

# BILAN DE DIX ANNEES DE PROTECTIONS DES BERGES EN GÉNIE VÉGÉTAL

*BASSIN DE LA TOUQUES 1994-2004*



*Août 2004*

*Chargé d'étude : Patrick BATIER*

Cellule d'Assistance Technique à l'Entretien des Rivières

*Le Moulin de Ségrie 61100 SEGRIE FONTAINE  
T 02 33 62 25 10 F 02 33 66 01 07 cater.bn@wanadoo.fr*



## SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>2</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>4</b>
<b>PARTIE I : ORIGINE DU PROJET</b> .....	<b>5</b>
<b>PARTIE II : OBJECTIF DE L'ETUDE</b> .....	<b>6</b>
<b>PARTIE III : ETAT DES LIEUX</b> .....	<b>6</b>
A. ELABORATION DU PROTOCOLE .....	6
1. <i>Recueil de données préliminaires à l'étude</i> .....	6
2. <i>Etablissement des fiches de relevés de terrain</i> .....	7
3. <i>Données recueillies ultérieurement pour affiner l'analyse</i> .....	10
B. PRESENTATION DU PROGRAMME D'INTERVENTIONS REALISE.....	10
1. <i>Généralités</i> .....	10
2. <i>Chronologie des interventions</i> .....	10
3. <i>Budget</i> .....	11
C. CARACTERISTIQUES SOMMAIRES DES SECTEURS DIAGNOSTIQUES .....	12
1. <i>Paramètres du lit mineur</i> .....	12
2. <i>Nature des érosions constatées</i> .....	13
D. TECHNIQUES DE GENIE VEGETAL MISES EN OEUVRE .....	13
E. DESCRIPTIFS QUALITATIFS DES PROTECTIONS .....	14
1. <i>Constitution de la végétation sur l'ouvrage</i> .....	14
2. <i>Position des ouvrages le long du cours d'eau</i> .....	17
3. <i>Etat des protections et stabilité des berges</i> .....	18
F. FACTEURS DE PERENNITE DES PROTECTIONS ET DE STABILITE DE LA BERGE. ....	20
1. <i>Ancienneté des ouvrages</i> .....	20
2. <i>Position de l'ouvrage dans le méandre</i> .....	21
3. <i>Nature des écoulements en amont</i> " .....	22
4. <i>Fraction du linéaire de la protection sous influence de faciès rapides</i> .....	22
5. <i>Taux de couverture végétale</i> .....	23
6. <i>Période de réalisation des ouvrages</i> .....	25
7. <i>Autres paramètres étudiés</i> .....	26
<b>SYNTHESE / PROPOSITIONS</b> .....	<b>27</b>
<b>ANNEXE 1 : PROGRAMME GLOBAL DE LA TOUQUES</b> .....	<b>29</b>
<b>ANNEXE 2 : TYPOLOGIE DES EROSIONS DE BERGE</b> .....	<b>30</b>
1. <i>Erosion par affouillement ou sapement</i> .....	30
2. <i>Erosion tangentielle</i> .....	30
3. <i>Erosion par glissement</i> .....	30
<b>ANNEXE 3 : CARTES DE SITUATION</b> .....	<b>31</b>



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Critères visuels d'évaluation des faciès d'écoulement.....	7
Tableau 2 : coût des protections.....	11
Tableau 3 : caractéristiques du lit mineur.....	12
Tableau 5 taux de recouvrement des différentes strates.....	14
Tableau 6 Récapitulatif des différents facteurs de pérennité des protections de berge en génie végétal.....	27
Tableau 7 Planning des interventions sur le bassin de la TOUQUES de 1979 à 2004.....	29

