voir leur évolution au fil des ans. Pour ce faire, nous avons choisi d'étudier deux caissons dont la réalisation s'est déroulée la même année (en 1997). Il s'agit du caisson de Schönberg et de celui de Petigny (situés respectivement en Ardenne et en Fagne-Famenne). L'un fut réalisé au printemps (celui de Petigny) et l'autre en octobre. L'évolution de ces techniques après un an de réalisation nous aiguillera sur la difficulté à réaliser un bon aménagement.

Avec ces deux sites, nous avons parcouru deux régions de Wallonie ; trois régions n'ayant pas encore été choisies, nous les avons incluses dans notre travail en désignant trois sites appartenant à ces régions. Les techniques utilisées sur ces sites sont très fréquemment rencontrées en Wallonie. Il s'agit du site de Plombières où l'on a réalisé une fascine (c'était en 1996). Ce site pourra être comparé à celui d'Ouffet où l'on est en présence d'un fascinage réalisé en 1997. Pour le dernier site, nous avons choisi celui de Fumal où l'on retrouve des épis et des peignes.

4.1. Description des sites

4.1.1. Schönberg

En Ardenne, Schönberg est un petit village proche de l'Allemagne, situé à une dizaine de kilomètres de Saint-Vith. Le site aménagé se trouve sur l'Our, juste en aval du pont situé devant l'église, sur la rive gauche. L'accès y est facile puisque l'aménagement se trouve en bordure de chemin. En amont du pont, l'Our a été canalisé par des berges en béton ; en aval, la rive droite n'a pas subi d'aménagement (la végétation dominante est l'ortie, *Urtica dioica*, ce qui est un signe que la rivière transporte beaucoup d'alluvions) par contre, la rive gauche est une succession de gabions. Ceux-ci sont interrompus sur une dizaine de mètres pour être remplacés par un caisson végétalisé qui possède trois niveaux. (figure 26)



Figure 26: La flèche indique la situation de l'aménagement de Schönberg suivant la carte IGN 56/3-4 (1/25 000)

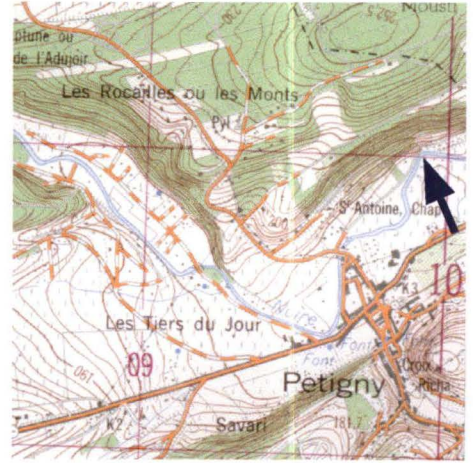


Figure 27: La flèche indique la situation de l'aménagement de Petigny suivant la carte IGN 57/7-8 (1/25 000)

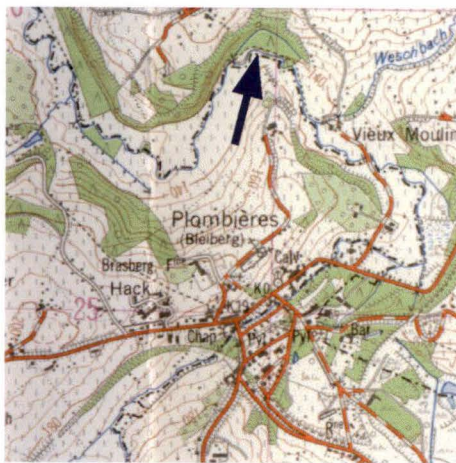


Figure 28: La flèche indique la situation de l'aménagement de Plombières suivant la carte IGN 35/5-6 (1/25 000)

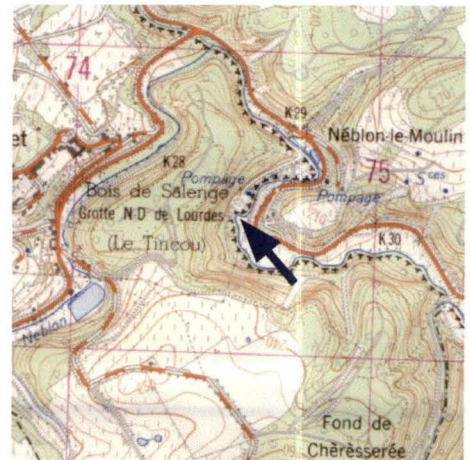


Figure 29: La flèche indique la situation de l'aménagement de Ouffet suivant la carte IGN 49/5-6 (1/25 000)

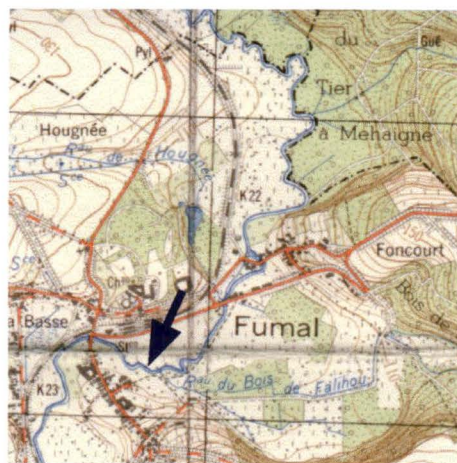


Figure 30: La flèche indique la situation de l'aménagement de Fumal suivant la carte IGN 41/5-6 (1/25 000)

4.1.2. Petigny

A trois kilomètres à l'est de Couvin, près de la frontière française, Petigny est un village arrosé par l'Eau Noire. Ce caisson, élaboré en Fagne-Famenne sur une longueur de 60 mètres, est situé au lieu dit la "Gouffe Mouchette". Etabli en rive gauche, le caisson est localisé en bordure de forêt et fait face à de grandes prairies bordées d'arbres tout le long de la rivière, ils peuvent donner de l'ombre à l'aménagement. Le caisson a été réalisé en deux parties, dans la première, on retrouve trois niveaux, et dans la seconde, la hauteur du caisson a diminué un peu et il ne reste plus que deux niveaux (figure 27).

4.1.3. Plombières

Situé dans le pays de Herve, Plombières (à 8 km à l'est d'Aubel) est un village arrosé par la Gueule. Le site étudié se situe en amont du village sur la rive gauche. Lorsqu'on arrive sur les lieux, après avoir traversé plusieurs prairies, le premier repère est la station d'épuration située sur la berge opposée stabilisée à l'aide de gabions. La fascine, effectuée sur une quarantaine de mètres, est située dans une zone très méandreuse du cours d'eau (figure 28).

4.1.4. Ouffet

Dans le Condroz, la vallée du Néblon fut l'objet d'aménagements. Le site que l'on a étudié se situe à quatre kilomètres d'Ouffet près d'une centrale électrique. L'aménagement effectué est une fascine d'une longueur de 20 mètres, située sur la rive gauche. A cet endroit, la rivière est bordée par un pré et fait face à une forêt de conifères (figure 29).

4.1.5. Fumal

Dans la région limoneuse, on retrouve le site de Fumal localisé sur la Mehaigne, à dix kilomètres au Nord de Huy. A cet endroit, deux aménagements ont été effectués. Des épis ont été aménagés sur la berge droite et, presque en face, des peignes ont été placés sur la berge gauche. De chaque côté de la rivière, à cet endroit, des prairies et des arbres (*Populus sp.*) longent les berges (figure 30).

Les épis placés à Fumal ne doivent pas faire plus d'un mètre de long. Ils sont très petits mais leur longueur est calculée en fonction de la largeur de la rivière. Ils sont constitués de deux piquets entre lesquels des branches de saules vivantes ont été placées. Les piquets ont bien repris et donnent un aspect buissonnant ; les branches de saules ont aussi repris, mais dans une moindre mesure.

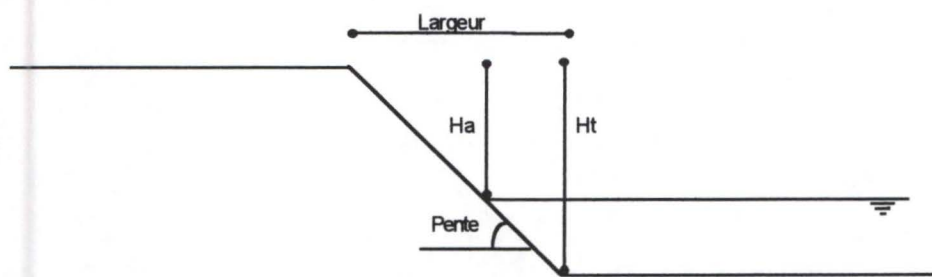


Figure 31 : Morphologie de la berge

4.2. Description du matériel utilisé

Deux objectifs dirigeaient notre évolution sur le terrain. Tout d'abord, nous avons pris les mesures utiles pour pouvoir, par la suite, réaliser des profils et décrire la morphologie de la berge ; ensuite, nous avons recensé les espèces végétales situées sur la berge.

4.2.1. Etude morphologique de la berge

Nous avons retenu différents paramètres afin de mener à bien l'étude de la morphologie des berges des secteurs étudiés.

Les paramètres étudiés et notés sur des coupes transversales au 1/ 100 sont : (figure 31)

- La hauteur apparente (Ha)

La hauteur apparente de la berge considère la dimension verticale de la partie visible (au-dessus du niveau de l'eau) de la berge. Elle est mesurée en centimètres.

- La hauteur totale (Ht)

La hauteur totale de la berge considère la dimension visible et invisible de la berge, c'est-à-dire la dimension depuis le fond du cours d'eau jusqu'au sommet de la berge (rupture de pente par rapport à la rive). Elle est également mesurée en centimètres.

- La largeur

La profondeur de la berge considère la distance que l'on mesure parallèlement au niveau d'eau, entre le sommet de la berge et le pied. Elle aussi est mesurée en centimètres.

- La pente

La pente de la berge est l'inclinaison de celle-ci par rapport à l'horizontale du talus de la berge. Elle peut être à la fois calculée grâce aux mesures faites sur le terrain (c'est-à-dire la hauteur de la berge et la profondeur), mais aussi mesurée à l'aide d'un méridien (appareil mesurant l'angle d'inclinaison). Dans notre cas, nous avons à la fois calculé et mesuré la pente afin d'éviter au possible les erreurs de précisions.

Les mesures de longueur, de hauteur apparente et de hauteur totale sont prises sur le terrain à l'aide de deux lattes graduées tous les 10 centimètres, d'un niveau d'eau permettant de placer les lattes horizontalement et verticalement par rapport au niveau de la rivière. Dans chaque secteur, nous effectuons un relevé lorsque nous estimons observer un profil de berge différent. Pour mesurer la longueur totale de la berge aménagée, nous avons fait usage d'un topofil, dont la précision est au centimètre près.

4.2.2. Relevé floristique

En ce qui concerne notre situation, nous avons procédé à un relevé de toutes les espèces sur toute la surface de la berge sans faire appel à des quadrats. Cette berge se limitant dans la plupart des cas à quelques mètres (une dizaine), mais allant jusqu'à quelques dizaines de mètres en ce qui concerne les caissons de Petigny et de Plombières.

Les relevés floristiques ont eu lieu respectivement, le 8/06/98 en ce qui concerne le site de Schönberg et de Plombières; le 18/06/98 et le 8/07/98 pour celui de Petigny ; le 28/05/98 et le 8/07/98 pour celui d'Ouffet et celui de Fumal.

Ces relevés de végétation sont basés sur le système de Braun-Blanquet (1932), faisant appel à des coefficients d'abondance-dominance des espèces recensées sur une surface donnée.

Chaque espèce recensée se voit attribuer un coefficient d'abondance ; le degré de sociabilité, normalement étudié par la méthode Braun-Blanquet, n'est pas retenu dans ce cas-ci (Froment *et al.*, 1982).

Le coefficient d'abondance-dominance reflète le recouvrement de l'espèce au sein de la station. Les valeurs sont réparties sur une échelle de six niveaux allant de plantes disséminées à plantes couvrant plus de 75 % de la surface. Le recouvrement total peut excéder les 100 % puisque plusieurs espèces peuvent se superposer dans l'espace.

- 5 : nombre d'individus quelconques, recouvrant plus de 75 % de la surface ;
- 4 : nombre d'individus quelconques, recouvrant 50 à 75 % de la surface ;
- 3 : nombre d'individus quelconques, recouvrant 25 à 50 % de la surface ;
- 2 : individus peu nombreux, recouvrant au moins 5 % de la surface ;
- 1 : individus peu nombreux, avec un degré de recouvrement très faible (entre 1 et 5 %) ;
- + : individus peu nombreux, avec un recouvrement insignifiant (moins de 1 %).

Une mesure de la rareté a également été réalisée pour chaque taxon recensé. Pour déterminer celle-ci, nous avons utilisé *La Nouvelle Flore de Belgique* (Lambinon *et al.*, 1992) dans laquelle chaque espèce est accompagnée d'indications relatives à sa distribution géographique et son abondance, globales ou par district phytogéographique. A ces indications d'abondance ou de rareté, on peut faire correspondre une échelle de 11 degrés :

CC	:	10	(très commun)
CC-C	:	9	(très commun à commun)
C	:	8	(commun)
C-AC	:	7	(commun à assez commun)
AC	:	6	(assez commun)
AC-AR	:	5	(assez commun à assez rare)
AR	:	4	(assez rare)
AR-R	:	3	(assez rare à rare)
R	:	2	(rare)
R-RR	:	1	(rare à très rare)
RR	:	0	(très rare)

5^{ème} partie :
Résultats

5. Résultats

5.1. Objectifs

Nos visites sur le terrain sont régies par le deuxième objectif du mémoire. Elles consistent à observer l'évolution de certains sites aménagés qui seront soumis à une analyse détaillée de leur morphologie (observation de l'érosion, des techniques d'aménagement, profil de berge, ...) et de leur végétation (relevé floristique, coefficient d'abondance, de rareté) en vue de rendre compte de l'efficacité et de la qualité du travail réalisé.

Les sites que nous avons étudiés sont aux nombres de cinq ; ils se situent respectivement à Schönberg sur l'Our, à Petigny sur l'Eau Noire, à Plombières sur la Gueule, à Ouffet sur le Néblon et à Fumal sur la Mehaigne. Dans ce chapitre, nous décrirons ces différents sites, les aménagements effectués et les problèmes rencontrés lors des travaux (les plantations seront décrites ultérieurement).

5.2. Description des sites

5.2.1. Schönberg sur l'Our

Le caisson de Schönberg a été réalisé sur une longueur de 10.6 mètres en vue de remplacer des gabions qui s'étaient affaissés. Exposé au nord-ouest et bordé d'arbres, l'aménagement reçoit peu de luminosité. Réalisé en octobre 1997 sur la berge gauche dans un secteur rectiligne, la végétation ne se développe pas très bien pour l'instant : peu d'herbacées colonisent le milieu et celles qui sont présentes ne se développent guère (photo 1 et 2).

Cet aménagement se situe sur un cours d'eau de type ardennais qui coule en situation naturelle dans des fonds de vallées occupés par des forêts de feuillus ou des prairies. Toutefois, de vastes superficies ont été plantées d'épicéas, perturbant fortement la qualité des eaux. Ce sont des eaux acides à neutres, peu minéralisées, souvent mésotrophes, à productivité élevée. Le milieu (lit + berge) est essentiellement de nature limono-caillouteuse (70%) à limoneuse (10%) (Symoens, 1957).

Quelques constatations sont à faire en ce qui concerne la réalisation de l'aménagement.

Une première observation générale que l'on peut faire est que le travail a été réalisé par une entreprise qui avait peu d'expérience en matière de techniques végétales.

La deuxième est que les matériaux utilisés pour les travaux ne convenaient pas pour leur réalisation : un peigne placé juste au pied du caisson est constitué de matériaux

trop grands, ce qui lui vaut d'être en grande partie hors de l'eau et réduit ainsi son efficacité. De même, les plantations posées mesurent ± 1.70 mètre, taille déjà élevée pour espérer une bonne reprise des végétaux.

Depuis le mois d'octobre, le caisson n'a pas encore été soumis à de grosses crues.

5.2.2. Petigny sur l'Eau Noire

Le caisson de Petigny réalisé en 1997 sur une longueur de 68 mètres avait comme objectif de préserver le seul accès possible à un champ. Situé à la sortie d'un méandre dans une ligne droite, il est exposé en plein sud et reçoit une luminosité maximale malgré la présence d'arbres bordant la berge d'en face (photos 3, 4, 5 et 6).

L'Eau Noire, cours d'eau de type famenien, est une rivière de plaine, à courant ralenti, aux eaux enrichies naturellement par des apports calcaires, mais également par des apports anthropiques. La nature du lit (79%) et des berges (72%) est à dominance limono-caillouteuse (Symoens 1957).

Ce caisson réalisé sur de la roche a rencontré beaucoup de problèmes lors de sa réalisation. Tout d'abord, des problèmes d'inondations ont ralenti les travaux. En effet, le site a été inondé trois fois pendant la réalisation à cause du temps orageux (pour se rendre compte du niveau de l'eau à cette période, on peut signaler qu'il atteignait le point le plus haut de la deuxième partie du caisson (photo). Comme le caisson est situé sur la roche, l'entreprise a dû utiliser beaucoup de matériaux drainants de manière à remplir le caisson. De plus, la localisation géographique de ce caisson permet difficilement l'approvisionnement en matériaux de remblais et en terre, car le stockage de ces matériaux se faisait dans le champ à quelques dizaines de mètres du chantier. Enfin, la forte humidité ambiante due aux conditions météorologiques rendait le sol glissant, gras, mouillé et, par conséquent dangereux pour les ouvriers.

5.2.3. Plombières sur la Gueule

La fascine que l'on a analysée sur la Gueule, réalisée en avril 1996 pour lutter contre des problèmes d'érosion et de glissements de terrain, a une longueur de 25.5 mètres. En rive gauche et située dans un méandre, l'aménagement possède une exposition nord-ouest, est-nord-est, nord-nord-est ; suivant l'endroit où l'on se situe, elle profite pleinement de la luminosité ambiante sans être gênée par la proximité d'arbres. Ce travail se trouve face à un "mur" de gabions qui stabilise la rive droite où se situe la station d'épuration (photos 7, 8, 9, 10 et 11).

Ce cours d'eau que l'on peut associer à un type condruzien, coule, dans son cours supérieur, au niveau d'un plateau relativement dégagé, couvert de prairies et de cultures ; vers l'aval, des vallées encaissées et souvent pittoresques se sont creusées ; le cours d'eau a alors une forte pente et un cours assez rapide. Ces eaux sont hautement minéralisées. Le substrat du lit est caillouteux à 80%, les berges à tendance plus limoneuses (48%) (Symoens, 1957).

Les problèmes rencontrés lors de ces travaux sont peu nombreux. Seule la mise en œuvre de saules en oreillette (*Salix aurita L.*) non adaptés à la situation (ils ont une moins bonne reprise que les autres espèces) a été défavorable pour une bonne évolution de l'aménagement. Ces saules ont d'ailleurs régressé.

En ce qui concerne l'efficacité du travail, on peut signaler que le site a été inondé dans les trois mois qui ont suivi sa réalisation et qu'il n'en résulte aucun dommage.

5.2.4. Ouffet sur le Néblon

Les essais de fascinage réalisés sur le Néblon en 1996 ont été effectués pour protéger la berge de l'érosion. Ce travail élaboré sur une distance de 14.7 mètres en rive gauche a été effectué sur un substrat rocheux, ce qui inclut un ancrage fait au moins une fois sur deux avec des barres métalliques. Installé au nord-ouest, le site fait face à une forêt de grands conifères, qui réduit la luminosité seulement en fin de journée (photos 12 et 13).

Le Néblon est un cours d'eau de type condruzien. Ce type de cours d'eau a déjà été décrit à la section 5.2.3.

Apparemment aucun problème essentiel n'est venu perturber la réalisation des travaux : l'entreprise engagée était compétente et les conditions météorologiques au beau fixe. Seule l'importation de saules venant de la région du Geer (par manque d'espèces adaptées sur place) est à relever.

5.2.5. Fumal sur la Mehaigne

Pour rappel, deux aménagements ont été effectués sur la Mehaigne en mars 1996. Il s'agit d'une part, d'un peigne vivant réalisé sur une distance de 18.4 mètres et d'autre part, d'épis réalisés sur une distance de 8.3 mètres. Le peigne se trouvant sur la rive droite et l'épis sur la rive gauche sont exposés respectivement au nord-est et au sud-ouest. Le peigne n'a aucun problème de luminosité car il fait face à un grand champ et tourne le dos à une prairie. Par contre les épis sont situés juste en face de grands aulnes qui ombragent pas mal le site (photos 14, 15, 16 et 17).

La Mehaigne est un cours d'eau de la région limoneuse. Ces cours d'eau sont en général fortement influencés par les actions humaines ; leurs eaux souvent eutrophes voire même polytrophes, sont bien minéralisées et riches en calcaire. Le courant est plus lent, le substrat à dominance de fonds vaseux (36%), parfois caillouteux (20%). Les berges sont de nature limoneuse (35%) voire sablo-limoneuse (18%).