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Evolution chronologique des linéaires aménagés.....	10
Figure 2 : Evolution chronologique par secteur.....	11
Figure 3 : Typologie des érosions sur les ouvrages diagnostiquées.....	13
Figure 4 : Techniques mises en oeuvre.....	13
Figure 5 : Répartition du nombre d'ouvrages en fonction du % de recouvrement des différentes strates.....	14
Figure 6 : Répartition des essences répertoriées sur les protections.....	15
Figure 7 : Bouture dégradée par les rongeurs.....	16
Figure 8 : Etat des protections en fonction de la présence de rongeurs.....	16
Figure 9 : Position des protections sur le cours d'eau.....	17
Figure 10 : Protocole d'état des lieux de l'état des protections.....	18
Figure 11 : Etat des protections en fonction des techniques mises en oeuvre.....	19
Figure 12 : Vue d'ensemble de la stabilité des berges.....	19
Figure 13 : Analyse de la stabilité de la berge en fonction du type de protection.....	19
Figure 14 : Etat des protections et stabilité de la berge en fonction de leur ancienneté.....	20
Figure 15 : Impact de la position des ouvrages le long du cours d'eau.....	21
Figure 16 : Analyse du facteur "écoulement en amont de la protection".....	22
Figure 17 : Etat des protections en fonction des sollicitations des écoulements.....	22
Figure 18 : Etat des protections en fonction du recouvrement par les différentes strates.....	23
Figure 19 : Stabilité de la berge en fonction du recouvrement des différentes strates.....	24
Figure 20 : Rôle des clôtures.....	25
Figure 21 : Etat des protections en fonction de la période réalisation.....	25
Figure 22 : Ripisylve reconstituée en rive droite de la Touques (t+5 ans).....	27
Figure 23 : Schéma de principe de l'affouillement.....	30
Figure 24 : Vue de dessus d'un méandre.....	30
Figure 25 : Schéma de principe du glissement de berge.....	30

## REMERCIEMENTS

Je remercie tout particulièrement mon maître de stage, **Jean-Frédéric JOLIMAITRE**, directeur de la CATER de Basse-Normandie, de m'avoir accueilli au sein du service et de m'avoir confié la responsabilité de l'analyse des protections en génie végétal. Je le remercie particulièrement pour m'avoir fait confiance et d'avoir été disponible pour m'aider dans mes réflexions et cela malgré son emploi du temps chargé

Je remercie également l'ensemble de l'équipe de la CATER pour m'avoir accueilli chaleureusement.

Je remercie également **Christian GRAULE**, garde-rivière de la Touques pour m'avoir accueilli professionnellement et de m'avoir indiquer les différents endroits où se trouvent les protections.

Enfin je remercie, **Laurent THIBAUT**, directeur de PARAGES, de m'avoir transmis les factures du programme de restauration de la Touques



## PARTIE I : ORIGINE DU PROJET

Le projet de restauration des berges et d'entretien de la TOUQUES s'inscrit dans une démarche active depuis 1994, portée par PARAGES (Pays d'Auge, Rivières, Aménagement, Gestion Et Sauvegarde) en qualité de maître d'ouvrage et de maître d'œuvre du projet de développement de restauration des cours d'eau et de développement du tourisme de pêche.

A l'origine du projet, une mise en valeur du patrimoine naturel **très contrastée** de part et d'autre du Breuil en Auge.

**En aval, le parcours de 25 km du domaine public** génère une importante fréquentation grâce à ses berges accessibles à tout détenteur d'une carte de pêche, régulièrement entretenues et au peuplement remarquable de truite de mer. Ce potentiel pêche amène des retombées financières annuelles occasionnées par la pêche de la truite de mer sur la Basse Touques qui sont de l'ordre de 200 000 francs en 1993 par kilomètre de rivière. Ces retombées économiques locales sont un atout pour la basse vallée.

**En amont, sur le domaine privé**, le droit de pêche appartient aux riverains. La pratique de la pêche est rendue difficile du fait du morcellement des parcours et de l'absence d'entretien des berges, toute opération de gestion coordonnée étant obérée en particulier par l'absence de maîtrise du droit de pêche.

De plus, le barrage infranchissable du Breuil en Auge par la truite de mer accentue l'abandon par les pêcheurs de cette partie amont du cours d'eau au profil de l'aval plus poissonneux.