L'entreprise était assez performante pour ces travaux, le niveau d'eau normal, le seul inconvénient rencontré est, comme à Ouffet, le prélèvement de saules assez loin du site (c'est-à-dire sur le Geer), car les saules disponibles sur place ne sont pas adaptés à la situation.



Photo 1: Le caisson de Schönberg sur l'Our (Avril 98)



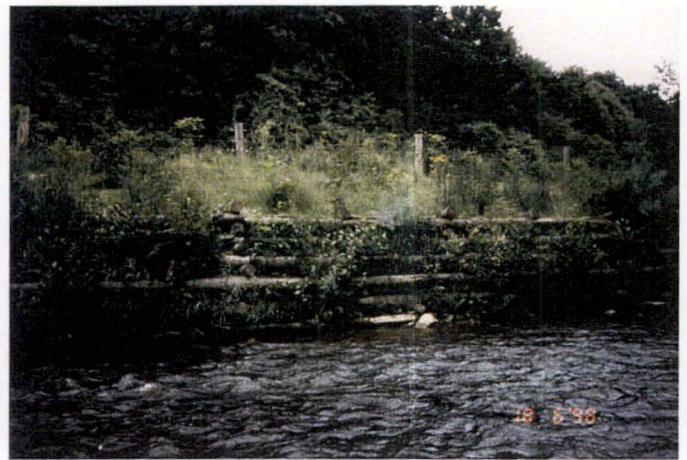
Photo 2: Les flèches montrent les déchets de jardinage et tuyau d'évacuation se trouvant sur le caisson de Schönberg (Juin 98)



Photo 3: Le caisson de Petigny sur l'Eau Noire



4a



4b

Photo 4: Comparaison du développement de la végétation en Juin 98 sur le caisson de Petigny.

4a) Végétation abondante sur une partie du caisson.

4b) Végétation moins développée sur une autre partie du caisson.



Photo 5: Peigne placé en amont du caisson de Petigny



Photo 6: Recouvrement végétal du caisson en Juillet 98.



Photo 7: Etat de la berge à Plombières sur la Gueule avant les travaux (1996)



Photo 8: Réalisation des fascines à Plombières (Avril 1996)



Photo 9: Développement végétal de la berge de Plombières en Avril 1998 (Vue de la berge)



Photo 10: Développement végétal de la berge de Plombières en Juin 1998 (Vue de la berge).



Photo 11: Développement végétal de la berge de Plombières en Juin 1998 (Vue du cours d'eau)



Photo 12: La flèche indique la réalisation des fascines à Ouffet sur le Néblon (Mars 1998).



Photo 13: La flèche indique l'évolution végétal de la fascine de Ouffet sur le Néblon (Juin 1998).



Photo 14: La flèche montre un épis faisant partie de l'aménagement effectué sur la Mehaigne à Fumal.



Photo 15: La flèche montre l'aménagement réalisé à l'aide d'épis sur la Mehaigne à Fumal.



Photo 16: La flèche montre un peigne aménagé sur la Mehaigne à Fumal (Avril 98)



Photo 17: La flèche montre l'évolution végétale du peigne de Fumal (Juin 98)

5.3. Morphologie des berges

Le lecteur trouvera en annexe 3 la représentation schématique des sites prospectés, avec la localisation précise des berges dont le profil a été dressé et schématisé dans la présente section.

5.3.1. Schönberg

Après aménagement, la berge présente un profil vertical. Elle possède une largeur de 2.3 mètres, cette distance est calculée à partir du chemin qui longe la berge jusqu'à l'extrémité du caisson. La hauteur mesurée de la berge est la hauteur totale, elle est verticale et égale à 2.5 mètres (figure 32).

5.3.2. Petigny

Pour le site de Petigny, trois secteurs de berge ont été analysés, car la morphologie de celle-ci varie sur toute sa longueur (figure 33).

Le premier point a été mesuré juste en amont du caisson, là où l'on a posé un peigne. A cet endroit, la berge a une inclinaison de 41° . La longueur de la berge prise du niveau de l'eau jusqu'au sommet (c'est-à-dire jusqu'au sentier) est égale à 6.9 mètres. La hauteur totale vaut 4.5 mètres.

Le deuxième point a été mesuré au milieu de la première partie du caisson (c'est-à-dire là où le caisson comprend deux niveaux complets). A cet endroit, la berge épouse deux configurations. Dans la partie supérieure du caisson, la berge a une longueur de 3.6 mètres avec une inclinaison de 21° . Cette mesure a été prise d'un point situé à un mètre de la prairie (qui longe la berge) jusqu'à la fin du caisson. La deuxième partie de la berge est verticale et a une hauteur totale de 2.4 mètres.

Le troisième point (situé dans la partie aval du caisson) a été mesuré de la même manière que le deuxième. Dans la partie supérieure, on obtient une longueur de 4.3 mètres pour une inclinaison de 21° . La deuxième partie (verticale) a une hauteur totale de 1.18 mètre.

5.3.3. Plombières

Pour le site de Plombières nous avons aussi effectué trois mesures pour observer les profils sur la totalité de l'aménagement (figure 34).

Le premier point a été mesuré à la fin de l'aménagement. La berge à cet endroit possède une longueur de 5.6 mètres pour une inclinaison de 17° . Cette mesure a été

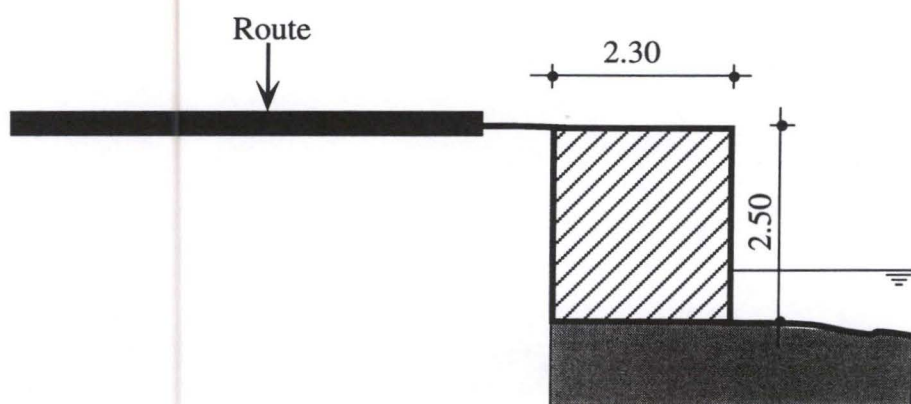


Figure 32 : Profil de la pente de la berge (Schönberg)

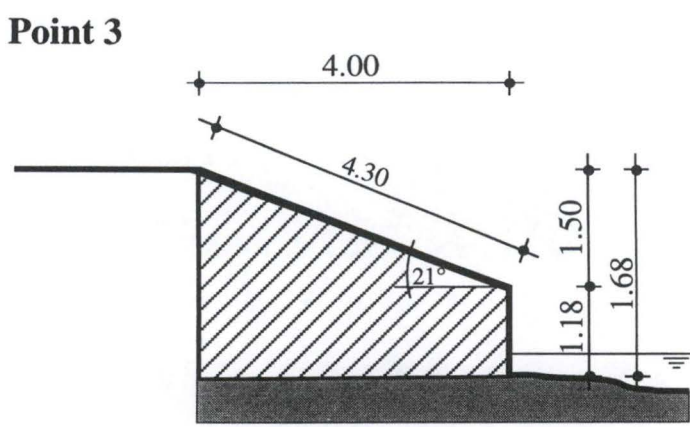
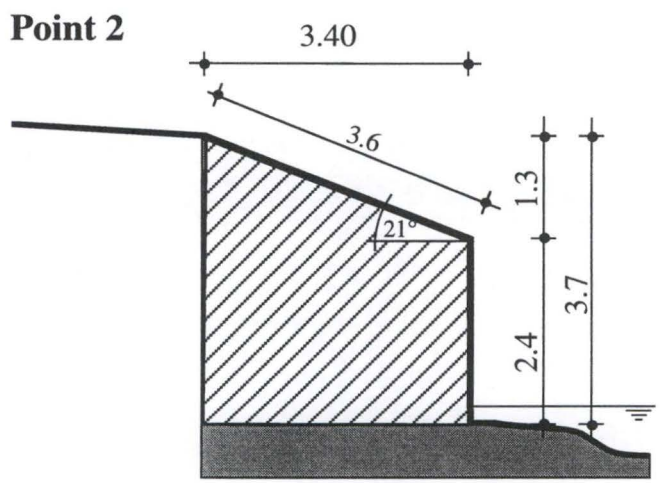
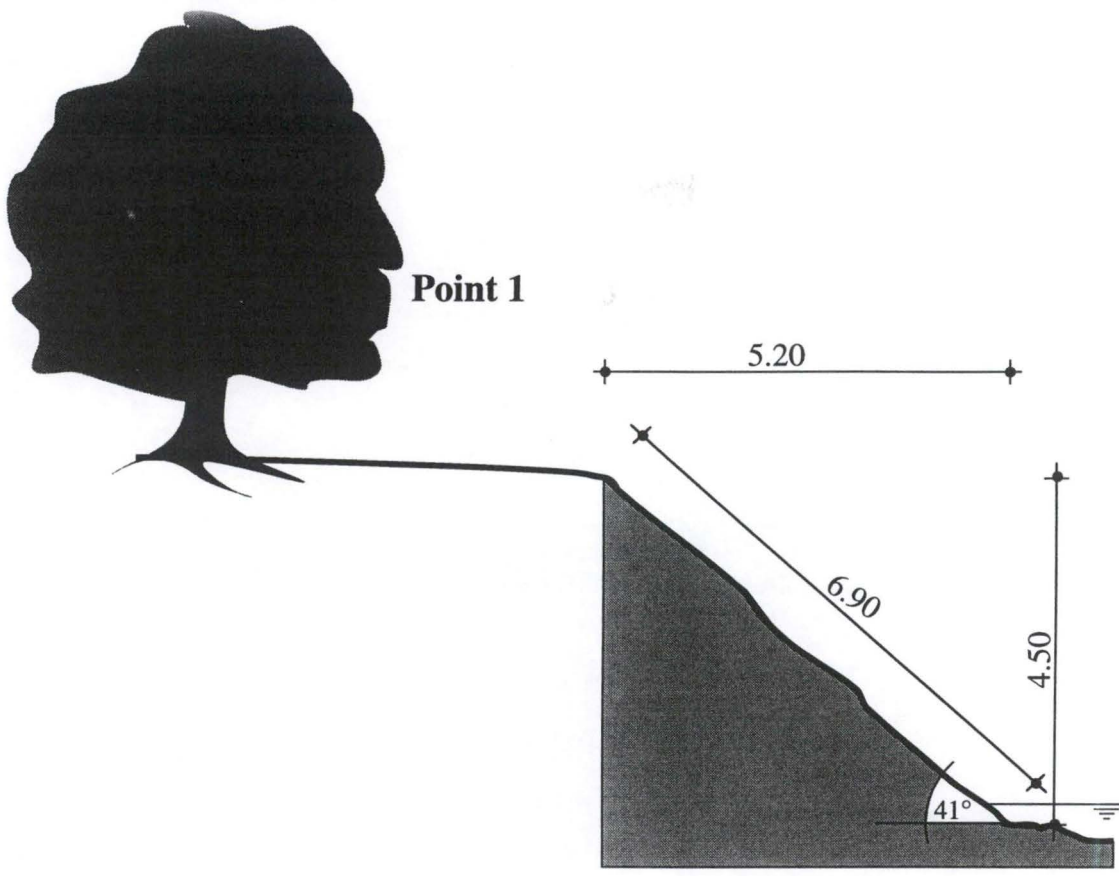
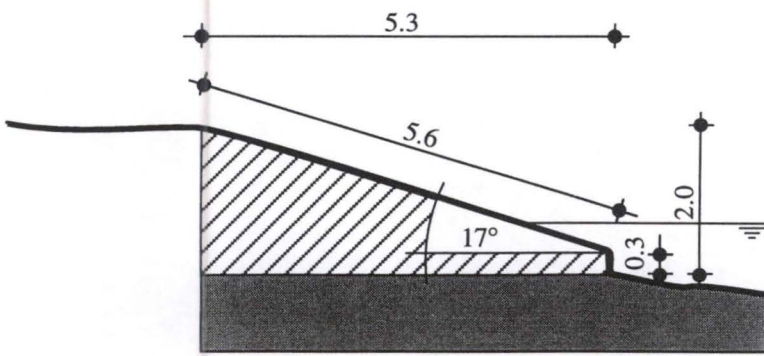
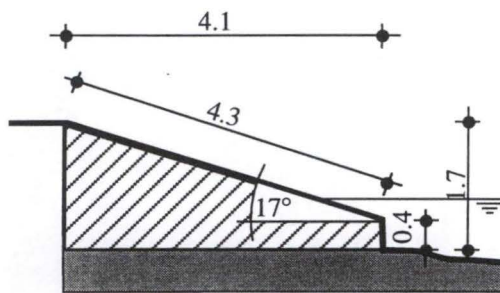


Figure 33: Profil de la pente de la berge (Petigny)

Point 1



Point 2



Point 3

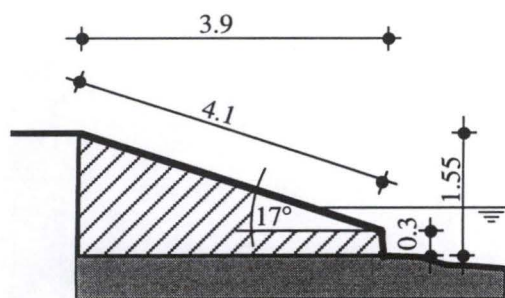


Figure 34 : Profil de la pente de la berge (Plombières)

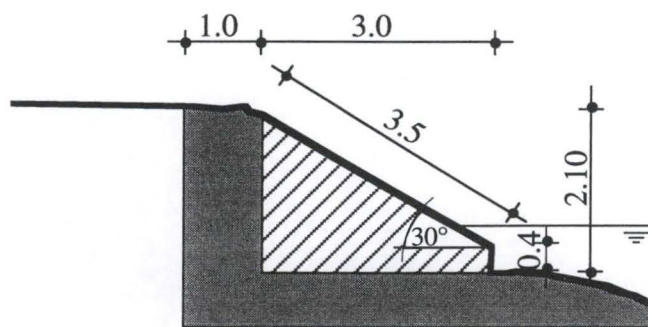
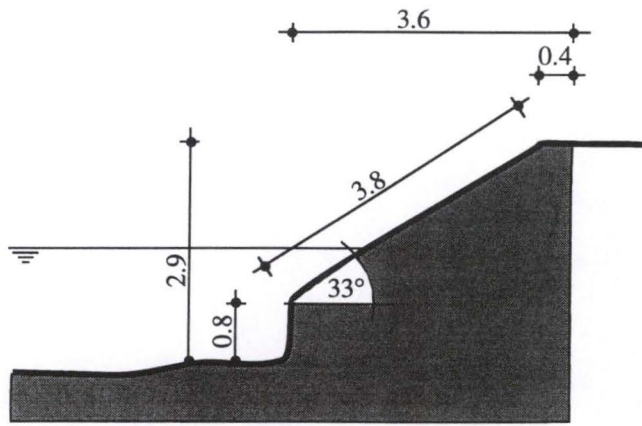
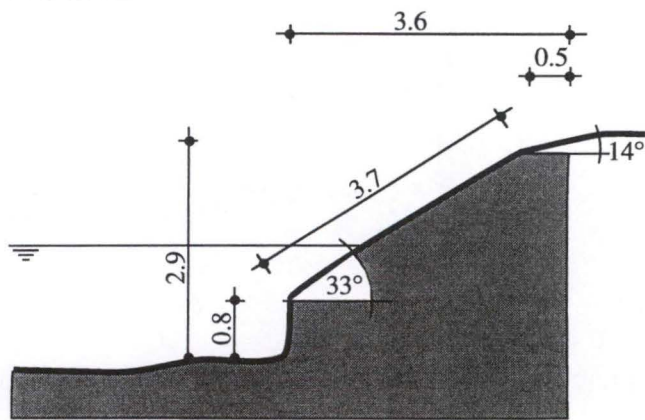


Figure 35 : Profil de la pente de la berge (Ouffet)

Point 1



Point 2



Point 3

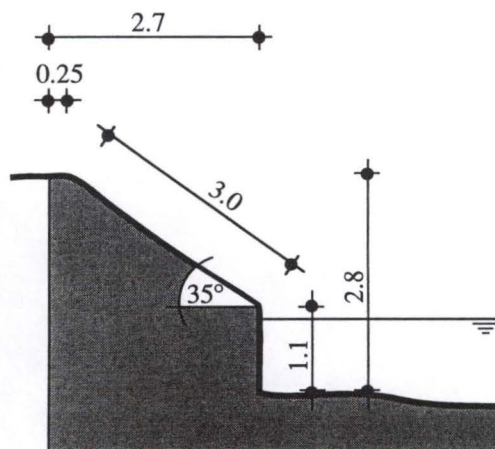


Figure 36 : Profil de la pente de la berge (Fumal)

effectuée du pied de la berge jusqu'à un mètre du début de la prairie. La hauteur apparente de la berge est de 1.7 mètre et la hauteur totale de 2 mètres.

Le deuxième point, correspondant au milieu de l'aménagement, a été mesuré de la même manière que le premier point. A cet endroit, on obtient une longueur de berge de 4.3 mètres avec une inclinaison de 17° , une hauteur apparente de 1.3 mètre et une hauteur totale de 1.7 mètre.

Le troisième point correspondant au début de l'aménagement (en amont), a été mesuré comme les deux autres points. On obtient donc une longueur de berge de 4.1 mètres avec une inclinaison de 17° , une hauteur apparente de 1.25 mètre et une hauteur totale de 1.55 mètre.

5.3.4. Ouffet

Le site de Ouffet possède une pente bien régulière sur toute sa longueur (nous l'avons vérifié en réalisant deux mesures), c'est pourquoi un seul profil de berge a été réalisé. Les mesures ont été effectuées à partir de 1.5 mètre de la prairie jusqu'au niveau de l'eau. La longueur de la berge mesure 3.5 mètres avec une inclinaison de 30° . La hauteur apparente est de 1.7 mètre et la hauteur totale vaut 2.1 mètres (figure 35).

5.3.5. Fumal

5.3.5.1. Le peigne

Sur ce site, une seule mesure a été effectuée. La berge s'étend sur 25 centimètres en prolongement de la prairie puis descend vers le niveau de l'eau sur une longueur de 3 mètres avec une inclinaison de 35° . La hauteur apparente de la berge, à cet endroit, est de 1.7 mètre avec une hauteur totale de 2.8 mètres (figure 36, point 3).

5.3.5.2. L'épi

Deux mesures ont été effectuées sur cet aménagement : une au début, l'autre étant réalisée à la fin du site.

Le premier point, en amont, nous indique une berge s'étendant sur 40 centimètres dans le prolongement du champ, puis descendant vers le niveau de l'eau pendant 3.8 mètres avec une inclinaison de 33° . La hauteur apparente de la berge est de 2.1 mètres et une hauteur totale de 2.9 mètres.

Le deuxième point, en aval, se mesure de la même manière que le point précédent. On retrouve donc une longueur en haut de berge de 50 centimètres avec une inclinaison de 14° ; une pente de 3.7 mètres avec une inclinaison de 33° ; une hauteur apparente de 2.1 mètres et une hauteur totale de 2.9 mètres (figure 36, point 1 et 2)

5.4. Plantations et ensemencements effectués sur chaque site

Nous allons analyser ici la colonisation végétale des différents sites en fonction des espèces implantées. Mais avant de préciser exactement les espèces, voyons l'écologie des principales espèces ligneuses et herbacées utilisées pour les stabilisations.

Les principales espèces ligneuses plantées sur les berges sont :

- *Fraxinus excelsior*. Espèce de la moitié supérieure des berges, qui tolère bien l'ombrage dans son tout jeune âge, puis devient héliophile. C'est une espèce des sols limoneux profonds et fertiles, à bon régime hydrique.
- *Alnus glutinosa*. Essence exigeant un sol bien fourni en eau, de préférence courante, espèce héliophile. C'est l'espèce pouvant croître le plus près de l'eau. Convient tout particulièrement pour être plantée au bord des ruisseaux et des rivières vives, dont les racines protègent efficacement les berges et servent d'abri aux poissons.
- *Crataegus monogyna* Jacq.. Espèce héliophile présente sur la plupart des sols. Essence buissonnante à planter sur la rive ou sur la moitié supérieure des berges.
- *Prunus padus*. Espèce liée aux forêts alluviales naturelles, convient bien pour être plantée sur les berges des ruisseaux.
- *Carpinus betulus*. Essence des sols limoneux, argileux ou argilo-sableux, de bonne fertilité chimique, non gorgés d'eau ; assez tolérante à l'ombrage. Espèce de sous-bois à planter sur la rive ou sur la moitié supérieure des berges.
- *Quercus robur*. Essence des sols limoneux à assez lourds, plus ou moins humides. Espèce précieuse de la forêt humide de vallée, convient le mieux pour la rive ou le haut des berges comme arbre isolé ou par petits groupes.
- *Corylus avellana*. Essence des sols fertiles et pas trop secs, espèce de sous-bois à planter sur la rive ou au sommet des berges.
- *Acer pseudoplatanus*. Essence des sols meubles, profonds, à bon régime hydrique, tolère l'ombrage dans sa jeunesse mais demande de la lumière pour s'épanouir. Elle est à utiliser partout dans les sites les moins humides des rives, convient pour la moitié supérieure de la berge.
- *Prunus spinosa*. Essence des sols fertiles, fuyant les milieux trop humides, mais pouvant être utilisée au sommet des berges et sur les rives.
- *Sorbus aucuparia*. Espèce préférant les sols légers, meubles et pas trop humides, elle convient mieux pour la rive que pour la berge.
- *Sambucus nigra* : Essence buissonnante à planter partout sur la rive.
- En ce qui concerne les saules, ils ont déjà été décrits dans la section 1.2.2.2.

Les principales espèces herbacées que l'on sème sur la berge sont les suivantes :

- *Arrhenatherum elatius*. Espèce mésophile, peu sensible à la sécheresse, mais évitant les sites humides ; préfère les sols profonds, faiblement acides à calcaires, tolère un léger ombrage, mais préfère la pleine lumière. Espèce se rencontrant dans les prés de fauche et sur les berges des cours d'eau.
- *Dactylis glomerata*. Espèce pouvant se rencontrer dans les prairies, sur les talus et sur les berges des cours d'eau de la plaine à la Haute Ardenne, sur les sols riches, ni trop secs ni trop humides, faiblement acides à calcaires. Elle colonise la moitié supérieure des berges des cours d'eau eutrophes ou eutrophisés.
- *Agrostis stolonifera*. Espèce héliophile et hygrophile, elle est présente de la plaine à la Haute Ardenne, dans les prairies, les champs humides et au bord des eaux. Elle est très bien adaptée à la colonisation des berges, tant dans le haut qu'au contact de l'eau.

En ce qui concerne *Phalaris arundinacea*, *Festuca rubra subsp. rubra* et *Poa trivialis*, elles ont toutes les trois été décrites dans la section 1.2.2.2.

Pour rappel, le mélange n°2 de Dethioux se compose de *Lolium perenne*, *Phalaris arundinacea*, *Holcus lanatus*, *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*, *Festuca rubra subsp. rubra*, *Agrostis capillaris*, *Agrostis stolonifera*, *Poa trivialis*, *Plantago lanceolata*, *Phleum pratense*, *Trifolium repens*, *Lotus pedunculatus* et *Achillea millefolium* (en ce qui concerne les répartitions de ces différentes espèces, elles se situent à la figure 10).

5.4.1. Schönberg

Suivant les renseignements donnés par M. Gilliquet du SCENN du district de Liège, le caisson de Schönberg a été planté de 10 aulnes (*Alnus glutinosa*), 10 frênes (*Fraxinus excelsior*) et 10 érables (*Acer pseudoplatanus*), de même que de boutures de *Salix viminalis* et *Salix aurita* en pied de caisson (en ce qui concerne les espèces ligneuses). En ce qui concerne les espèces herbacées, on retrouve le mélange n°2 de Dethioux.

Jusqu'à présent, aucun signe de vandalisme n'a été remarqué depuis la réalisation des travaux, d'ailleurs aucune mesure de prévention n'a été prise à ce sujet (c'est-à-dire marquer les plantations à l'aide d'éléments en plastique pour montrer qu'elles font partie d'un projet).

5.4.2. Petigny

Sur le site de Petigny, environ 810 arbres, venant de douze espèces différentes, ont été plantés. Si l'on détaille le relevé, on retrouve 190 *Salix viminalis* situés sur le premier

et le deuxième niveau du caisson, 270 *Alnus glutinosa* situés uniquement sur le deuxième niveau. Pour ce qui est du sommet du caisson, on trouve 80 *Fraxinus excelsior* et 80 *Acer pseudoplatanus*, 40 *Prunus spinosa* et 40 *Crataegus monogyna* Jacq., 20 *Sorbus aucuparia*, 20 *Corylus avellana*, 20 *Sambucus nigra*, 20 *Prunus padus*, 20 *Viburnum opulus* et 10 *Quercus robur*. En ce qui concerne les espèces herbacées, elles ont, comme dans le cas précédent, été semées sous forme du mélange Dethioux n°2.

Bien qu'il se situe au pied d'un chemin de randonnée, aucune détérioration, végétale ou matérielle, n'est à constater sur le site.

5.4.3. Plombières

Le listing des végétaux plantés sur ce chantier a été fait sur place et aucun inventaire des espèces plantées n'existe. Toutefois, grâce au relevé que nous avons effectué le 08/06/98, nous pouvons dire qu'il s'y trouve du *Prunus spinosa*, *Alnus glutinosa*, *Sambucus nigra*, *Crataegus monogyna*, *Fraxinus excelsior*, *Salix caprea*, *Salix viminalis*, *Acer pseudoplatanus*. En ce qui concerne les espèces herbacées, c'est le mélange n°2 de Dethioux qui a été semé.

N'ayant pas eu de liste exhaustive, nous ne pouvons dire si du vandalisme est apparu sur ce site, mais quelques plantations auraient été endommagées par les chevaux de la prairie voisine. En tout cas, afin d'éviter la détérioration des plantations par les pêcheurs, elles ont toutes été marquées à l'aide de petits repères pour montrer qu'elles faisaient partie d'un aménagement.

5.4.4. Ouffet

D'après nos renseignements, 68 plants ont été disposés sur ce site. Parmi ceux-ci, on retrouve 25 *Fraxinus excelsior*, 10 *Carpinus betulus*, 6 *Sambucus nigra*, 6 *Viburnum opulus*, 6 *Crataegus monogyna* Jacq., 6 *Alnus glutinosa*, 5 *Prunus avium* et 4 *Corylus avellana*.

En ce qui concerne les espèces herbacées, aucune n'a été semée sur cet aménagement. La recolonisation du site s'est donc faite naturellement. Jusqu'à présent, les plantations n'ont subi aucun dommage ; de plus elles ont toutes bien repris.

5.4.5. Fumal

Le site de Fumal comprend trois aménagements différents. Une partie, sur la rive gauche, a connu uniquement des plantations, il s'agit de plantations de 20 *Alnus glutinosa*, 20 *Corylus avellana*, 10 *Carpinus betulus*, 5 *Prunus spinosa*, 3 *Crataegus monogyna* Jacq., 3 *Viburnum opulus*, 3 *Sambucus nigra*, 3 *Sorbus aucuparia*, 3 *Fraxinus*

excelsior, 3 *Acer pseudoplatanus* et 3 *Prunus avium*. Toutes ces plantations ont été arrachées par les pêcheurs et les promeneurs.

La deuxième et la troisième partie constituées d'épis et de peignes n'ont subi aucun aménagement végétal (ni d'espèces herbacées, ni d'espèces ligneuses).

5.5. Evolution des sites

5.5.1. Schönberg

Le caisson de Schönberg n'est pas, d'un point de vue esthétique, une réussite de technique végétale. En effet, le caisson n'étant pas recouvert de végétaux, c'est sa structure qui apparaît au premier coup d'œil, donnant par le fait même un aspect négatif à l'utilisation de cette technique.

Plusieurs causes peuvent avoir freiné la végétalisation du caisson. La première serait le manque de luminosité rencontré sur le site, puisque, comme déjà précisé au chapitre 5.2.1, il est assez fermé. De plus, l'espace réservé aux végétaux est réduit, ce qui n'est pas favorable à la croissance : le caisson est haut, mais pas très large, l'espace entre les rondins est ainsi réduit. On peut observer la présence de déchets de jardinage et celle d'un tuyau d'égouts qui passe dans le caisson (le développement des végétaux ne s'en trouve certainement pas amélioré).

5.5.2. Petigny

Contrairement au caisson de Schönberg, celui de Petigny connaît une bonne évolution végétale. Néanmoins, on observe une plage où la végétation est moins développée qu'ailleurs. Cette différence de végétation se marque par une croissance et une densité moins grande, tout en gardant la même diversité végétale.

Plusieurs hypothèses viennent à l'esprit pour comprendre ce phénomène. Ce retard peut avoir son origine à la mise en œuvre du caisson. En effet, il fut réalisé petit à petit avec ensemencements simultanés : il suffit que la construction ait connu quelques problèmes pour qu'il y ait incidence sur la croissance des végétaux. Malgré tout, au début du mois de juillet, la végétation sur le caisson était pratiquement uniforme.

Nous avons constaté aussi que le niveau d'eau très bas, au mois de juillet, n'est en rien dommageable à la stabilité du caisson, car sa fondation est importante et s'enfonce dans la roche sur 60 cm.

5.5.3. Plombières

Le site de Plombières a bien évolué, il est entièrement recouvert de végétaux. Aucune trace de retalutage ni d'aménagement n'est apparente et il n'y a pas la moindre trace d'érosion. Cette berge faisant face à ce que l'on appellerait une technique traditionnelle (des gabions) offre tous les avantages d'une berge stabilisée à l'aide de techniques végétales : elle propose une diversité d'habitats pour les espèces animales (insectes, macroinvertébrés, poissons, ...), une bonne maîtrise de l'érosion et elle se fond parfaitement dans le paysage.

5.5.4. Ouffet

D'un point de vue végétation, l'évolution du site d'Ouffet est très bonne : le milieu environnant proposant déjà un bon échantillon d'espèces intéressantes, celles-ci sont venues coloniser le site sur lequel l'aménagement a été effectué.

En ce qui concerne l'érosion, elle ne se fait plus latéralement mais plutôt en profondeur : sur le terrain nous avons pu observer que la moitié gauche de la rivière (du côté de la berge aménagée) avait une profondeur de 40cm à 1 mètre, tandis que sur l'autre moitié, la berge droite, il n'y a que 15 cm d'eau (ces mesures ont été prises fin juin). Nous pensons que la rivière, n'ayant plus l'occasion de s'étendre en largeur en raison de la rigidité de la berge, creuse son lit.

5.5.5. Fumal

Ces épis ont été posés pour protéger une encoche d'érosion située quelques mètres en aval. On observe une sédimentation et le talus de l'encoche se recolonise déjà.

Le peigne renferme bien l'encoche d'érosion. On observe une sédimentation qui s'effectue à l'arrière de l'aménagement. Il se fond très bien dans le paysage, on ne voit même pas qu'il y a eu un aménagement.

Du point de vue végétation, bien qu'il n'y ait eu aucun semis ni aucune plantation dans ce secteur, on observe une bonne recolonisation générale de la berge.

5.6. Relevés floristiques

Les relevés floristiques furent réalisés de mai à juillet (avec un relevé, voire deux suivant les sites) sur la totalité de la berge, soit sur une surface de $\pm 24.4 \text{ m}^2$ en ce qui concerne le site de Schönberg, 303 m^2 en ce qui concerne le site de Petigny, 119 m^2 pour Plombières, 51.5 m^2 pour Ouffet et 31.5 m^2 et 55.2 m^2 pour l'épis et le peigne de Fumal. A chaque espèce rencontrée, un coefficient d'abondance et de rareté était attribué.

Tableau 9 : Relevé végétal effectué le 8/06/98 à Schönberg sur l'Our

Famille	Espèce	A	B	C				
				1	2	3	4	5

Ligneuses

Aceraceae	<i>Acer platanoides L.</i>	+	5					
Betulaceae	<i>Alnus glutinosa (L.) Gaertn.</i>	+	7		x			
Caprifoliaceae	<i>Viburnum opulus L.</i>	+	7				x	
Oleaceae	<i>Fraxinus excelsior L.</i>	+	2				x	
Salicaceae	<i>Salix alba L.</i>	1	6					
	<i>Salix caprea L.</i>	1	7					
	<i>Salix viminalis L.</i>	1	6					

Herbacées

Apiaceae	<i>Aegopodium podagraria L.</i>	+	8				x	
Balsaminaceae	<i>Impatiens noli-tangere L.</i>	+	6		x			
Brassicaceae	<i>Alliaria petiolata (Bieb.) Cavara et Grande</i>	+	4				x	
Caryophyllaceae	<i>Stellaria media (L.) Vill.</i>	+	3					
Geraniaceae	<i>Geranium robertianum L.</i>	+	8					
Lamiaceae	<i>Galeopsis tetrahit L.</i>	+	8					
Poaceae	<i>Dactylis glomerata L.</i>	+	9				x	
	<i>Poa pratensis L.</i>	+						
Rosaceae	<i>Rubus sp.</i>	+						
Rubiaceae	<i>Galium aparine L.</i>	+	2				x	

Somme totale des espèces

Ligneuses : 7

Herbacées : 10

Légende

A : coefficient d'abondance

B : coefficient de rareté

C : position des végétaux sur la berge (d'après Dethioux, 1989)

1 : pied de berge

2 : moitié inférieure

3 : mi-berge

4 : moitié supérieure

5 : toute la berge

En gras, les espèces semées ou plantées que l'on retrouve

Ces relevés furent réalisés en utilisant "*La nouvelle flore de Belgique*" (Lambinon, 1992) et avec l'aide et les compétences de Monsieur Margot. Le lecteur trouvera en annexe 4 la liste totale des végétaux rencontrés ainsi que leur niche écologique.

5.6.1. Schönberg

Le site de Schönberg n'est pas très harmonieux d'un point de vue diversité et abondance de végétaux (tableau 9). En effet, toutes les espèces présentes sur la berge sont éparées et même rares. Le relevé que nous avons effectué le 8/06/98 indique la présence de 17 espèces différentes (appartenant à 14 familles), dont 7 espèces ligneuses et 10 herbacées. Toutes les espèces, sauf les saules (coefficient 1 : recouvrement entre 1 et 5%), ont un coefficient d'abondance nul (+), ce qui correspond à un recouvrement de moins de 1%. En ce qui concerne la rareté des espèces dans la région, on peut observer que *Fraxinus excelsior* a un coefficient de rareté égal à 2, ce qui signifie que l'espèce est rare dans la région, il en est de même pour le *Galium aparine* ; *Stellaria media* a un coefficient de 3, ce qui correspond à une espèce assez rare à rare ; et *Alliaria petiolata* un coefficient de 4, ce qui veut dire qu'elle est assez rare.

Galium aparine est une espèce annuelle qui pousse le long des cours d'eau eutrophes ou eutrophisés ; elle ne contribue guère à fixer le sol des berges en raison de sa courte durée de vie et son faible enracinement. Elle serait plutôt à exclure en raison de sa tendance à former des populations qui étouffent les voisins.

Stellaria media est une espèce des champs, jardins et décombres, très fréquente et qui aime l'azote (Aichele, 1975).

Alliaria petiolata est une espèce de la moitié supérieure des berges dont elle protège le sol au printemps. Elle s'implante naturellement.

Les espèces inventoriées sur le site se trouvent généralement dans les chemins ou dans les forêts, mais la plupart sont des espèces qui s'implantent dans la partie supérieure des berges.

Il est à noter que le *Galium* et l'*Alliaria* sont des espèces que l'on retrouve sur le haut de la berge.

Nous en terminerons avec ce site en indiquant que 7% des espèces semées sont présentes sur la berge (c'est-à-dire une espèce sur quatorze), par contre, toutes les espèces plantées se retrouvent. Les espèces herbacées semées représentent 10% de la végétation herbacée située sur la berge. Parmi cette végétation, six espèces sont typiques de la moitié supérieure des berges.

5.6.2. Petigny

Pour rappel, le site a été l'objet de nombreuses plantations et de l'ensemencement du mélange n°2 de Dethioux (tableau 10). Le relevé floristique que nous avons réalisé s'est déroulé fin juin, début juillet (18/06/98 et 8/07/98). Cette date tardive laisse supposer

Tableau 10 : Relevé végétal effectué le 18/06/98 et le 8/07/98 à Petigny sur l'Eau Noire

Famille	Espèce	A	B	C				
				1	2	3	4	5
Ligneuses								
Aceraceae	<i>Acer pseudoplatanus L.</i>	1	7				x	
Amygdalaceae	<i>Prunus padus L.</i>	1	5		x			
	<i>Prunus spinosa L.</i>	2	7				x	
Betulaceae	<i>Alnus glutinosa (L.) Gaertn.</i>	1	7		x			
Caprifoliaceae	<i>Sambucus nigra L.</i>	1	8				x	
Corylaceae	<i>Corylus avellana L.</i>	1	7					
Fagaceae	<i>Quercus robur L.</i>	+	9				x	
Malaceae	<i>Crataegus Monogyna Jacq.</i>	1					x	
	<i>Sorbus aucuparia L.</i>	1	8					
Oleaceae	<i>Fraxinus excelsior L.</i>	1	7				x	
Salicaceae	<i>Salix viminalis L.</i>	2	6		x			
Tiliaceae	<i>Tilia sp.</i>	+						
Herbacées								
Apiaceae	<i>Chaerophyllum temulum L.</i>	+	7					
	<i>Daucus carota L.</i>	1	7					
	<i>Heracleum sphondylium L.</i>	1	9				x	
	<i>Pimpinella saxifraga L.</i>	+	5					
Asteraceae	<i>Achillea millefolium L.</i>	+	8					
	<i>Achillea ptarmica L.</i>	+	4	x				
	<i>Arctium sp.</i>	+						
	<i>Artemisia vulgaris L.</i>	2	7				x	
	<i>Carduus crispus L.</i>	3	7					
	<i>Cirsium sp.</i>	1						
	<i>Cirsium vulgare (Savi) Ten.</i>	2	7					
	<i>Crepis biennis L.</i>	+1	7					
	<i>Crepis capillaris (L.) Wallr.</i>	1	7					
	<i>Lapsana communis L.</i>	1	7					
	<i>Leucanthemum vulgare Lam.</i>	+	7					
	<i>Matricaria recutita L.</i>	1	7					
	<i>Sonchus asper (L.) Hill</i>	1-2	8					
Balsaminaceae	<i>Impatiens parviflora DC.</i>	+	1					
Boraginaceae	<i>Echium vulgare L.</i>	+	8					
Brassicaceae	<i>Barbarea intermedia Boreau</i>	+	3					
	<i>Brassica napus subsp.napus</i>	+						
	<i>Cardamine amara L.</i>	+	5					
	<i>Sisymbrium officinale (L.) Scop.</i>	+	9					
Caryophyllaceae	<i>Cerastium glomeratum Thuill.</i>	+	7					
	<i>Silene dioica (L.) Clairv.</i>	1	7					
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis L.</i>	1	8					
Cyperaceae	<i>Scirpus sylvaticus L.</i>	1	7					
Dipsacaceae	<i>Dipsacus fullonum L.</i>	+	7					
Fabaceae	<i>Lathyrus pratensis L.</i>	1	7					
	<i>Medicago lupulina L.</i>	1	8					
	<i>Medicago sativa L.</i>	+						
	<i>Trifolium repens L.</i>	3	10					
	<i>Vicia cracca L.</i>	+	8					

	<i>Vicia hirsuta</i> (L.) S.F. Gray	+	7					
Geraniaceae	<i>Geranium columbinum</i> L.	+	3					
Lamiaceae	<i>Lycopus europaeus</i> L.	+	6	x				
	<i>Prunella vulgaris</i> L.	+	8					
	<i>Stachys sylvatica</i> L.	+	8			x		
Onagraceae	<i>Epilobium ciliatum</i> Rafin.	1	5					
Papaveraceae	<i>Papaver rhoeas</i> L.	+	7					
Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i> L.	1	10					
	<i>Plantago major</i> L.	2	10					
Poaceae	<i>Agrostis capillaris</i> L.	1	9					
	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	+1	9					x
	<i>Alopecurus pratensis</i> L.	+	7					
	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	1	7					
	<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) Beauv.	1	10				x	
	<i>Bromus hordeaceus</i> L.	+	9					
	<i>Bromus sterilis</i> L.	1	9					
	<i>Dactylis glomerata</i> L.	1	9				x	
	<i>Elymus repens</i> (L.) Gould	1	8					x
	<i>Glyceria</i> sp.	+						
	<i>Glyceria declinata</i> Bréb.	+	5					
	<i>Holcus lanatus</i> L.	2	9					
	<i>Lolium perenne</i> L.	3	10					
	<i>Phalaris arundinacea</i> L.	2	8		x			
	<i>Poa nemoralis</i> L.	1	7					
	<i>Poa pratensis</i> L.	2						
Polygonaceae	<i>Polygonum hydropiper</i> L.	+	6					
	<i>Rumex crispus</i> L.	1	8					
	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	1	7					x
Ranunculaceae	<i>Ranunculus repens</i> L.	3	8					x
Rosaceae	<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	1	8					
	<i>Geum urbanum</i> L.	+	8					
	<i>Potentilla reptans</i> L.	1	7					
	<i>Rubus</i> sp.	1						
Rubiaceae	<i>Galium aparine</i> L.	1	9				x	
	<i>Galium mollugo</i> L.	+	6				x	
Scrophularia	<i>Linaria vulgaris</i> Mill.	+	7					
	<i>Verbascum lychnitis</i> L.	+	6					
Trapaceae	<i>Lythrum salicaria</i> L.	+	7		x			
Urticaceae	<i>Urtica dioica</i> L.	3	10					x
Valerianaceae	<i>Valeriana repens</i> Host	+	7		x			

Somme totale des espèces
Ligneuses : 12
Herbacées : 73

Légende	
A :	coefficient d'abondance
B :	coefficient de rareté
C :	position des végétaux sur la berge (d'après Dethioux, 1989)
1 :	pied de berge
2 :	moitié inférieure
3 :	mi-berge
4 :	moitié supérieure
5 :	toute la berge

En gras, les espèces semées ou plantées que l'on retrouve

que quelques espèces plutôt printanières sont passées inaperçues ou que certaines ont été cachées par les plus grandes. Notre relevé indique cependant la présence de 85 espèces différentes appartenant à 34 familles. Ces espèces se répartissent en 12 espèces ligneuses et 73 espèces herbacées.