Fort de ce constat, les acteurs (élus, riverains et partenaires financiers) ont lancé à partir de 1993 un programme visant à dynamiser le tourisme de pêche en constituant une unité de gestion halieutique, comportant des interventions coordonnées dans plusieurs domaines :

**Rétablissement de la libre circulation** des poissons migrateurs par l'aménagement des barrages infranchissables.

**Restauration du potentiel piscicole**, principalement par la restauration et l'entretien régulier de la rivière.

**Maîtrise des droits de pêche** permettant de disposer de parcours durables et sur lesquels peuvent être engagées à la fois des opérations de restauration, de gestion et de promotion de la pêche.

**Mise en place de parcours de pêche** de haute valeur halieutique sur la Touques en amont du Breuil en Auge et sur l'Orbiquet.

**Création d'une structure** maître d'ouvrage et maître d'œuvre.

**Création de 2 postes de techniciens de rivière et d'un poste de directeur** pour mettre en place et suivre toutes ces actions et afin d'animer le projet.

La maîtrise des droits de pêche s'est traduit par la conclusion de baux de pêche pour une durée de 9 ans avec les riverains.



PARAGES s'est également engagée à restaurer, entretenir la berges et gérer les parcours qui réglementairement sont à la charge du riverain.

En particulier, dans le souci de conserver la qualité patrimoniale des cours d'eau, **l'érosion des berges a été localement traitée par le biais de méthodes naturelles de stabilisation de berges en génie végétal**. Ces techniques combinent en effet les avantages suivants :

- préservation de la diversité des habitats ;
- durabilité : l'efficacité se renforce dans le temps avec le développement des végétaux ;
- coût modéré ;
- qualité de l'insertion paysagère.

## **PARTIE II : OBJECTIF DE L'ETUDE**

Dix années après l'implantation des premières protections de berge en génie végétal sur la Touques, la CATER de Basse Normandie a proposé de réaliser un bilan de l'impact effectif de ses ouvrages sur la stabilité des berges.

Après un **relevé de terrain de l'ensemble des protections de berge réalisées**, l'analyse des informations recueillies devait permettre d'**évaluer leur fonctionnalité**, et, le cas échéant, d'essayer de **déterminer les paramètres l'ayant minoré**.

Au terme de l'étude, il s'agissait de tenter de **proposer des méthodes de protection de berge en génie végétal optimisées** au vu des conclusions de l'analyse des facteurs de dégradation présumés.

## **PARTIE III : ETAT DES LIEUX**

### ***A. Elaboration du protocole***

#### ***1. Recueil de données préliminaires à l'étude***

Emplacement au 1/25000 des protections de berges  
Bordereaux des factures

Ces données ont permis de localiser l'ensemble des ouvrages réalisés en génie végétal sur la Touques : le secteur étudié débute au niveau de la cité ouvrière sur la commune de Norolles en aval de Lisieux (D 579) et s'achève sur la commune de Neuville sur Touques (cf. annexe 3).

Quelques protections sur la commune de Mardilly n'ont pas été diagnostiquées, faute de temps.

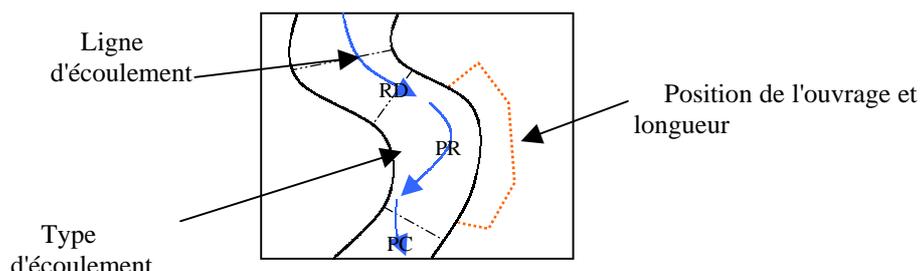


## 2. Etablissement des fiches de relevés de terrain

### a. Configuration du site

#### (1) Hydraulique

(a) Etablir un plan en vue de dessus des faciès d'écoulement



(b) Définition des faciès d'écoulement

<b>RP</b>	Rapide
<b>RD</b>	Radier
<b>PRC</b>	Profond courant
<b>PC</b>	Plat courant
<b>PL</b>	Plat lent
<b>PR</b>	Plat profond (mouille)