Parmi les espèces les plus abondantes sur le site, on observe *Prunus spinosa* (coefficient 2), *Salix viminalis* (coefficient 2), *Artemisia vulgaris* (coefficient 2), *Carduus crispus* (coefficient 3), *Cirsium vulgare* (coefficient 2), *Sonchus asper* (coefficient 2), *Trifolium repens* (coefficient 3), *Plantago major* (coefficient 2), *Holcus lanatus* (coefficient 2), *Lolium perenne* (coefficient 3), *Phalaris arundinacea* (coefficient 2), *Poa pratensis* (coefficient 2), *Ranunculus repens* (coefficient 3) et *Urtica dioica* (coefficient 3).

Artemisia vulgaris est une espèce du bord des chemins, que l'on rencontre aussi très couramment dans nos régions et qui, vu son origine, se retrouve plutôt sur la moitié supérieure de la berge. Son coefficient de rareté équivaut à 7, autrement dit, c'est une espèce commune à assez rare. On lui a attribué un coefficient d'abondance de 2, ce qui veut dire qu'elle recouvre 25 à 50% de la surface de la berge.

Cirsium vulgare est une espèce fréquente des chemins et des décombres qui aime les sols calcaires et riches en azote. C'est une espèce commune à assez commune (coefficient de 7), comme *Artemisia vulgaris*. Elle possède aussi le même pourcentage de recouvrement (coefficient de 2).

Plantago major (coefficient d'abondance = 2) est une espèce des chemins qui est insensible au piétinement et aime les sols un peu humides. Son coefficient de rareté équivaut à 10, autrement dit, c'est une espèce très commune.

En ce qui concerne la rareté des espèces, on en retrouve quatre plus rares que les autres, il s'agit d'*Achillea ptarmica*, *Impatiens parviflora*, *Barbarea intermedia* et *Geranium columbinum*.

Achillea ptarmica est une espèce hygrophile des prés de fauche humides et du bord des eaux courantes ou dormantes. Elle s'implante naturellement à la partie basse des berges dont elle contribue à fixer le sol par son système horizontal d'enracinement. Elle a un coefficient de rareté de 4, ce qui signifie qu'elle est assez rare dans la région.

Impatiens parviflora est une espèce de forêts de feuillus qui aime les sols légers, non calcaires et légèrement humides. Elle est assez rare dans nos régions. Elle a un coefficient de rareté de 1, ce qui signifie qu'elle est rare à très rare dans la région.

A proximité d'un sentier et d'une prairie, la plupart des espèces rencontrées sont propices à ces lieux et aux forêts. On rencontre 15 espèces typiques au milieu aquatique et aux berges, comme, *Achillea ptarmica*, *Carduus crispus*, *Barbarea intermedia*, *Vicia cracca*, *Prunella vulgaris*, *Alopecurus pratensis*.

Nous en terminerons en signalant que toutes les espèces plantées se retrouvent sur la berge, six de ces espèces se situent sur la moitié supérieure de la berge, trois sont plus typiques de la moitié inférieure. En ce qui concerne les espèces herbacées, 71% des

Tableau 11 : Relevé végétal effectué le 8/06/98 à Plombières sur la Gueule

Famille	Espèce	A	B	C				
				1	2	3	4	5

Ligneuses								
Aceraceae	<i>Acer pseudoplatanus L.</i>	2	7				x	
Amygdalaceae	<i>Prunus spinosa L.</i>	+	7				x	
Betulaceae	<i>Alnus glutinosa (L.) Gaertn.</i>	3	7		x			
Caprifoliaceae	<i>Sambucus nigra L.</i>	2	8				x	
Malaceae	<i>Crataegus monogyna Jacq.</i>	+	7				x	
	<i>Pyrus communis L.</i>	+						
Oleaceae	<i>Fraxinus excelsior L.</i>	2	7				x	
Salicaceae	<i>Salix caprea L.</i>	1	7					
	<i>Salix viminalis L.</i>	2	6		x			

Herbacées								
Apiaceae	<i>Aegopodium podagraria L.</i>	1	8				x	
	<i>Angelica sylvestris L.</i>	+	7		x			
	<i>Anthriscus sylvestris (L.) Hoffm.</i>	+	10					
	<i>Chaerophyllum temulum L.</i>	2	7					
	<i>Heracleum sphondylium L.</i>	1	9				x	
Asteraceae	<i>Achillea millefolium L.</i>	+	8					
	<i>Artemisia vulgaris L.</i>	+	7				x	
	<i>Cirsium vulgare (Savi) Ten.</i>	1	7					
	<i>Eupatorium cannabinum L.</i>	+	7					
	<i>Sonchus asper (L.) Hill</i>	+	8					
Balsaminaceae	<i>Impatiens glandulifera Royle</i>	1	4				x	
	<i>Impatiens noli-tangere L.</i>	+	6		x			
Brassicaceae	<i>Alliaria petiolata (Bieb.) Cavara et Grande</i>	1	8				x	
	<i>Brassica oleracea L.</i>	+						
Caryophyllaceae	<i>Myosoton aquaticum (L.) Moench</i>	+	7		x			
	<i>Silene dioica (L.) Clairv.</i>	2	7					
	<i>Silene vulgaris (Moench) Garcke subsp. Vulgaris</i>	2	7					
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium album L.</i>	+	8					
Convolvulaceae	<i>Calystegia sepium (L.) R. Brown</i>	+	7					
Corylaceae	<i>Corylus avellana L.</i>	1-2	7				x	
Equisetaceae	<i>Equisetum ramosissimum Desf.</i>	+	0					
Fabaceae	<i>Trifolium repens L.</i>	+	10					
Geraniaceae	<i>Geranium robertianum L.</i>	+	8					
Lamiaceae	<i>Galeopsis tetrahit L.</i>	1	8					
	<i>Lamium album L.</i>	1	10					
	<i>Lycopus europaeus L.</i>	+	6	x				
Poaceae	<i>Arrhenatherum elatius (L.) Beauv.</i>	2	10				x	
	<i>Dactylis glomerata L.</i>	1-2	9				x	
	<i>Holcus lanatus L.</i>	1	9					
	<i>Phalaris arundinacea L.</i>	+	7		x			
	<i>Poa</i>	1-2						
Polygonaceae	<i>Polygonum hydropiper L.</i>	1	6		x			
	<i>Rumex acetosa L.</i>	1	7					
Ranunculaceae	<i>Ranunculus acris L.</i>	1	8					
	<i>Ranunculus repens L.</i>	+	8					x
Rosaceae	<i>Filipendula ulmaria (L.) Maxim.</i>	1	8		x			

	<i>Geum urbanum L.</i>	+	8						
Rubiaceae	<i>Galium aparine L.</i>	3	9					x	
Scrophulariaceae	<i>Scrophularia umbrosa subsp. neesii (Wirtg.) E. Mayer</i>	1	4						
	<i>Scrophularia nodosa L.</i>	1	7						
Urticaceae	<i>Urtica dioica L.</i>	2	10						x

Somme totale des espèces
Ligneuses : 9
Herbacées : 41

Légende
A : coefficient d'abondance
B : coefficient de rareté
C : position des végétaux sur la berge (d'après Dethioux, 1989)
1 : pied de berge
2 : moitié inférieure
3 : mi-berge
4 : moitié supérieure
5 : toute la berge

En gras, les espèces semées ou plantées que l'on retrouve

espèces semées se retrouvent sur la berge (c'est-à-dire dix espèces sur quatorze), elles correspondent à 13% des espèces rencontrées sur la berge. La répartition de celles-ci sur la berge est homogène, les espèces se situent aussi bien dans le bas de berge que sur le haut.

5.6.3. Plombières

Pour rappel, cet aménagement a été complété à l'aide de plusieurs plantations et de semis (tableau 11). Selon notre relevé (réalisé le 8/06/98), nous observons 51 espèces végétales faisant partie de 26 familles différentes, parmi celles-ci, on retrouve 9 espèces ligneuses et 41 espèces herbacées. Les plus abondantes sont *Acer pseudoplatanus*, *Alnus glutinosa*, *Corylus avellana*, *Sambucus nigra*, *Fraxinus excelsior* (cfr 5.4.) en ce qui concerne les espèces ligneuses. Leur coefficient d'abondance est égal à 2 (5-25% de recouvrement) sauf pour *Alnus glutinosa* où il est égal à 3 (25-50% de recouvrement). Toutes ces espèces ont un coefficient de rareté variant entre 6 et 7, autrement dit, entre "assez commun" à "commun à assez commun". Et pour les espèces herbacées, on retrouve, *Chaerophyllum temulum*, *Silene dioica*, *Silene vulgaris*, *Arrhenaterum elatius* (cfr 5.4.), *Dactylis glomerata* (cfr 5.4.), *Poa*, *Galium aparine* (cfr 5.6.1.) et *Urtica dioica*. Toutes ces espèces ont le même coefficient d'abondance, il est égal à 2 (5-25% de recouvrement), excepté *Galium aparine* qui a un pouvoir de recouvrement de 25 à 50%.

Toutes les espèces relevées sur le site, sont rencontrées fréquemment dans nos régions, excepté trois espèces plus rares : *Equisetum ramosissimum* (espèce très rare dans nos régions, elle a un coefficient de 0), *Impatiens glandulifera* et *Scrophularia umbrosa* (coefficient de 4, ce qui signifie qu'elles sont assez rare dans la région). Les espèces rencontrées sur ce site sont principalement des espèces de berges (et de cours d'eau) et de bords de chemins. Leur répartition sur la berge est assez homogène, autrement dit, on retrouve autant d'espèces typiques du haut de la berge que du bas.

Nous en terminerons avec ce site en signalant que 50% des espèces semées se retrouvent sur la berge, elles correspondent à 17% de la totalité des espèces herbacées rencontrées sur la berge. Comme nous n'avons pas le listing exact des espèces plantées, nous ne pouvons quantifier leur présence.

5.6.4. Ouffet.

Pour rappel, seulement quelques plantations d'espèces ligneuses ont été effectuées sur le talus de berge (tableau 12). Nos relevés effectués le 28/05/98 et le 8/07/98, nous ont indiqué que 28 familles étaient présentes sur ce site avec un total de 65 espèces. Parmi ces 65 espèces, on retrouve 6 espèces ligneuses et 59 espèces herbacées. Les espèces les plus abondantes sont, en ce qui concerne les ligneux, *Alnus glutinosa* et *Salix viminalis* (cfr 5.4.) ; on a attribué à toutes les deux le même coefficient d'abondance, en l'occurrence 2 (5-25% de recouvrement). En ce qui concerne les espèces herbacées, on rencontre essentiellement *Dactylis glomerata* (coefficient = 2 (5-25% de recouvrement)), *Holcus lanatus* (coefficient = 3 (25-50% de recouvrement)), *Rumex obtusifolius* (coefficient = 2),

Tableau 12 : Relevé végétal effectué le 28/05/98 et le 8/07/98 à Ouffet sur le Néblon

Famille	Espèce	A	B	C				
				1	2	3	4	5

Ligneux								
Aceraceae	<i>Acer pseudoplatanus L.</i>	+	8					x
Betulaceae	<i>Alnus glutinosa (L.) Gaertn.</i>	2	7		x			
Caprifoliaceae	<i>Sambucus nigra L.</i>	1	8					x
Oleaceae	<i>Fraxinus excelsior L.</i>	1	7					x
Salicaceae	<i>Salix caprea L.</i>	+	7		x			
	<i>Salix viminalis L.</i>	2	6					

Herbacées								
Alliaceae	<i>Allium ursinum L.</i>	1	5					
Apiaceae	<i>Angelica sylvestris L.</i>	1	7		x			
	<i>Berula erecta (Huds.) Coville</i>	1	5	cours d'eau				
	<i>Heracleum sphondylium L.</i>	1	9					x
Araliaceae	<i>Hedera helix L.</i>	+	8					
Asteraceae	<i>Carduus crispus L.</i>	1	7					
	<i>Leucanthemum vulgare Lam.</i>	+	7					
	<i>Lapsana communis L.</i>	+	7					
	<i>Petasites hybridus (L.) Gaertn.</i>	+	6		x			
Boraginaceae	<i>Myosotis scorpioides L.</i>	+	5					
	<i>Myosotis sylvatica Ehrh. Ex Hoffman</i>	+	4					
Brassicaceae	<i>Alliaria petiolata (Bieb.) Cavara et Grande</i>	+	8					x
	<i>Cardamine amara L.</i>	+	5					
	<i>Cardamine flexuosa With.</i>	1	3					
	<i>Cardamine pratensis L.</i>	+						
Caryophyllaceae	<i>Cerastium brachypetalum Pers.</i>	+	2					
	<i>Lychnis flos-cuculi L.</i>	+	5					
	<i>Myosoton aquaticum (L.) Moench</i>	+	7		x			
	<i>Silene dioica (L.) Clairv.</i>	+	7					
	<i>Stellaria nemorum (L.)</i>	1	5		x			
Elatinaceae	<i>Hypericum hirsutum L.</i>	+	6					
Euphorbiaceae	<i>Mercurialis perennis L.</i>	+	8					
Geraniaceae	<i>Geranium robertianum L.</i>	+	8					
Juncaceae	<i>Juncus effusus L.</i>	+	7					
Lamiaceae	<i>Galeopsis tetrahit L.</i>	+	8					
	<i>Glechoma hederacea L.</i>	1	8				x	
	<i>Lamium galeobdolon (L.) L.</i>	1						
	<i>Mentha x verticillata L.</i>	1	6					
	<i>Stachys sylvatica L.</i>	1	8				x	
Onagraceae	<i>Epilobium hirsutum L.</i>	1	7		x			
	<i>Epilobium roseum Schreb.</i>	+	6					
Poaceae	<i>Agrostis stolonifera L.</i>	1	9					x
	<i>Anthoxanthum odoratum L.</i>	+	7					
	<i>Dactylis glomerata L.</i>	1-2	9					x
	<i>Holcus lanatus L.</i>	3	9					
	<i>Lolium perenne L.</i>	+	10					
	<i>Phalaris arundinacea L.</i>	1	8		x			
	<i>Phleum pratense L.</i>	+	9					
	<i>Poa pratensis L.</i>	1						

Polygonaceae	<i>Rumex acetosa</i> L.	1	7					
	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	1-2	7					x
Primulaceae	<i>Lysimachia nummularia</i> L.	1	8					
Ranunculaceae	<i>Ranunculus acris</i> L.	+	8					
	<i>Ranunculus ficaria</i> L.	+	7					
	<i>Ranunculus repens</i> L.	1	8					x
	<i>Ranunculus sceleratus</i> L.	+	3					
Rosaceae	<i>Alchemilla xanthochlora</i> Rothm.	+	6					
	<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	1	8		x			
	<i>Geum urbanum</i> L.	+	8					
	<i>Rubus caesius</i> L.	1	7					
Rubiaceae	<i>Galium aparine</i> L.	2	9				x	
Saxifragaceae	<i>Chrysosplenium oppositifolium</i> L.	1	6					
Scrophulariaceae	<i>Scrophularia nodosa</i> L.	+	7					
	<i>Scrophularia umbrosa</i> subsp. <i>neesii</i> (Wirtg.) E. Mayer	2	4					
	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	+						
	<i>Veronica chamaedrys</i> L.	+	7					
	<i>Veronica hederifolia</i> L.	1	7					
Solanaceae	<i>Solanum dulcamara</i> L.	2	7	x				
Urticaceae	<i>Urtica dioica</i> L.	2	10					x

Somme totale des espèces
Ligneuses : 6
Herbacées : 59

Légende
A : coefficient d'abondance
B : coefficient de rareté
C : position des végétaux sur la berge (d'après Dethioux, 1989)
1 : pied de berge
2 : moitié inférieure
3 : mi-berge
4 : moitié supérieure
5 : toute la berge

En gras, les espèces semées ou plantées que l'on retrouve

Galium aparine (cfr 5.6.1.)(coefficient = 2), *Scrophularia umbrosa* (coefficient = 2), *Solanum dulcamara* (coefficient = 2) et *Urtica dioica* (coefficient = 2).

Rumex obtusifolia est une espèce nitrophile, indésirable en raison de sa haute taille et de sa fertilité, mais elle est fréquente sur les berges naturelles des cours d'eau eutrophes ou eutrophisés. Elle possède un coefficient de rareté de 7, ce qui signifie qu'elle est commune à assez commune.

Scrophularia umbrosa est une espèce à la taille assez élevée, elle est assez fréquente au nord du sillon Sambre-Meuse, mais elle ne forme pas de peuplements importants. Elle possède un coefficient de rareté de 4, ce qui signifie qu'elle est assez rare.

Les espèces présentes sur le site sont assez fréquemment rencontrées dans nos régions. Cependant, cinq espèces ont un degré de rareté beaucoup plus faible. Il s'agit, de *Myosotis sylvatica* qui possède un coefficient de 4 (assez rare), *Cardamine flexuosa* qui a un coefficient de 3 (assez rare à rare), *Cerastium brachypetalum* un coefficient de 2 (rare), *Ranunculus sceleratus* coefficient de 3 (assez rare à rare) et *Scrophularia umbrosa* coefficient de 4.

Dans cet échantillon d'espèces relevées sur la berge, on trouve :

- 11 espèces plus particulières aux forêts comme par exemple *Allium ursinum*, *Hedera helix*, *Hypericum hirsutum*, *Geum urbanum*,... ;
- 14 espèces des bords de chemins comme *Leucanthemum vulgare*, *Galeopsis tetrahit*, *Glechoma hederacea*, *Phleum pratense* et *Lysimachia nummularis*,... ;
- 8 espèces des prairies, dont *Veronica chamaedrys*, *Anthoxanthum odoratum*, *Rumex acetosa*,... ;
- 14 espèces typiques des berges et du bord des eaux, comme *Petasites hybridus*, *Epilobium hirsutum*, *Phalaris arundinacea* (cfr 1.2.2.2.), *Scrophularia nodosa*, *Veronica chamaedrys*,...

Si on observe la place que prennent les végétaux sur la berge, on constate qu'il y a une certaine homogénéité dans leur répartition, en effet, certaines espèces se situent sur le haut de la berge, d'autres sur le bas, et parfois, les espèces peuvent se situer sur toute la berge sans exception (exemple : *Agrostis stolonifera*, *Rumex obtusifolius*, ...).