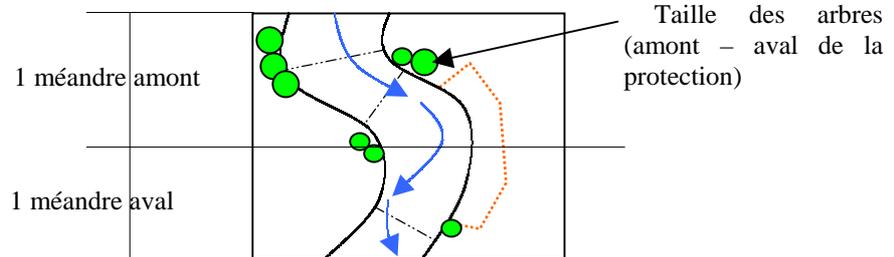
HABITAT	CRITERES VISUELS	
	PROFONDEUR	COURANT
Profond	Fond imperceptible $H \geq 60$ cm	Surface lisse, très peu de courant
Plat lent	Eléments du fond $H \geq 40$ cm $\pm$ perceptibles	Surface lisse, très peu de courant
Plat courant	Eléments du fond $\pm$ perceptibles $H \leq 40$ cm	Surface lisse ridée, courant bien visible
Profond courant	Eléments du fond imperceptible	Surface lisse ridée, courant bien visible, remous en surface
Radier	fond nettement visible, grosse granulométrie	Surface bouillonnante, lame d'eau mince $H \leq 30 - 40$ cm
Rapide	Très grosse à grosse granulométrie	Micro cascades, courant puissant, présences de blocs de rochers

Tableau 1 Critères visuels d'évaluation des faciès d'écoulement



## (2) La berge

(a) Plan en vue de dessus de l'état de la ripisylve



(b) Hauteur de berge (mesurée ou estimée suivant accessibilité)

(c) Pente exprimée en 1/h (ex: 2/1)

(d) Nature du sol de la berge (pédologie du talus de berge)

## b. Protection des berges

### (1) L'ouvrage

(a) Type de protection

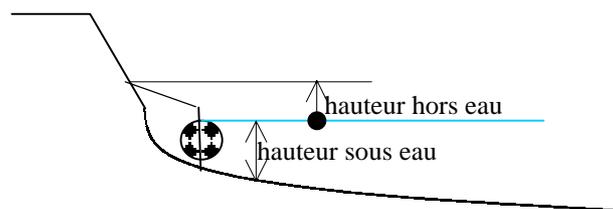
Les informations ont été recoupées avec les factures fournies par le maître d'ouvrage.

(b) Présence de géotextile

NB : l'absence de géotextile au moment du relevé ne permet de conclure quant à sa présence au moment de la mise en place de la protection (géotextile biodégradable).

(c) Schéma de principe (vue de face – vue de coupe)

(d) Cotes





### **c. Végétation sur l'ouvrage**

#### **(1) Herbacée**

Densité de 1 à 3, pourcentage de recouvrement

#### **(2) Arbustive, arborée**

Identification des espèces, densité par espèce, pourcentage de recouvrement général ; (jp) = jeune plant

L'évaluation de la densité est effectuée suivant le nombre d'arbres au mètre linéaire (1 arbre tous les mètres = **Densité 3**, 1 tous les 2 mètres **D=2**, en deçà **D = 1**).

**Le pourcentage de recouvrement** correspond au volume total (tronc + branches + feuillage) qu'occupe l'ensemble des arbustes ou arbres sur la protection.

L'évaluation de ce paramètre s'effectue visuellement et reste une appréciation empirique, au même titre que la densité.

### **d. Perturbations**

#### **(1) Etat général de l'ouvrage (bon, détruit partiellement, ruiné)**

#### **(2) Type d'érosion (tangentielle, affouillement, glissement)**

#### **(3) Stabilité de la berge (à court terme et long terme) ;**

(oui, oui-non, non-oui, non)

#### **(4) Présence d'encoche(s) d'érosion**

#### **(5) Valeur paysagère**

#### **(6) Présence de ragondins ou rats musqués**

Constatée lors du relevé, au niveau de la protection et de son environnement proche.