5.6.5. Fumal

5.6.5.1. Le peigne

Pour rappel, l'aménagement de ce site n'a pas été complété par un ensemencement ou des plantations quelconques (tableau 13). Sur ce site, nous avons recensé 20 familles (lors de nos relevés effectués le 28/05/98 et le 8/07/98) qui regroupent 31 espèces (réparties en 4 espèces ligneuses et 27 herbacées) dont cinq sont dominantes : *Corylus avellana*, *Artemisia vulgaris* (décrit 5.6.2.), *Arrhenaterum elatius*, *Solanum dulcamara* et

Tableau 13 : Relevé végétal effectué le 28/05/98 et le 8/07/98 à Fumal sur la Mehaigne (peigne)

Famille	Espèce	A	B	C				
				1	2	3	4	5

Ligneuses								
Betulaceae	<i>Carpinus betulus</i> L.	+	8				x	
Caprifoliaceae	<i>Sambucus nigra</i> L.	+	8				x	
Corylaceae	<i>Corylus avellana</i> L.	2	7				x	
Salicaceae	<i>Salix viminalis</i> L.	1	6					

Herbacées								
Apiaceae	<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.	1	10					
Asteraceae	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	1-2	7				x	
	<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	+	7					
Boraginaceae	<i>Myosotis scorpioides</i> L.	+	5					
	<i>Symphythum officinale</i> L.	1	8				x	
Brassicaceae	<i>Alliaria petiolata</i> (Bieb.) Cavara et Grande	+	8				x	
	<i>Cardamine pratensis</i> L.	+						
Caryophyllaceae	<i>Myosoton aquaticum</i> (L.) Moench	+	7		x			
	<i>Silene dioica</i> (L.) Clairv.	1	7					
Convolvulaceae	<i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Brown	1	7					
Lamiaceae	<i>Lamium album</i> L.	1	10					
	<i>Lamium maculatum</i> L.	+	6					
	<i>Lycopus europaeus</i> L.	+	6	x				
	<i>Stachys sylvatica</i> L.	+	8			x		
Onagraceae	<i>Epilobium angustifolium</i> L.	1	6					
Papaveraceae	<i>Chelidonium majus</i> L.	+1	7					
Poaceae	<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) Beauv.	2	10				x	
	<i>Bromus sterilis</i> L.	+	9					
	<i>Dactylis glomerata</i> L.	+	9				x	
	<i>Phalaris arundinacea</i> L.	1	8		x			
	<i>Poa pratensis</i> L.	+						
Roseaceae	<i>Geum urbanum</i> L.	+	8					
Rubiaceae	<i>Galium aparine</i> L.	1	9				x	
Scrophulariaceae	<i>Scrophularia umbrosa</i> subsp. <i>neesii</i> (Wirtg.) E. Mayer	+	4					
Solanaceae	<i>Solanum dulcamara</i> L.	1-2	7	x				
Urticaceae	<i>Urtica dioica</i> L.	2	10					x
Valerianaceae	<i>Valeriana repens</i> Host	+	7		x			

Somme totale des espèces
Ligneuses : 4
Herbacées : 27

Légende	
A : coefficient d'abondance	C
B : coefficient de rareté	2 : moitié inférieure
C : position des végétatux sur la berge (d'après Dethioux, 1989)	3 : mi-berge
1 : pied de berge	4 : moitié supérieure
	5 : toute la berge

En gras, les espèces semées ou plantées que l'on retrouve

Tableau 14 : Relevé végétal effectué le 28/05/98 et le 8/07/98 à Fumal sur la Mehaigne (épis)

Famille	Espèce	A	B	C				
				1	2	3	4	5

Ligneuses								
Betulaceae	<i>Alnus glutinosa (L.) Gaertn.</i>	2	7		x			
Salicaceae	<i>Populus alba L.</i>	2						
	<i>Salix caprea L.</i>	2	7					
	<i>Salix viminalis L.</i>	2	6					

Herbacées								
Apiaceae	<i>Anthriscus sylvestris (L.) Hoffm.</i>	+1	10					
	<i>Chaerophyllum temulum L.</i>	+1	7					
	<i>Heracleum sphondylium L.</i>	+	9				x	
Asteraceae	<i>Achillea millefolium L.</i>	+	8					
	<i>Artemisia vulgaris L.</i>	+	7				x	
	<i>Carduus crispus subsp. Crisp.</i>	2-3	7					
	<i>Lapsana communis L.</i>	+	7					
	<i>Sonchus asper (L.) Hill</i>	+1	8					
	<i>Taraxacum sp.</i>	+						
Brassicaceae	<i>Alliaria petiolata (Bieb.) Cavara et Grande</i>	1	8				x	
	<i>Barbarea intermedia Boreau</i>	+	3					
	<i>Capsella bursa-pastoris (L.) Med.</i>	1	9					
	<i>Cardamine pratensis L.</i>	1						
	<i>Sisymbrium officinale (L.) Scop.</i>	1	9					
Caryophyllaceae	<i>Stellaria media (L.) Vill.</i>	2-3	3					
Lamiaceae	<i>Glechoma hederacea L.</i>	1	8					
	<i>Lamium maculatum L.</i>	1	6					
Onagraceae	<i>Epilobium angustifolium L.</i>	1	6					
	<i>Epilobium hirsutum L.</i>	+	7		x			
Papaveraceae	<i>Papaver rhoeas L.</i>	+	7					
Poaceae	<i>Alopecurus pratensis L.</i>	+	7					
	<i>Arrhenatherum elatius (L.) Beauv.</i>	+	10				x	
	<i>Bromus sterilis L.</i>	+	9					
	<i>Dactylis glomerata L.</i>	+1	9				x	
	<i>Holcus lanatus L.</i>	1	9					
	<i>Lolium perenne L.</i>	1	10					
	<i>Phalaris arundinacea L.</i>	+	7		x			
	<i>Poa sp.</i>	2						
	<i>Poa pratensis L.</i>	1						
Polygonaceae	<i>Polygonum hydropiper L.</i>	+1	6					
	<i>Rumex obtusifolius L.</i>	+1	7					x
Ranunculaceae	<i>Ranunculus ficaria L.</i>	1	7					
	<i>Ranunculus repens L.</i>	1	8					
	<i>Ranunculus sceleratus L.</i>	+	3					
Rubiaceae	<i>Galium aparine L.</i>	2-3	9					

Scrophulariaceae	<i>Scrophularia umbrosa subsp. neesii</i> (Wirtg.) E. Mayer	+	4						
	<i>Veronica persica</i> Poir.	1	7						
Urticaceae	<i>Urtica dioica</i> L.	2-3	10						x

Somme totale des espèces
Ligneuses : 4
Herbacées : 38

Légende
A : coefficient d'abondance
B : coefficient de rareté
C : position des végétaux sur la berge (d'après Dethioux, 1989)
1 : pied de berge
2 : moitié inférieure
3 : mi-berge
4 : moitié supérieure
5 : toute la berge

En gras, les espèces semées ou plantées que l'on retrouve

Urtica dioica. On a attribué à toutes un coefficient d'abondance de 2, ce qui signifie un pourcentage de recouvrement compris entre 5 et 25%.

En observant les espèces de plus près, on remarque que *Corylus avellana* est une espèce que l'on retrouve assez couramment en Wallonie dans les bois, les haies et les fourrés. Malgré cela, on peut la rencontrer sur la rive ou en sommet de berge (à ± 1 mètre du plan d'eau). Elle possède un coefficient de 7 (commun à assez commun).

Arrhenaterum elatius est une espèce se rencontrant dans les prés de fauche et sur les berges des cours d'eau. On la trouve très souvent dans nos régions. Elle possède un coefficient de 10 (très commun).

Solanum dulcamara se trouve généralement dans les forêts alluviales ou au bord des rivières (dans le bas de la berge). Elle possède un coefficient de 7 (commun à assez commun).

Si on examine les coefficients de rareté repris par *La nouvelle flore de Belgique* (Lambinon, 1992), on se rend compte que toutes les espèces observées sur cette berge sont en moyenne assez courante sauf une, la scrofulaire (*Scrophularia umbrosa subsp. neesii*) dont l'indice 4 signifie qu'elle est assez rare.

Parmi toutes les espèces recensées, on en trouve dix spécifiques aux berges et aux cours d'eau dont *Eupatorium cannabinum* (coefficient d'abondance : +), *Myosotis scorpioides* (coefficient d'abondance : +), *Myosoton aquaticum* (coefficient d'abondance : +), *Calystegia sepium* (coefficient d'abondance : 1) et *Valeriana repens* (coefficient d'abondance : +). Dix autres sont plus particulièrement localisées dans les bois, forêts, lisières et bosquets, il s'agit entre autres de *Silene dioica* (coefficient d'abondance : 1), *Chelidonium majus* (coefficient d'abondance : +), *Solanum dulcamara* (coefficient d'abondance : 1-2), *Carpinus betulus* (coefficient d'abondance : +), et *Alliaria petiolata* (coefficient d'abondance : +). Les autres espèces se retrouvent essentiellement sur le bord des chemins comme *Antriscus sylvestris*, *Bromus sterilis* ou *Dactylis glomerata*.

Malgré cette localisation générale des plantes, seize espèces présentes sur ce site ont été répertoriées par M. Dethioux (Dethioux, 1989) comme étant susceptibles de se retrouver sur la berge, la plupart se situant dans la partie supérieure de celle-ci.

5.6.5.2. Les épis

Pour rappel, aucune plantation ni aucun semis n'a été réalisé sur ce site après son aménagement (tableau 14). Sur la berge, on retrouve 42 espèces réparties en 15 familles parmi lesquelles on trouve quatre espèces ligneuses : *Alnus glutinosa*, *Populus alba*, *Salix viminalis* et *Salix caprea* (cfr 1.2.2.2.). En ce qui concerne les espèces herbacées, les plus abondantes sont : *Carduus crispus* coefficient d'abondance : 2-3 ($\pm 25\%$ de recouvrement), *Stellaria media* coefficient d'abondance : 2-3, un *Poa* (que l'on n'a pas su déterminer) coefficient d'abondance : 2, *Galium aparine* coefficient d'abondance : 2-3, et *Urtica dioica* coefficient d'abondance : 2-3.

Les espèces les plus rares que l'on observe sur ce site sont *Stellaria media* coefficient de rareté dans la région = 3 (assez rare à rare), *Barbarea intermedia*

coefficient de rareté = 3, *Ranunculus sceleratus* coefficient de rareté = 3 et *Scrophularia umbrosa* coefficient de rareté = 4 (assez rare).

De toutes les espèces rencontrées sur ce site, la plupart sont des espèces de bords de chemins, on en rencontre cependant sept qui sont spécifiques aux berges et aux cours d'eau. Parmi celles-ci, on note :

- *Lamium maculatum*, héliophile poussant généralement dans les vallées relativement larges au bord des cours d'eau sur un sol bien fourni en calcaire (coefficient d'abondance = 1 ; de rareté = 6).
- *Epilobium hirsutum*, très précieuse pour la fixation des berges en raison de ses nombreux rhizomes (coefficient d'abondance = + ; de rareté = 7).
- *Polygonum hidropiper*, annuelle caractéristique des sites humides ne présentant aucun intérêt pour l'aménagement des berges. En raison de sa courte durée de vie, il n'est pas nécessaire de la combattre (coefficient d'abondance = + ; de rareté = 6).

6^{ème} partie :
Discussion

6. *Discussion générale*

6.1. Les caissons

Les caissons (structures étagées constituées de rondins) réalisés en Wallonie sont des techniques très imposantes et rigides. Ces aménagements font la transition entre les techniques dites traditionnelles et les techniques végétales. L'aménagement peut avoir un impact sur le cours de la rivière et provoquer une encoche d'érosion ailleurs sur le cours d'eau. Cette superstructure coûte relativement cher contrairement à d'autres techniques plus douces et moins rigides : son coût est en moyenne de 11.000 FB / m.

Si l'on ne tient compte que de la morphologie et de la colonisation végétale de la berge, on se rend compte, qu'en Wallonie, les berges aménagées à l'aide de caissons ont tendance à être verticales. Le caisson est composé de plusieurs niveaux superposés, il rend la berge verticale : la pente peut cependant être adoucie (de type 4/4) en allant vers le talus si l'espace imparti à la berge est suffisant.

Cette verticalité laisse peu de place aux végétaux pour se développer et, par conséquent, pourrait réduire la stabilité future de la berge. En effet, quand après plusieurs années la structure primaire (c'est-à-dire les rondins) aura disparu, seules les espèces ligneuses et herbacées tiendront un rôle dans la stabilité de la berge. Si elles n'ont pas pu se développer faute de place et/ou de mauvaise adaptation, le talus pourra s'affaisser d'autant plus facilement.

L'entretien de ces caissons consiste principalement à s'occuper de la végétation, c'est-à-dire recéper les arbres, ralentir la propagation de végétaux trop abondants afin de garder une certaine diversité dans les espèces et vérifier qu'aucune dégradation ne vient vider le caisson.

6.1.1. Schönberg

Le caisson de Schönberg possède une pente verticale ne laissant pas grand place au développement des végétaux. De plus, le site étant fortement ombragé, le manque de lumière peut ralentir la croissance des espèces.

Dans cette situation, nous avons donc remarqué une mauvaise adaptation de la végétation ligneuse. Cela peut provenir du fait qu'il y a un manque d'espace entre les rondins : les espèces ligneuses sont restées en place, mais ne sont pas bien développées.

En analysant de plus près ces espèces, on a pu remarquer qu'elles n'étaient pas toutes adaptées à la situation. En effet, *Viburnum opulus* et *Salix alba* sont des arbres que l'on retrouve partout en Wallonie, sauf en Ardenne ; or, Schönberg est en Ardenne ;

Fraxinus excelsior, *Acer platanoides* et *Alnus glutinosa* sont des arbres que l'on déconseille de planter au-dessus de 420 mètres, ce qui est pourtant approximativement l'altitude à laquelle se trouve le site. Ce choix d'espèces n'était donc pas fait pour optimiser le travail.

En ce qui concerne les espèces herbacées, seul *Dactylis glomerata* se retrouve parmi toutes les espèces semées. C'est une espèce que l'on rencontre le long des rivières eutrophes, il en est de même pour d'autres espèces rencontrées sur le site comme *Galium aparine* et *Aegopodium podagraria* qui sont venues s'implanter naturellement sur cette berge. Nous avons aussi observé des espèces nitrophiles apparues naturellement, il s'agit d'*Alliaria petiolata*, *Stellaria media* et *Geranium robertianum*.

Si l'on s'attarde quelque peu sur les espèces semées que l'on ne retrouve pas sur place (c'est-à-dire *Achillea millefolium*, *Agrostis stolonifera*, *Phalaris arundinacea* et *Arrhenatherum elatius*), on se rend compte qu'elles sont toutes des espèces hygrophiles et héliophiles (or, le caisson est plutôt situé dans une zone ombragée).

Comme nous venons de l'expliquer, la structure de l'aménagement peut être néfaste pour le rôle futur que jouera le caisson ; si les végétaux ne se développent pas, ils ne pourront jouer le rôle de stabilisation par la suite. Dans la mesure où les végétaux ont bien évolué, la verticalité de la berge sera plus vite propice à l'érosion et au glissement de terrain.

Manifestement, cet aménagement pose quelques problèmes de réussite. Pour obtenir un travail plus efficace, on aurait pu réaliser le caisson en diminuant le nombre de niveaux pour obtenir une pente plus douce ou utiliser une autre technique plus "douce". On peut imaginer, par exemple, de réaliser un matelas de branches sur une berge reprofilée en 4/4 (ce qui est possible dans ce cas-ci vu le profil de la berge) et au pied, de placer une fascine. Bien entendu, les espèces utilisées sur ce site seraient choisies minutieusement, en tenant compte de la luminosité, du sol et de la région. Les espèces répondant à ces caractéristiques sont *Betula pubescens*, *Prunus padus*, *Sorbus aucuparia* pour les ligneux et, comme espèces herbacées, on sèmerait *Stachys sylvatica*, *Festuca gigantea*, *Stellaria nemorum*.

6.1.2. Petigny

Le caisson de Petigny possède sur sa partie basse un talus vertical. La berge a été retalutée en 4/4. Sur la première partie de la berge, seuls des arbres ont été plantés. Etant bien choisis pour le site, ils ont repris sans problème et se développent très bien à présent. Il faut dire aussi que la luminosité ne manque pas sur ce site, puisqu'il est exposé plein sud.

Néanmoins une remarque est à faire sur le développement d'une partie du caisson. En effet, les végétaux se développent moins bien qu'ailleurs. Ce retard est peut-être dû à la réalisation du caisson : comme un important matériau de remblai a été utilisé pour remplir le caisson, il se peut qu'il affleure sur cette partie et qu'il réduise le développement des végétaux. Il est bien connu que la matière de fond doit être apte à permettre l'enracinement des végétaux ; s'il est trop caillouteux et dépourvu de matériaux

fins, les herbacées ne pourront s'implanter et seules les bryophytes parviendront à coloniser les cailloux (Dethioux, 1991).

Toutes les espèces qui ont été plantées ou semées ont été recensées, sauf quatre (*Lotus uliginosus*, *Phleum pratense*, *Poa trivialis*, *Festuca rubra*). On pourrait croire que ces espèces nous ont échappé lors de notre recensement. Mais si on compare cela aux autres sites (celui de Plombières et de Schönberg), on se rend compte qu'on ne les retrouve pas non plus. Comme nous n'avons observé que trois sites, des conclusions ne peuvent être tirées ; néanmoins la question se pose quant à la présence de ces espèces dans le mélange n°2 de Dethioux. Est-ce une coïncidence ou une inadaptation de ces espèces ?

On observe aussi l'apparition de 64 nouvelles espèces. Cette diversité est sans doute due à la situation de l'aménagement (plein sud), mais aussi à son environnement. Ce caisson a été construit près d'une forêt et il longe une prairie et un chemin de randonnée.

Parmi toute cette biodiversité où l'on devrait retrouver une grande variété de macroinvertébrés, on remarque quatre espèces rares, typiques des sols argileux à schisteux : *Achillea ptarmica*, *Barbarea intermedia*, *Impatiens parviflora* et *Geranium columbinum*.

La présence de *Valeriana repens*, espèce qui ne peut être semée, ajoute une certaine variété esthétique à l'ensemble.

Bien que cet aménagement soit une réussite, une alternative plus "naturelle" existait. En laissant faire, l'érosion se serait arrêtée quelques mètres plus loin, sur la roche. Cela condamnerait l'entrée de la prairie qu'on pouvait facilement déplacer en intervenant à l'aide de travaux de terrassement (cette solution était moins onéreuse).

6.1.3. Comparaison entre les deux sites

Les deux caissons, réalisés la même année, ont subi une progression tout à fait différente. Cette évolution est due à plusieurs paramètres. Malgré que le caisson de Petigny soit à priori désavantagé par rapport au caisson de Schönberg, puisqu'il est en grande partie constitué de matériaux de remblai, il est soumis à une meilleure évolution. Ceci est dû à une meilleure exposition, à un choix de végétaux et à un environnement (forêts, prairies, ...) propices à une colonisation du site par d'autres espèces végétales.

Les espèces végétales rencontrées sur les deux sites ne peuvent être comparées, car nous nous situons dans des régions avec des sols différents, avec des conditions climatiques différentes.

La présence de *Urtica dioica* pourrait laisser croire que l'Our est une rivière très polluée, mais elle est sans doute due à l'existence de prairies en bordure du site.

6.1.4. Comparaison avec les autres caissons non étudiés

Comme nous l'avions déjà énoncé dans la partie concernant le bilan, cinq autres caissons ont été réalisés en Wallonie : à Plombières sur la Gueule, à Stavelot sur l'Amblève, à Esneux sur le Ruisseau de Fond Martin, à Martelange sur la Sûre et à Furfooz sur la Lesse.

Le caisson de Plombières a été le premier caisson réalisé en Wallonie, il date de 1996. En ce qui concerne le repeuplement végétal de ce site, tout se passe pour le mieux, la végétation a tellement recouvert le site qu'il est même difficile de voir la structure du caisson. C'est pour cette raison que nous ne pouvons dire si la berge est verticale ou pas. Par contre, à Stavelot, la structure de l'aménagement est bien visible. Tout doucement la végétation recouvre le site comme pour Petigny. Ce caisson possède plusieurs niveaux superposés, ce qui rend la berge très verticale. Vu l'espace disponible à l'arrière de l'aménagement, il aurait mieux valu ne faire qu'un ou deux niveaux en ce qui concerne la superstructure du caisson, puis prolonger l'aménagement par une pente plus douce, recouverte de plantations et de semis de toutes sortes. Le caisson d'Esneux, comme ceux des sites ci-dessus, rend la berge verticale. Par contre, un caisson a été construit en escalier, il s'agit du caisson de Martelange. La faible pente de la berge est propice à une bonne implantation des végétaux et réduit les risques d'érosion. Il en est de même pour celui de Furfooz.

6.2. Les fascines

Les fascines sont des techniques plus douces et plus discrètes que les caissons. Elles permettent une protection solide dans les endroits où le pied de berge est sapé, tout en s'adaptant aux irrégularités de la berge. Avant même que les végétaux aient repris, elles constituent par leurs effets mécaniques, une protection stable. Elles ne sont pas à conseiller dans toutes les situations : sur des petits cours d'eau, le fort développement des saules aura tendance à limiter quelque peu le gabarit de la rivière, si aucun entretien n'est réalisé. Contrairement au caisson, leur construction n'est pas trop chère, elle avoisine les 1500 FB / m.

De même que pour les caissons, l'entretien consiste à s'occuper de la végétation. De plus, il est primordial de surveiller la fascine en elle-même, voir par exemple si elle ne s'est pas détériorée,...

6.2.1. Plombières

Sur ce méandre de la Gueule, nous sommes confrontés à deux types d'aménagements. D'une part, on observe des techniques traditionnelles représentées par des gabions. D'autre part, des techniques végétales représentées par des fascines.

D'un point de vue esthétique, notre préférence va directement vers les fascines, puisque, au premier abord, le site semble naturel, n'ayant subi aucun aménagement.

En ce qui concerne l'efficacité des deux techniques, on peut dire qu'elles se valent.

Ainsi, depuis la mise en place des fascines, aucune trace d'érosion, d'affouillement, de creusement et de déviation de courant n'a été remarquée.

D'un point de vue morphologie de berge, la pente de la berge de gauche (là où l'on a construit la fascine) a été retalutée en type 4/4. L'inclinaison douce de celle-ci favorise une bonne implantation de la végétation (surtout pour les arbres) et offre une grande surface de contact avec l'eau, ce qui limite l'érosion.

Si l'on s'attarde au couvert végétal, on remarque que le site a bien été recolonisé. En effet, même si l'on ne retrouve que la moitié des espèces du mélange Dethioux, d'autres espèces sont venues s'implanter naturellement.

Parmi les espèces manquantes, on recense, comme pour les deux caissons, *Lotus uliginosus*, *Phleum pratense*, *Poa trivialis* et *Festuca rubra*.

En contrepartie, on retrouve des espèces intéressantes comme *Filipendula ulmaria* qui est une espèce très utile pour la fixation des sols des berges, mais qu'on ne peut pas se procurer en graines, *Aegopodium podagraria* qui, grâce à ses nombreux rhizomes, fixe le sol des berges dont elle occupe les parties les moins humides et les plus riches en éléments nutritifs. D'autres espèces retrouvées sur place apprécient aussi les sols riches en éléments nutritifs, il s'agit d'*Urtica dioica* et *Galium aparine*.

Nous considérons que cet aménagement est une bonne réussite, la technique utilisée est simple mais efficace et tient compte merveilleusement de la morphologie de la rivière. Bien entendu, d'autres techniques auraient pu être mises en œuvre à la place. Par exemple, des protections indirectes comme les épis, ce type de protection est plus souple vis-à-vis de l'environnement et à terme plus maniable (on redirige la rivière). D'autres techniques, comme les fagots, auraient pu remplacer les fascines ; par contre, les techniques pures comme les plantations, les semis ou les boutures n'auraient pas été suffisamment solides pour s'opposer à la force érosive de la rivière.

6.2.2. Ouffet.

La fascine de Ouffet, comme celle de Plombières, se fond parfaitement dans le paysage. Elle possède un bon recouvrement végétal et empêche l'érosion latérale de la berge. Par contre nous avons remarqué un creusement dans le lit mineur de la rivière, juste au niveau de l'aménagement. Comme la morphologie de la rivière avant l'aménagement nous est inconnue, on peut supposer que cette dénivellation n'existait pas et que la structure de la fascine a freiné le courant et l'a dirigé en profondeur. Si cette hypothèse est correcte, l'érosion verticale risque de réduire la largeur de la rivière à cet endroit. Donc, cet aménagement risque de transformer le milieu et par la même occasion de modifier les populations végétales et animales présentes sur le site.

La richesse des berges environnantes influence positivement la recolonisation végétale de la berge aménagée. En effet, celle-ci n'ayant pas subi d'ensemencement, elle s'est repeuplée assez vite en présentant des espèces intéressantes. On retrouve des espèces rares telles que *Myosotis scorpioides*, *M. sylvatica*, *Cerastium brachypetalum*,... ; des

espèces plus fréquentes comme *Dactylis glomerata*, *Galium aparine*, *Scrophularia umbrosa*, *Solanum dulcamara* et *Urtica dioica*.

Plusieurs essais ont été effectués sur ce tronçon. Etant donné l'évolution de la fascine, on aurait plutôt tendance, si c'était à refaire, à choisir une technique indirecte. La technique choisie devrait avoir comme but de réduire la vitesse du courant qui est la cause de l'érosion de la berge. Pour ce faire, l'utilisation d'épis est peut-être intéressante, même si la rivière n'est pas très large (ils sont destinés à ralentir le courant). Cette technique a été utilisée un peu en aval de ce site ; malheureusement, nous ne l'avons pas étudiée et donc nous ne pouvons dire si notre proposition conviendrait.

6.2.3. Comparaison entre les deux sites.

Les deux sites sont comparables, puisque leur contexte est semblable. En effet, ils se situent tous les deux dans un méandre, sur une rivière très érosive, et avec une bonne exposition lumineuse. L'un a été aménagé complètement (plantations, semis, fascine), l'autre partiellement (plantations et fascine).

Les talus des berges des deux sites se sont parfaitement recolonisés, ils possèdent d'ailleurs des échantillons floristiques remarquables. En ce qui concerne la comparaison des espèces trouvées sur ces deux sites, elle est difficile à effectuer car la région, le sol et l'environnement des aménagements sont différents. Néanmoins on retrouve 19 espèces communes aux deux sites, comme *Angelica sylvestris*, *Heracleum sphondylium*, *Alliaria petiolata*, *Myosoton aquaticum*,...

Ne pouvant affirmer ouvertement que le "creusement" du cours d'eau à Ouffet est dû au caractère érosif de l'eau, il nous est difficile de certifier qu'on a fait un mauvais choix de la technique à cet endroit et qu'il en est résulté un mauvais fonctionnement.

D'autres fascines ont été réalisées en Wallonie, mais n'ayant que de maigres renseignements à ce sujet, une comparaison avec ces aménagements serait impossible.

6.3. Les épis et les peignes

6.3.1. Le peigne de Fumal

Comme pour l'épi, aucun autre site aménagé à l'aide de peigne n'a été étudié. Le peigne, utilisé comme technique, ne peut être une solution définitive. En effet, vu sa structure, cette technique est un véritable "ramasse tout" et il se fond rarement dans le paysage. Un peigne vivant se développera et sa végétation le cachera, tandis que le peigne mort ne sera pas camouflé. Pour éviter un tel type d'aménagement, une solution comme la mise en place d'épis ou de fascines serait intéressante.

Le peigne, situé à une dizaine de mètres de l'épi a connu la même évolution végétale. On retrouve les mêmes espèces que sur l'autre rive, à quelques-unes près. Dans les mêmes proportions, on retrouve la présence de *Galium aparine* et *Urtica dioica*.

En ce qui concerne la pente adoptée pour ce travail, elle est de type 4/4. Ce qui est très bien pour la stabilité de la berge.

Ce peigne, contrairement aux autres recensés en Wallonie, se fond particulièrement bien dans la nature : il ne ressemble pas à un dépotoir. Alors que les peignes de Lessive et Eprave sont constitués de têtes de conifères placés dans l'eau, le bois mort est recouvert d'objets en matière plastique et de déchets jetés dans la rivière. D'un point de vue esthétique, ce n'est pas très réussi.

Hormis ces quatre techniques, deux autres ont été recensées : il s'agit de la végétalisation de gabions et des techniques végétales pures.

La végétalisation de gabions se réalise sur des murs verticaux de gabions et elle a pour but de les camoufler. Ces gabions canalisent la rivière et, à cause de leur rigidité, peuvent faire l'objet d'affaissement (comme dans le cas de Schönberg).

Nous avons pu remarquer que les techniques végétales pures ont souvent été employées en temps qu'essais plutôt que pour la stabilisation des berges. En effet, on les a utilisées pour mettre au point le mélange Dethioux, pour choisir les espèces les plus propices à l'aménagement des berges, pour mettre au point les techniques, mais rarement comme solution efficace et définitive. Bien entendu, les autres techniques ont fait aussi l'objet d'essais mais moins souvent. Dans notre bilan, on fait état de dix aménagements en techniques végétales pures, il ne faut pas oublier que dans ces travaux, la plupart font partie de deux secteurs, celui de Furfooz et celui de Vierves/Viroin.

Cette technique naturelle n'est pas assez souvent utilisée, elle devrait être choisie dès que c'est possible et de temps en temps complétée à l'aide de matériaux inertes comme le bois.

6.3.2. L'épi de Fumal

La première remarque que l'on peut faire est que l'aménagement choisi pour remédier à l'érosion s'inscrit parfaitement dans la dynamique du cours d'eau. Un meilleur aménagement que celui-là serait de ne rien faire, voire de n'installer que des plantations, des boutures, des semis ou des tapis de saules. N'ayant analysé qu'un site aménagé à l'aide d'épis, nous ne pourrions faire des comparaisons, et donc seules des "remarques" concernant le site seront relatées ici.

L'épi situé en pied de berge a bien repris. En ce qui concerne le talus qui a été reprofilé en 4/4, il a été colonisé naturellement par quelques végétaux dont la richesse n'est pas frappante. La population de la berge est dominée par la présence de *Galium aparine*, qui ne contribue guère à fixer le sol des berges et étouffe les populations voisines, et par la présence abondante de *Urtica dioica*. Ces deux espèces apprécient les sols riches en éléments nutritifs, elles sont ainsi la preuve de la pollution de la Meuse. Ceci est confirmé par la présence de *Stellaria media* qui est une espèce poussant aussi bien dans les cultures que dans les décharges publiques, elle est très résistante.

En ce qui concerne la pente de la berge, (le recul permet de mieux l'apprécier, mais il aurait fallu exproprier de quelques mètres l'agriculteur), on aurait dû réaliser une pente 6/4. Celle-ci, plus douce, offre une grande surface de contact avec l'eau.

En ce qui concerne les autres techniques d'épis effectués en Wallonie (c'est-à-dire à Martelange, Ouffet, Lessive, Eprave,...), toutes ont été réalisés au pied d'une berge à pente douce. Dans tous les cas répertoriés, on observe une bonne efficacité de cette technique. Les épis ralentissent le courant et provoquent une sédimentation qui pourra être recolonisée par la végétation. Cette technique, autant utilisée que les caissons, devrait être privilégiée et plus souvent utilisée car elle respecte le caractère naturel du cours d'eau.

6.4. Remarques générales

Dans ce travail, seules des techniques végétales utilisant des matériaux inertes comme le bois ont été analysées. Aucune technique n'était purement végétale. Il est vrai que dans certaines situations, l'utilisation de bois est importante pour bien stabiliser la berge avant que les végétaux ne prennent le relais.

Qu'elles soient indirectes (comme les épis), positionnées en pied de berge (comme les fascines) ou imposantes (comme les caissons), toutes ces techniques sont très efficaces, elles stabilisent bien la berge et empêchent l'érosion de continuer. Certaines techniques (les fascines) s'adaptant mieux que d'autres (les caissons) à la morphologie de la berge doivent être prises en considération lors de l'aménagement. De plus, la pente de la berge doit être douce en vue de minimiser au maximum les possibilités d'érosion.

Tout au long de notre analyse, nous avons pu observer plusieurs méthodes en ce qui concerne le repeuplement végétal. Des techniques comme les caissons feront toujours l'objet de plantations et de semis, c'est la condition pour une végétalisation future de la berge ; par contre, des techniques comme les fascines ou les épis ne seront pas nécessairement complétées par une végétalisation. En comparant les sites qui ont été végétalisés dans un premier temps et ceux qui ont été livrés à eux-mêmes, on obtient des résultats différents.

C'est ainsi que l'on peut affirmer que le peuplement végétal dépend des espèces qui ont été plantées sur la berge, mais aussi de l'environnement dans lequel se trouve l'aménagement et des conditions naturelles de la région. Ainsi, si l'on est en présence d'une diversité végétale intéressante aux alentours, on la retrouvera sur le site aménagé ; par contre, si l'on se situe dans un milieu pollué, dont les conditions de vie sont exigeantes, la diversité retrouvée sur la berge ne sera pas intéressante. De plus, il existe des aménagements (comme à Schönberg) où les espèces plantées ne sont pas adaptées à la région, cette situation n'est pas propice à une bonne diversité végétale de la berge.

Nous avons pu remarquer qu'en général, les espèces semées représentent entre 10 et 20% des espèces totales situées sur la berge. Autrement dit, elles ne sont pas utiles pour la diversité de la berge, mais elle contribue dans un premier temps à la stabilisation de celle-ci.

Une remarque, qui a déjà été faite, concerne l'absence de quatre espèces végétales (*Lotus uliginosus*, *Phleum pratense*, *Poa trivialis*, *Festuca rubra*) théoriquement contenues dans

le mélange Dethioux. On peut se demander si ces espèces sont bien adaptées à la situation, si leur développement est retardé par la présence d'autres espèces (auquel cas il faudrait les enlever du mélange et les remplacer par d'autres) ou si elles étaient bien présentes dans la constitution du mélange Dethioux qui a été semé. Pour répondre à cette question, un simple essai d'ensemencement du mélange Dethioux nous indiquerait si ces espèces sont présentes ; si elles le sont, leur remplacement serait vivement conseillé.

Pour finir, lorsque l'on veut stabiliser une berge, plusieurs paramètres sont à prendre en considération pour bien choisir la technique : *connaître le milieu et la région* dans lesquels on se trouve afin de déterminer les espèces indigènes à planter ; *tenir compte de l'exposition* (au sud ou à l'ombre) de l'aménagement à réaliser ; *apprécier le pouvoir érosif de la rivière* ; *évaluer la place disponible* en fonction de la technique à mettre en œuvre (un caisson demande plus de place qu'une fascine ou un peigne) ; *peser le coût des travaux* selon l'intérêt à en retirer ; enfin *trouver l'entreprise* suffisamment compétente en la matière pour donner toutes les chances de réussite à l'aménagement.

7^{ème} partie :
Conclusion-Résumé-
Perspectives

7. *Conclusion - Résumé - Perspectives*

Les cours d'eau, selon leur dynamique propre, évoluent dans l'espace et dans le temps. Une érosion plus ou moins importante peut conduire à la détérioration complète de cette zone de transition qu'est la berge. La berge doit assurer une bonne transition entre le milieu aquatique et le milieu terrestre par le biais de sa zone littorale. La berge "idéale" du point de vue de l'écologie et du paysage est une berge diversifiée, à hauteur apparente faible, en pente douce, à substrat naturel ou à matériaux favorisant un recouvrement maximal par la végétation. Dans la mesure du possible, il faudrait garder les berges naturelles car leur hétérogénéité est très importante pour la biodiversité du milieu. Néanmoins, il est parfois nécessaire de les protéger par diverses techniques de stabilisation. Les techniques végétales, utilisant les enracinements pour stabiliser le sol, intègrent les facteurs écologiques et paysagers en plus d'assurer une stabilité dynamique de la berge. Elles permettent également de maintenir une diversité optimale de microhabitats ainsi qu'une biodiversité faunistique et floristique importante. Dans ce but, leur objectif principal est de reconstituer la berge la plus naturelle possible.

Quelle que soit la technique employée, l'aménagement d'une berge introduit une rigidification du profil transversal du cours d'eau, ce qui peut être préjudiciable.

Tout au long de ce travail, nous avons recensé et comparé les techniques végétales entre elles. Elles ont été analysées en fonction de la région dans laquelle elles sont mises en oeuvre, de la distance sur laquelle elles ont été testées, mais aussi de leur impact sur l'environnement et de leur efficacité.

Une première approche a été effectuée en répertoriant tous les aménagements entrepris en Wallonie. De cet inventaire, nous pouvons souligner l'utilisation de sept techniques différentes dont les plus répandues sont les caissons (14%) et les végétalisations de gabions (23%). Aucune répartition géographique n'a pu être mise en évidence. Par contre, la plupart des aménagements ont été effectués sur des distances courtes comprises entre 10 et 50 mètres (44%) ou sur des distances de plus de 100 mètres (42%).

Notre travail de recensement des techniques végétales repose parfois sur des données incomplètes car l'information relative à ce sujet n'est pas centralisée ni répertoriée au SCENN. C'est pourquoi les dates, les longueurs, ainsi que les plantations effectuées constituent des données parfois lacunaires, voire imprécises.

Ce manque d'information concernant les aménagements s'est aussi fait sentir lors de l'analyse plus poussée de certains sites. En effet, pour mieux comprendre les évolutions propres à chaque aménagement, pouvoir faire référence à des études réalisées avant et après les travaux, eut été intéressant.

Notre analyse plus poussée réalisée sur le terrain, a mis en évidence l'intervention de plusieurs paramètres dans l'optimisation des techniques végétales. Ainsi, les espèces végétales implantées sur le site déterminent fortement l'efficacité de la technique. Si les espèces sont mal choisies (ne faisant pas partie des espèces indigènes de la région, boutures trop grandes, ...) leur développement sera moindre et par la même occasion, la berge sera mal ou incomplètement stabilisée.

De même, la technique elle-même doit être adaptée à la situation. En effet, les techniques indirectes ne peuvent être placées sur des cours d'eau trop petits ; les caissons demandent une largeur de berge assez grande.

L'entreprise doit être qualifiée pour construire ce type d'aménagement. Pour remédier à cela, les travaux effectués sont surveillés par une micro-PME (Ecotec) spécialisée dans les travaux de techniques végétales

Enfin, l'environnement immédiat autour du site à aménager joue un rôle important dans la diversité mais aussi dans le développement des végétaux et par conséquent dans la stabilité de la berge.

Les techniques végétales ont pour objectif premier de restaurer les caractéristiques naturelles de la berge. Dans cette optique, il faut prendre en considération la pente de la berge et la gradation végétale que l'on retrouve sur celle-ci. Les végétaux doivent être adaptés au milieu et avoir un système racinaire suffisamment développé que pour stabiliser le terrain.

Avant tout aménagement, la berge érodée doit faire l'objet d'une évaluation afin de déterminer la nécessité des travaux, de mesurer les conséquences positives et négatives à tous les niveaux et de choisir la technique la moins dommageable pour l'environnement.

Mener à terme les travaux n'est qu'une étape. Commencent alors le suivi et l'entretien régulier de la berge stabilisée. L'approche écologique de ces aménagements est donc un travail de longue haleine nécessitant des analyses biologiques, physiques, géomorphologiques, socio-économiques et paysagères.

Dans le cas d'aménagements futurs, n'oublions pas que des suivis doivent être réalisés, entre autres, pour observer l'évolution de la berge du point de vue morphologique et du point de vue diversité faunistique ; ceci permettant de juger de l'utilité de travaux d'entretien. En effet, l'efficacité optimale des techniques végétales n'est atteinte qu'après quelques années de croissance des végétaux. La présence de rats musqués peut conduire à la destruction de la végétation et de la berge en raison des nombreux terriers creusés. De même le bétail, en piétinant le talus, retarde le développement de la végétation.

Les suivis qui ont été réalisés dans le cadre de ce mémoire regroupent des observations effectuées pendant quelques mois sur la totalité des sites. Ces observations nous ont permis de constater une recolonisation générale des berges. En effet, à Schönberg, la végétation semée représente 10% de la végétation totale ; de même ; à Petigny, elle correspond à 13% de la végétation totale ; à Plombières, elle correspond à 17% de la végétation totale.

Ces suivis devraient être, pour bien faire, répétés au cours de plusieurs années (à une fréquence d'une fois par mois ou tous les deux mois) et on devrait tenir compte de la zonation végétale de la berge.

En ce qui concerne le travail d'aménagement, il devrait être surveillé étroitement. Pour rendre l'aménagement efficace pendant plusieurs années, il faudrait le nettoyer, le recéper, replanter et restaurer le site. De plus, ces suivis permettraient d'adapter les aménagements futurs pour obtenir des résultats optimaux.

Afin de restaurer le côté naturel de la berge, il faut privilégier les techniques n'utilisant que du matériel végétal vivant. Par exemple, utiliser les techniques de bouturages, de plantations, d'ensemencements, mais aussi les matelas de branches,...

Si la seule utilisation des végétaux se révèle inefficace, alors la présence de matériaux plus robustes tels que des rondins ou des fagots, s'avère nécessaire. On en arrive alors à utiliser des techniques telles que les fascines, le tressage, les épis,...

Dans cette optique, les caissons n'ont que très peu leur place ; en effet, leur structure imposante ne répond pas à l'objectif premier des techniques végétales.

Cette réhabilitation de la berge ne doit pas nous faire tomber dans l'excès qui consiste à systématiser l'usage des techniques végétales partout, sous prétexte qu'elles recréent une berge plus ou moins naturelle. Pour garder une éco-diversité, les aménagements ne devraient être proposés que là où des zones d'habitats ou des voies de communications sont menacés.

8^{ème} partie :
Liste bibliographique

8. *LISTE BIBLIOGRAPHIQUE*

ACTIVITAE, 1995, Aménagement des berges du Sardon commune de S^t Bonnet-pres-Riom. Opération expérimentale de soutènement de berges par des techniques végétales, rapport d'étude, 20 pp.

AGENCE RHIN-MEUSE, 1997, Guide de restauration des rivières, éd. Agence de l'eau Rhin-Meuse, 62pp.

AICHELE D., 1975, Quelle est donc cette fleur?, éd. Fernand Nathan, 399pp.

AKROUT M., 1987, Guide technique de protection de berges, Agence de l'Eau Seine-Normandie délégation régionale Champagne-Ardenne, 59p.

ARGUS, les consultants en environnement inc., 1995, Perspectives eco-technologiques de restauration des rives de la réserve nationale de faune des îles de la paix, 43 pp + annexes.

ARGUS, les consultants en environnement inc., 1996, Restauration naturelle des rives du S^t Laurent entre Cornwalle et l'île d'Orléans, 130 pp.

BENQUET S., AUFORT JP., 1996, Etude préalable à la définition de travaux de stabilisation de berge, Maison nationale de l'eau et de la pêche, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 47 pp + annexes.

BLANC M., 1984, Stabilisation du lit et des berges en rivière : Protection des berges en enrochements, stage CEMAGREF Aix.

CONSERVATOIRE REGIONALE DES RIVES DE LA LOIRE ET DE SES AFFLUENTS, Des techniques végétales pour protéger les berges, préserver les paysages et l'intégrité de nos cours d'eau.

DETHIOUX M., 1981, Aménagement Biologique des cours d'eau répertoire des espèces ligneuses à préconiser, 59 pp.

DETHIOUX M., 1986, Aménagement écologique des cours d'eau. Espèces herbacées du bords des cours d'eau, 131pp.

DETHIOUX M., 1989, Espèces aquatiques des eaux courantes, éd. Ministère de la région wallonne et du Centre de Recherche et de Promotion forestières, Gembloux, 72pp.

DETHIOUX M., 1989, Espèces herbacées du bord des eaux, éd. Ministère de la région wallonne et du Centre de Recherche et de Promotion forestières, Gembloux, 143pp.

DETHIOUX M., 1989, Espèces ligneuses de la berge, éd. Ministère de la région wallonne et du Centre de Recherche et de Promotion forestières, Gembloux, 80pp.

DETHIOUX M., 1991, Les cours d'eau de Wallonie : caractère physique et floristiques, principes et techniques de verduration, IRSIA, 141pp.

DIRECTION DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT, 1994, Mise en œuvre de nouvelles technologies de contrôle d'érosion de berges en bordure du S^t Laurent, Programme de développement et de démonstration technologique, 10 pp + annexes.

ECOTEC, non daté, Les techniques pour rehabliler les cours d'eau, Paysages les carnets de l'environnement, 4pp.

F.R.C.N. Guidelines, NRA.

FROMENT A., VERNIERS G., TAFFEIN C. et MICHA J-C., 1982, L'aménagement écologique des cours d'eau (deuxième partie). Groupe d'Ecologie Appliquée, A.S.B.L., Louvain-la-Neuve, 54pp

GOETGHEBEUR P., 1998, La gestion intégrée des cours d'eau : apport des techniques végétales, colloque 19 et 20 mai à Liège

GRATTON L., 1989, Utilisation des plantes ligneuses dans la stabilisation des berges en milieu agricole, Ministère du loisir, de la chasse et de la pêche, 61 pp

GRATTON L., 1994, L'utilisation des végétaux ligneux dans la stabilisation des berges : un potentiel à développer, L'arbre en ville et à la campagne. Colloque sur les pratiques de végétalisation. 1994, éd. Camille Desmarais, 19-31 p.

GROUPE D'ECOLOGIE APPLIQUEE, 1982, L'aménagement écologique des cours d'eau 2^{ème} partie, 54pp

HEMPHILL R.W., BRAMLEY M.E., 1989, Natural bank protection, Protection of river and canal banks, 76-93 pp , Butterworths, London.

HOUBE B., 1994, Projets d'aménagement de rives au Québec, Arbre en Ville...243-250 p.

IVENS E.A.M., 1993, Penetration through geotextiles by shoots, roots and rhizomes of the common reed (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steudel) : a pilot study, 197-204 pp.

IVENS E.A.M., Penetration through geotextiles by riparian plants, 8pp.

JAEGGI M.N.R., 1989, Channel engineering and erosion control, Alternatives in regulated river management, éd. Gore J.A., Petts G.E., 163-183 p.

LACHAT B., 1994, Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales, Ministère de l'environnement, 143 pp.

LACHAT B., non daté, Conserver, aménager, revitaliser les cours d'eau avec une logique naturelle, 30 pp.

LAMBINON A., 1998, Les techniques végétales relatives à l'aménagement et à la structure des berges des cours d'eau de première catégorie, travail de fin d'étude de graduat en horticulture (Gembloux), 100pp.

LAMBINON J., DE LANGHE J-E., DELVOSALLE L., DUVIGNEAUD J., 1972, Nouvelle Flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des régions voisines. deuxième édition, Patrim.Jardin bot.nat., Meise, CXIX + 1092pp

LAMBINON J., DE LANGHE J-E., DELVOSALLE L., DUVIGNEAUD J., 1992, Nouvelle Flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des régions voisines. quatrième édition, Patrim.Jardin bot.nat., Meise, CXIX + 1092pp

LAMBOT F., 1998, Les techniques de génie végétal dans les cours d'eau, dialogue n°36, 16-18pp.

LANCIAULT T., 1994, Le choix des végétaux et leur arrangement dans les pratiques de végétalisation, L'arbre en ville et à la campagne. Colloque sur les pratiques de végétalisation., éd. Camille Desmarais, 67-94p

LARSEN P., Restoration of river corridors : german experiences, The rivers handbook vol.2, éd. By Calow P. and Petts G.E., 419-438p.

LAURENT J-M., 1998, sans titre, 2pp, colloque du 19 et 20 mai 1998 à Liège

LEGRAND M.A., 1997, Suivis et propositions d'expérimentations de techniques douces d'aménagement des berges sur la Lesse, mémoire de licence en sciences zoologiques FUNDP, 86pp + annexes.

LOPEZ F., Correction des torrents et stabilisation des lits, Cadenas de Llano, FAO, 106-149p.

MARIDET L., 1994, La végétation aux abords des rivières : source de vie et d'équilibre, Ministère de l'environnement, convention n°1/94, 14 pp.

OFFICE DES PONTS ET CHAUSSEES DU CANTON DE BERNE, 1990, Mesures de génie biologique dans l'aménagement des rives : méthodes et exemples dans le Canton de Berne, éd. Direction des travaux publics du Canton de Berne, 44 pp.

PERARD C., 1995, Protection des berges par enherbement, agence de l'eau seine-normandie, 48 pp + annexes.

RIVIERE ENVIRONNEMENT S.A.R.L., 1988, Gestion des bordures des cours d'eau. Evolutions, fonctions intérêts des ripisylves, Secrétariat d'état chargé de l'environnement, 89pp.

SYMOENS J.J., 1957, Les eaux douces de l'Ardenne et des régions voisines, Bull. Soc. Roy. Bot. de Belg. T 89.

VERNIERS G., 1985, Rives et rivières : des milieux fragiles à protéger, Fondation Roi Baudouin, région wallonne.

VERNIERS G., 1995, Aménagement écologique des berges de cours d'eau : techniques de stabilisations, presse universitaire Namur.

VERNIERS G., 1998, Spécificité des cours d'eau Wallons et problématique de leur gestion, 9pp + annexes.

VIEBAN S., 1986, Aménagement des cours d'eau : gestion et protection des berges, mémoire: école nationale des ingénieurs des travaux des eaux et forêts, 194 pp.

WADE P.M., 1992-94, Management of macrophytic vegetation, The rivers handbook vol.2, éd. By Calow P. and Petts G.E., 363-385 p.

WARD D., HOLMES N., JOSE P., 1994, Bank vegetation control, Establishment and management, 253-265 pp, The new rivers and wildlife handbook RSPB.

WATELET J-L, 1993-94, Modélisation de berges stabilisées par des méthodes douces.

WOLFF J-C., 1991, Techniques de stabilisation des rivières et de leurs berges, tiré à part pour la "classe d'eau élu", 15 pp.

Annexe 1

Bilan de l'utilisation des techniques végétales en Wallonie depuis 1982.

Étude réalisée par C. Lenoir dans le cadre d'un mémoire de licence en biologie aux Facultés Universitaires de Namur

A Renseignements généraux :

Pour chaque site où des travaux d'aménagement ont été réalisés, indiquez :

1. Localisation :

Sur quel cours d'eau ont-ils été réalisés ?

.....

Dans quelle localité cela s'est-il passé ?

.....

Quels sont les coordonnées Lambert, et les références de la carte IGN du site ?

.....

Sur quelle berge ont-ils été exécutés ?

gauche droite

Quelle est la largeur du cours d'eau à cet endroit ?m

Quelle est la profondeur moyenne du cours d'eau ?m

Quelle est la vitesse du courant à cet endroit ?

.....

Sur quelle longueur de berge les travaux ont-ils été effectués ?

.....

A quelles dates les travaux ont-ils été exécutés ?

.....

2. Responsables :

De quel district et de quel centre l'aménagement dépend-il ?

Centre de

dans le district de

Quelle(s) sont les personnes à contacter ?

NOM :

Téléphone :

B Etat initial de la berge :

Quelle était : -la hauteur de la berge : m
-la hauteur apparente : m (au dessus du plan d'eau)
-la pente : m
-la largeur : m

Quel est le type de sol ?

- limoneux
- argileux
- limono-argileux
- sablo-limoneux
- autres :

Quels étaient les matériaux constitutifs (substrat) ?

- roche en place
- caillouteux
- sableux
- vaseux
- alluvions fines
- autres :

Quel était le recouvrement par la végétation ?

- % d'arbres
- % d'arbustes
- % d'herbacées

Quel était l'état de la berge ?

- peu dégradé
 - moyennement dégradé
 - très dégradé
 - berge sapée
 - autres :
- commentaires :

Quelle était la stabilité de la berge ?

- stable
 - instable
 - autres :
- commentaires :

Quelles étaient les origines des problèmes ?

- agricoles
- humaines
- animales : piétinement
- galerie
- eau : érosion
- ravinement

- affouillement
- glissement
- batillage
- gel
- autres :
- commentaires :

Quelle était l'occupation de la rive ?

- champs - cultures
- pâtures
- route
- habitation
- prairies
- autres :
- commentaires :

Ce tronçon de cours d'eau a-t-il déjà fait l'objet d'aménagement ?

- curage
- reprofilage
- rectification
- stabilisation de la berge
- autres :
- commentaires :

C. Aménagement

Quelles sont les raisons de l'aménagement ?

- perte de terrain
- menaces de déstabilisation (route, habitat,...)
- autres :
- commentaires :

Quels sont les objectifs de l'aménagement ?

- stabilité
- paysagé
- restauration de l'habitat de certaines espèces animales
- autres :
- commentaires :

Quel est le type de protection :

- végétale pure
- combinée (végétaux + autres matériaux)
- protection indirecte : épis
- autres :

Quels sont les matériaux utilisés ?

plantations

- arbres
- arbustes
- boutures
- semis
- tapis ou rouleaux de gazon
- autres :

compléments

- géotextile
- gabions
- enrochements
- fascinage -tressage
- tunage
- autres :

commentaires :

Faites une description succincte des travaux (schéma à joindre en annexe)

.....
.....
.....
.....

D. Evolution du site

Y a-t-il eu des études ou des suivis éventuels (avant et/ou après les travaux) ?

.....
.....
.....
.....

Comment s'est développée la végétation ?

.....
.....
.....

Actuellement, quelle est la stabilité de la berge ?

.....
.....

.....
.....
Quel est l'impact sur le paysage ?

.....
.....
.....
.....
Y a-t-il eu un entretien de la végétation depuis les travaux ?

.....
.....
.....
.....
Remarques :

Nous vous remercions de votre collaboration à cette étude et nous ne manquerons pas de vous tenir informé de ses résultats.

Pour toute information complémentaire, vous pouvez contacter G. Verniers au 081 / 72.43.65

Figure A1 : Questionnaire soumis au SCENN, reprenant les caractéristiques essentielles des aménagements

Annexe 2



Photo A1 : Erosion régressive à Villers sur Lesse, sur la Lesse



Photo A2 : Epis réalisé à Ouffet, sur le Néblon



Photo A3 : Un des épis réalisé à Ouffet, sur le Néblon



Photo A4 : Tapis de branches de saules réalisé à Ouffet, sur le Néblon



Photo A5 : Peigne réalisé à Moxhe, sur la Mehaigne



Photo A6 : Fascine réalisée à Plombières, sur la Gueule



Photo A7 : Caisson réalisé à Plombières, sur la Gueule



Photo A8 : Caisson réalisé à Stavelot, sur l'Amblève



Photo A9 : Caisson réalisé à Esneux, sur le Ruisseau de Fond Martin



Photo A10 : Fascine réalisée à Boirs, sur le Geer



Photo A11 : Végétalisation d'un atterrissement à Dolhain, sur la Vesdre



Photo A12 : Caisson réalisé à Furfooz, sur la Lesse



Photo A14 : Peigne réalisé à Eprave, sur la Lesse



Photo A15 : Plantations réalisées à Vierves sur Viroin, sur le Viroin



Photo A13 : Peigne réalisé à Eprave, sur la Lesse

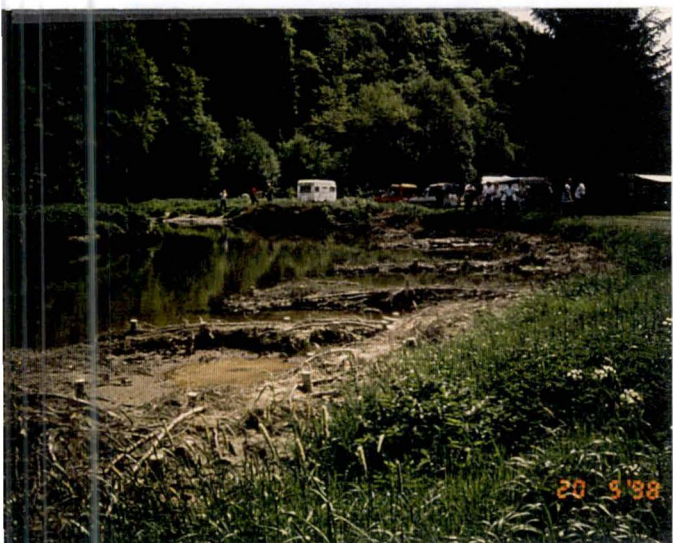
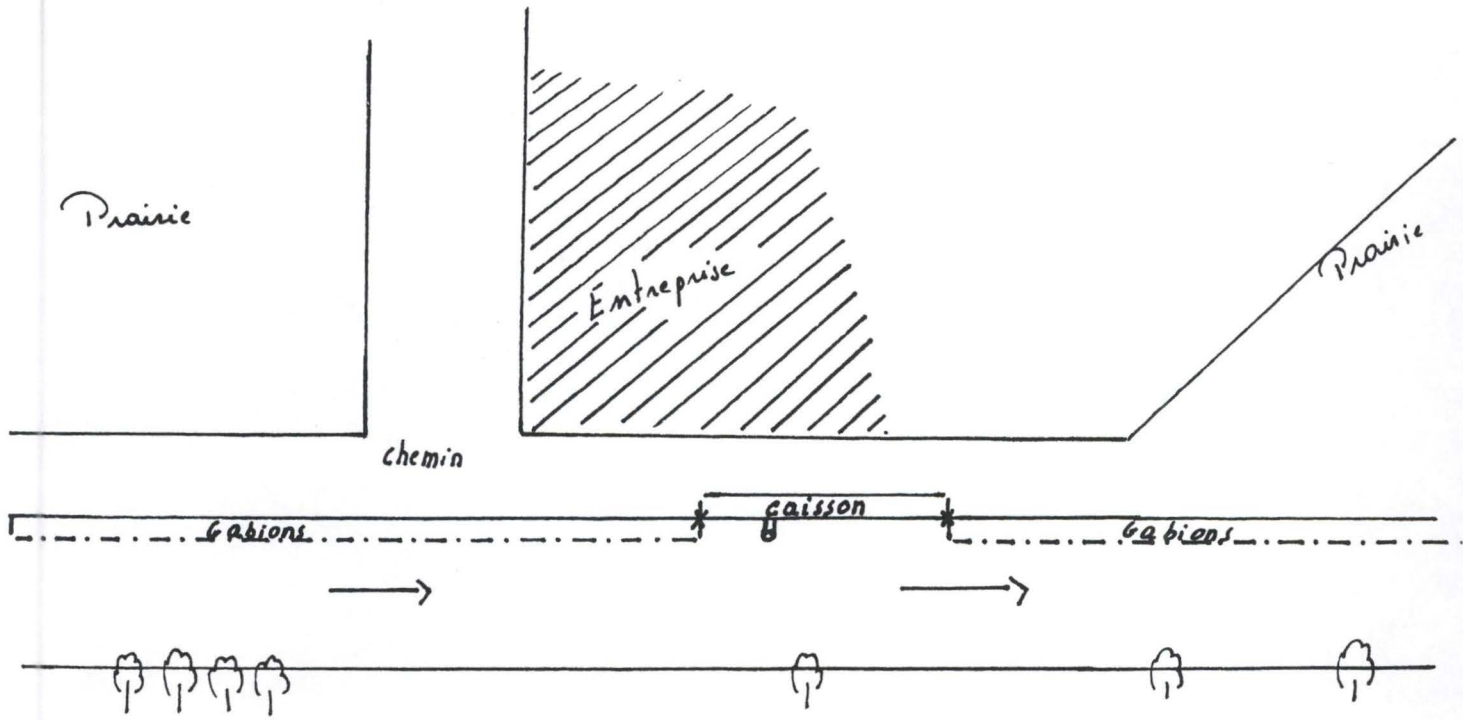


Photo A16 : Epis réalisé à Martelange sur la Sûre



Photo A17 : Caisson réalisé à Martelange, sur la Sûre

Annexe 3



Prairie.

Figure A2 : Schéma du site de Schönberg (sur l'Our)

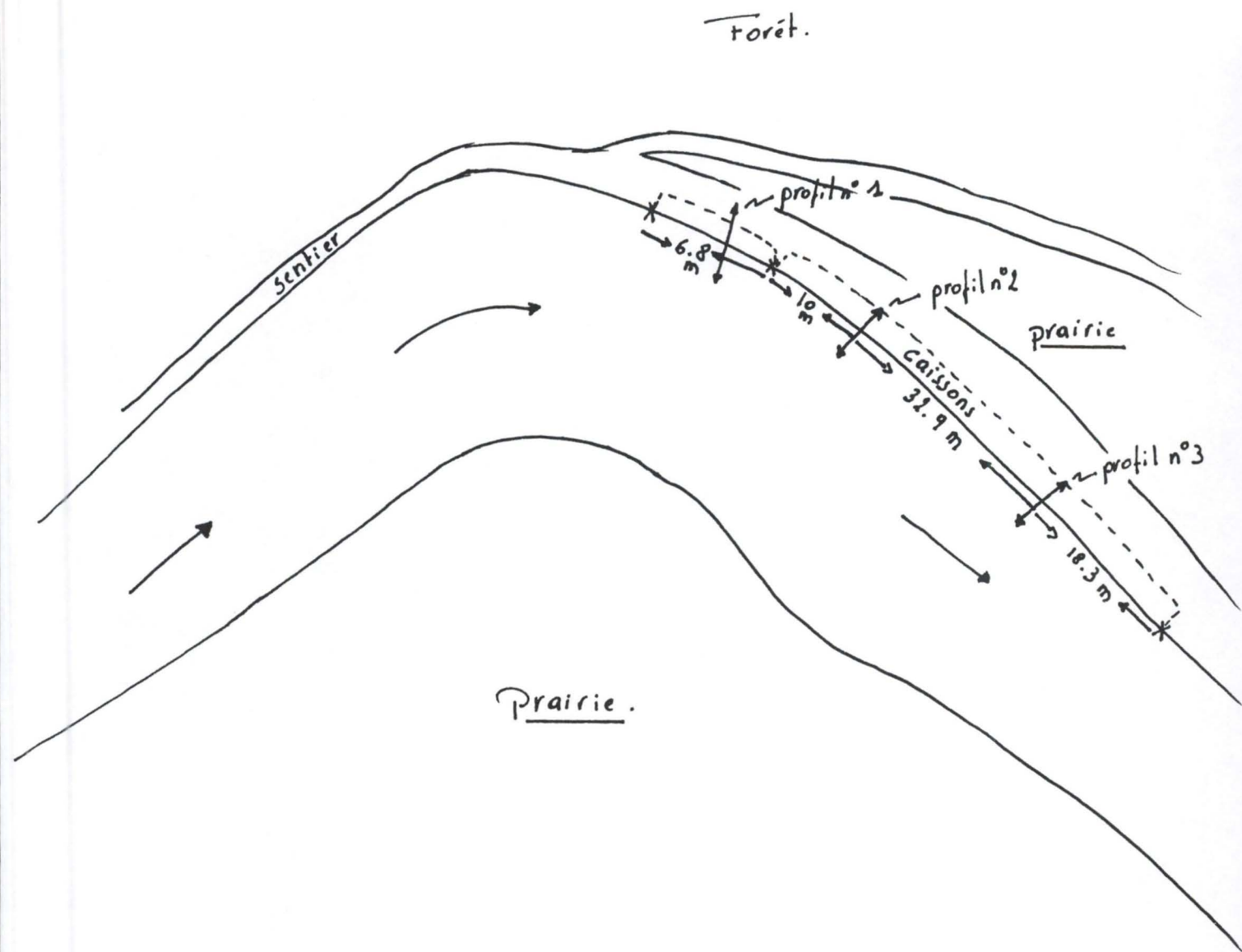


Figure A3 : Schéma du site de Petigny avec localisation précise des berges dont le profil a été dressé (sur l'Eau Noire)

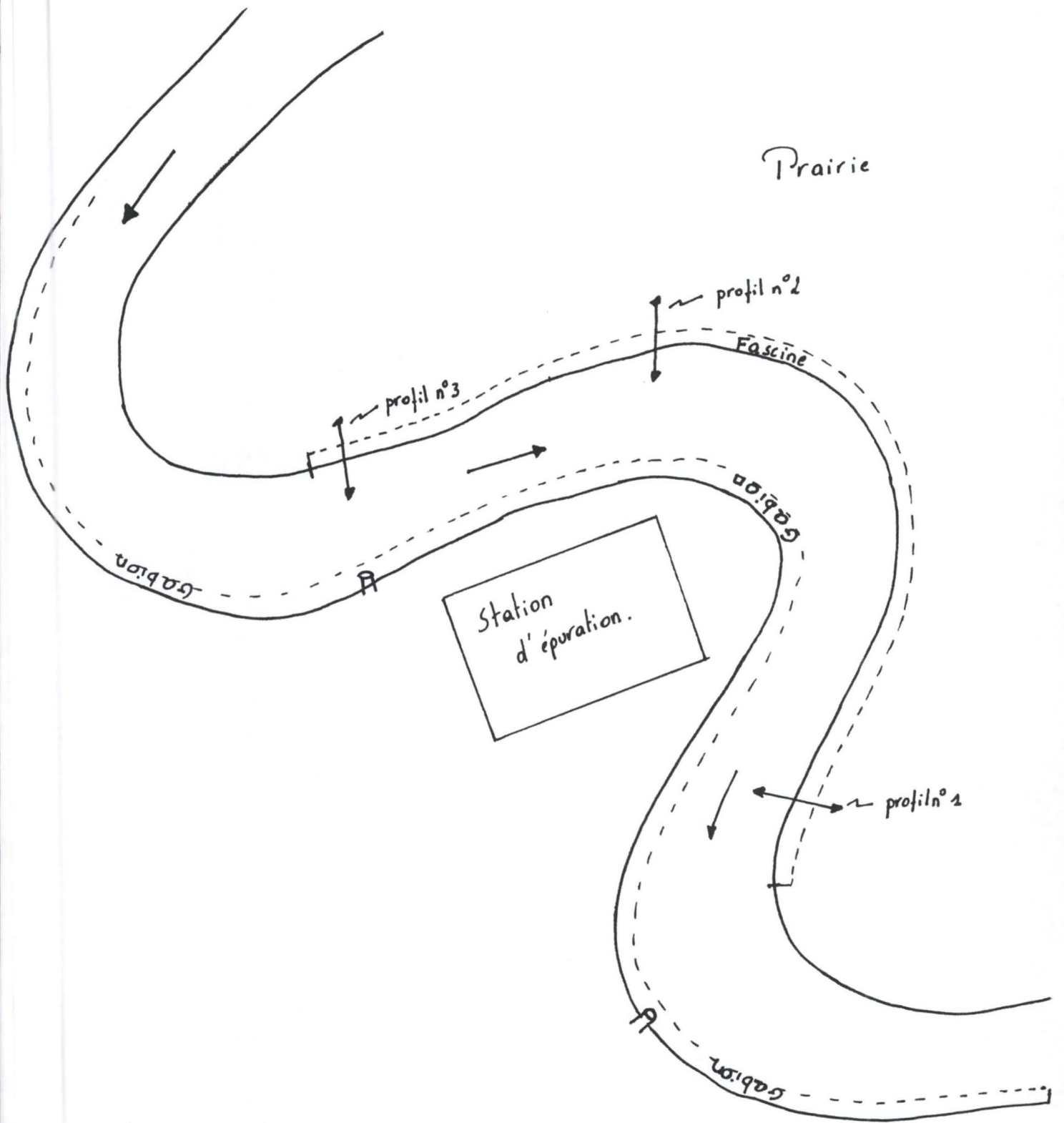


Figure A4 : Schéma du site de Plombières avec localisation précise des berges dont le profil a été dressé (sur la Gueule)

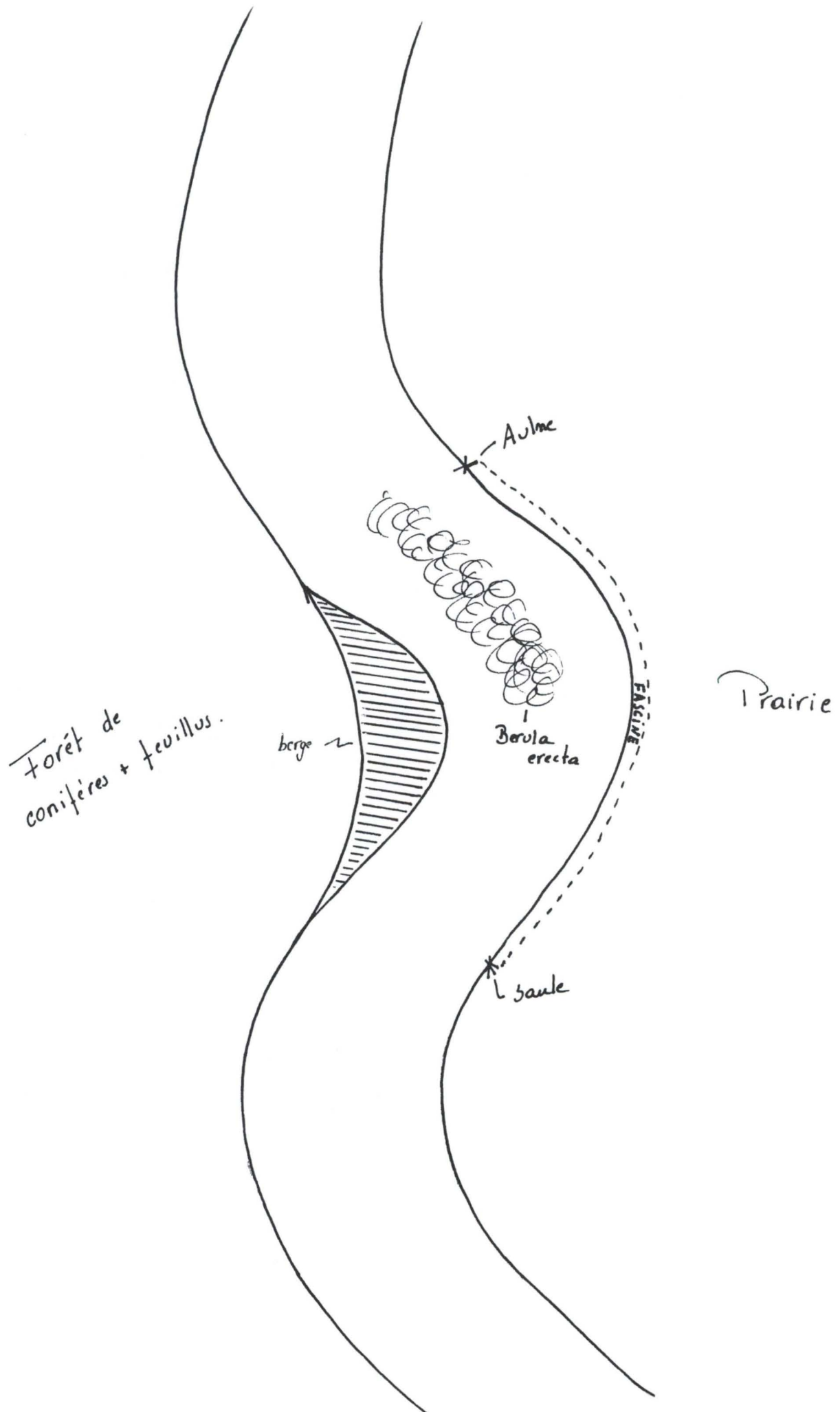


Figure A5 : Schéma du site de Ouffet avec localisation précise des berges dont le profil a été dressé (sur le Néblon)

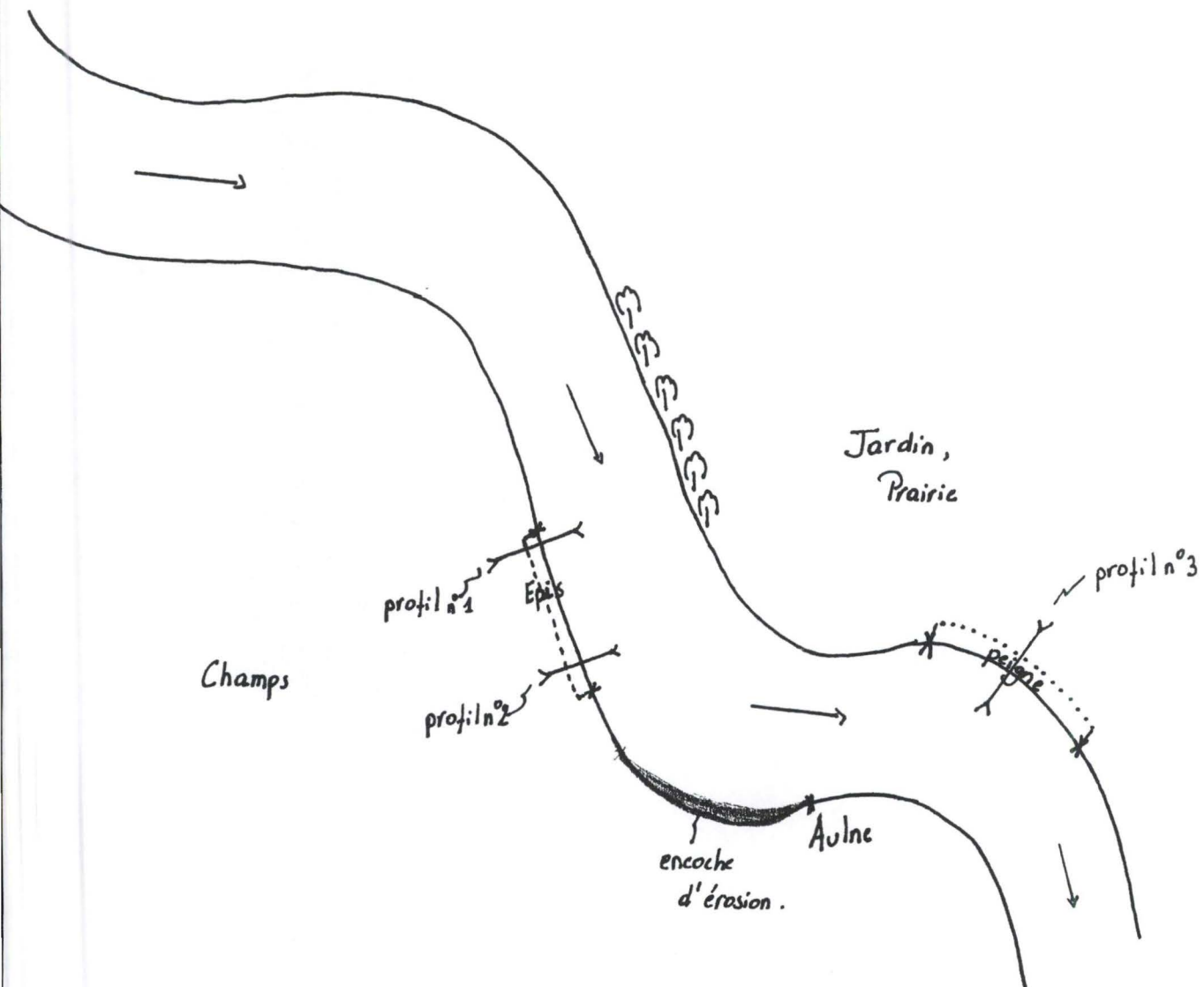


Figure A6 : Schéma du site de Fumal avec localisation précise des berges dont le profil a été dressé (sur la Mehaigne)

Annexe 4

Annexe 4 : Localisation générale de toutes les espèces rencontrées lors de nos relevés.

Aceraceae	<i>Acer platanoides</i> L.	forêts, ravins
	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	forêts, talus
Alliaceae	<i>Allium ursinum</i> L.	forêts
Amygdalaceae	<i>Prunus padus</i> L.	forêts alluviales
	<i>Prunus spinosa</i> L.	lisières forestières
Apiaceae	<i>Aegopodium podagraria</i> L.	bords des chemins
	<i>Angelica sylvestris</i> L.	forêts, prairies
	<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.	forêts, bord des chemins
	<i>Berula erecta</i> (Huds.) Coville	eaux courantes
	<i>Chaerophyllum temulum</i> L.	bord des chemins
	<i>Daucus carota</i> L.	prairies
	<i>Heracleum sphondylium</i> L.	bord des chemins
	<i>Pimpinella saxifraga</i> L.	prairies
Araliaceae	<i>Hedera helix</i> L.	forêts
Asteraceae	<i>Achillea millefolium</i> L.	bord des chemins
	<i>Achillea ptarmica</i> L.	prairies
	<i>Arctium</i> sp.	
	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	bord des chemins
	<i>Carduus crispus</i> subsp. <i>Crisp.</i>	berges
	<i>Cirsium</i> sp.	
	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.	bords des chemins
	<i>Crepis biennis</i> L.	prairies
	<i>Crepis capillaris</i> (L.) Wallr.	prairies
	<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	berges
	<i>Lapsana communis</i> L.	bord des chemins
	<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	bord des chemins
	<i>Matricaria recutita</i> L.	terrains vagues
	<i>Petasites hybridus</i> (L.) Gaertn.	berges
	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	cultures
<i>Taraxacum</i> sp.		
Betulaceae	<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	berges
	<i>Carpinus betulus</i> L.	forêts
Boraginaceae	<i>Echium vulgare</i> L.	rocaille
	<i>Myosotis scorpioides</i> L.	bord des eaux
	<i>Myosotis sylvatica</i> Ehrh. Ex Hoffman	forêts
	<i>Symphythum officinale</i> L.	bord des eaux
Brassicaceae	<i>Alliaria petiolata</i> (Bieb.) Cavara et Grande	lisières forestières
	<i>Barbarea intermedia</i> Boreau	berges
	<i>Brassica napus</i> subsp. <i>napus</i>	bords des chemins
	<i>Brassica oleracea</i> L.	
	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Med.	bords des chemins
	<i>Cardamine amara</i> L.	prairies
	<i>Cardamine flexuosa</i> With.	forêts
	<i>Cardamine pratensis</i> L.	
	<i>Sisymbrium officinale</i> (L.) Scop.	forêts
Caprifoliaceae	<i>Sambucus nigra</i> L.	forêts
	<i>Sambucus nigra</i> var. <i>laciniata</i> L.	forêts
	<i>Viburnum opulus</i> L.	aulnaie, frênaie
Caryophyllaceae	<i>Cerastium brachypetalum</i> Pers.	bords des chemins
	<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.	cultures

	<i>Lychnis flos-cuculi</i> L.	prairies
	<i>Myosoton aquaticum</i> (L.) Moench	bord des eaux
	<i>Silene dioica</i> (L.) Clairv.	forêts
	<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke subsp. <i>Vulgaris</i>	bords des chemins
	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	bord des chemins
	<i>Stellaria nemorum</i> (L.)	berges
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium album</i> L.	bords des chemins
Convolvulaceae	<i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Brown	bord des eaux
	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	bord des chemins, prairies
Corylaceae	<i>Corylus avellana</i> L.	forêts
Cyperaceae	<i>Scirpus sylvaticus</i> L.	prairies
Dipsacaceae	<i>Dipsacus fullonum</i> L.	forêts
Elatinaceae	<i>Hypericum hirsutum</i> L.	forêts
Equisetaceae	<i>Equisetum ramosissimum</i> Desf.	
Euphorbiaceae	<i>Mercurialis perennis</i> L.	forêts
Fabaceae	<i>Lathyrus pratensis</i> L.	bord des chemins
	<i>Medicago lupulina</i> L.	prairies
	<i>Medicago sativa</i> L.	bords des chemins
	<i>Trifolium repens</i> L.	bords des chemins
	<i>Vicia cracca</i> L.	bord des eaux
	<i>Vicia hirsuta</i> (L.) S.F. Gray	bords des chemins
Fagaceae	<i>Quercus robur</i> L.	forêts
Geraniaceae	<i>Geranium columbinum</i> L.	bords des chemins
	<i>Geranium robertianum</i> L.	bord des chemins, forêts
Juncaceae	<i>Juncus effusus</i> L.	bord des chemins
Lamiaceae	<i>Galeopsis tetrahit</i> L.	bord des chemins
	<i>Glechoma hederacea</i> L.	bord des chemins
	<i>Lamium album</i> L.	bord des chemins
	<i>Lamium galeobdolon</i> (L.) L.	prairies
	<i>Lamium maculatum</i> L.	berges
	<i>Lycopus europaeus</i> L.	bord des eaux
	<i>Mentha x verticillata</i> L.	
	<i>Prunella vulgaris</i> L.	bord des eaux
	<i>Stachys sylvatica</i> L.	forêts
Linaceae	<i>Impatiens parviflora</i> DC.	terrain vague
	<i>Impatiens glandulifera</i> Royle	bord des eaux
	<i>Impatiens noli-tangere</i> L.	bord des eaux
Malaceae	<i>Crataegus Monogyna</i> Jacq.	forêts
	<i>Pyrus communis</i> L.	
	<i>Sorbus aucuparia</i> L.	forêts
Oleaceae	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	berges
Onagraceae	<i>Epilobium angustifolium</i> L.	lisière
	<i>Epilobium ciliatum</i> Rafin.	berges
	<i>Epilobium hirsutum</i> L.	bord des eaux
	<i>Epilobium roseum</i> Schreb.	berges
Papaveraceae	<i>Chelidonium majus</i> L.	bosquet
	<i>Papaver rhoeas</i> L.	bord des chemins
Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i> L.	bord des chemins, prairies
	<i>Plantago major</i> L.	bord des chemins
Poaceae	<i>Agrostis capillaris</i> L.	bord des chemins
	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	bord des chemins
	<i>Alopecurus pratensis</i> L.	berges
	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	prairies
	<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) Beauv.	bord des chemins
	<i>Bromus hordeaceus</i> L.	bords des chemins

	<i>Bromus sterilis</i> L.	bord des chemins
	<i>Dactylis glomerata</i> L.	bord des chemins
	<i>Elymus repens</i> (L.) Gould	bord des chemins
	<i>Glyceria declinata</i> Bréb.	berge boueuse
	<i>Glyceria</i> sp.	
	<i>Holcus lanatus</i> L.	bord des chemins
	<i>Lolium perenne</i> L.	bord des chemins
	<i>Phalaris arundinacea</i> L.	bord des eaux
	<i>Phleum pratense</i> L.	bord des chemins
	<i>Poa</i>	
	<i>Poa nemoralis</i> L.	forêts
	<i>Poa pratensis</i> L.	
Polygonaceae	<i>Polygonum hydropiper</i> L.	berges
	<i>Rumex acetosa</i> L.	prairies
	<i>Rumex crispus</i> L.	bords des chemins
	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	bord des chemins, prairies
Primulaceae	<i>Lysimachia nummularia</i> L.	bord des chemins
Ranunculaceae	<i>Ranunculus acris</i> L.	bord des chemins
	<i>Ranunculus ficaria</i> L.	prairies
	<i>Ranunculus repens</i> L.	prairies
	<i>Ranunculus sceleratus</i> L.	bord des étangs
Rosaceae	<i>Alchemilla xanthochlora</i> Rothm.	bord des chemins
	<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	berges
	<i>Geum urbanum</i> L.	forêts
	<i>Potentilla reptans</i> L.	bord des chemins
	<i>Rubus caesius</i> L.	berges
	<i>Rubus</i> L.	
	<i>Geum urbanum</i> L.	forêts
Rubiaceae	<i>Galium aparine</i> L.	cultures
	<i>Galium mollugo</i> L.	prairies
Salicaceae	<i>Populus alba</i> L.	
	<i>Salix</i>	bord des eaux
	<i>Salix caprea</i> L.	lisière du bois
	<i>Salix viminalis</i> L.	bord des eaux
Saxifragaceae	<i>Chrysosplenium oppositifolium</i> L.	champs
Scrophularia	<i>Linaria vulgaris</i> Mill.	bords des chemins
Scrophularia	<i>Verbascum lychnitis</i> L.	friches
Scrophulariaceae	<i>Scrophularia nodosa</i> L.	bord des eaux
	<i>Scrophularia umbrosa</i> subsp. <i>neesii</i> (Wirtg.) E. Mayer	bord des eaux
	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	bord des eaux
	<i>Veronica chamaedrys</i> L.	prairies
	<i>Veronica hederifolia</i> L.	cultures
	<i>Veronica persica</i> Poir.	cultures
Solanaceae	<i>Solanum dulcamara</i> L.	forêts alluviales
Tiliaceae	<i>Tilia</i> L.	
Trapaceae	<i>Lythrum salicaria</i> L.	bord des eaux
Urticaceae	<i>Urtica dioica</i> L.	prairies
Valerianaceae	<i>Valeriana repens</i> Host	berges