#### **(7) Entretien à effectuer**

Dans cette rubrique, est défini la nature de l'entretien jugé nécessaire au maintien ou à la restauration de la fonction de la protection (recépage, bouturage, etc.).

Les protections qui sont totalement ruinées ne nécessitent pas d'entretien particulier. Elles sont plutôt destinées à être enlevées ou reconstruites si nécessaire.



### ***3. Données recueillies ultérieurement pour affiner l'analyse***

**(8) Climatologie générale sur le bassin ( années n-1, n , n+1)**

**(9) Niveau des crues moyennes et débits (années n, n+1)**

**(10) Prestataire(s) et coût**

**(11) Date des interventions suivant facturation**

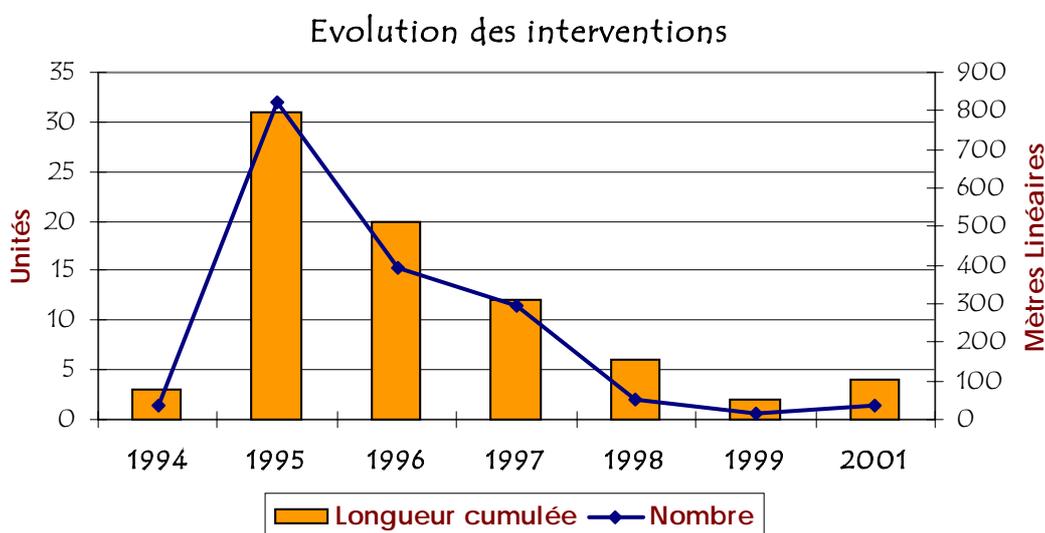
## ***B. Présentation du programme d'interventions réalisé***

### ***1. Généralités***

Lors du diagnostic, il a été recensé **79 protections de berge** (77 sur la Touques et 2 sur la Paquine). Après analyse des factures, 28 autres protections n'ont pas été diagnostiquées car situées dans des secteurs non sélectionnés ou ayant totalement disparues.

Deux secteurs homogènes ont été définis suivant la largeur du cours d'eau et la nature des écoulements, avec pour limite la confluence de l'Orbiquet, affluent majeur, à Lisieux (cf. § C).

### ***2. Chronologie des interventions***



**Figure 1 : Evolution chronologique des linéaires aménagés**

Les interventions de protection des berges en génie végétal, qui s'inscrivent dans un programme général (annexe 1), ont débuté en 1994 pour se finir en 2001.



En termes d'effectif, près de la moitié des protections a donc été réalisée durant les années 1995-96. Le rythme d'implantation des ouvrages a ensuite rapidement décliné. A ceci, deux raisons principales :

- s'agissant d'un programme novateur et pionnier en matière de génie végétal à l'échelon régional, le maître d'ouvrage a délibérément donné une priorité affirmée à ces interventions au lancement du projet, dans l'objectif de convaincre les partenaires du projet : riverains, collectivités ou pêcheurs ;
- les premières années du programme de réhabilitation de la Touques ont concerné en priorité l'aval de Lisieux (cf. figure 2), secteur au plus fort enjeu halieutique, mais également le plus confronté aux problèmes d'érosion de berges.

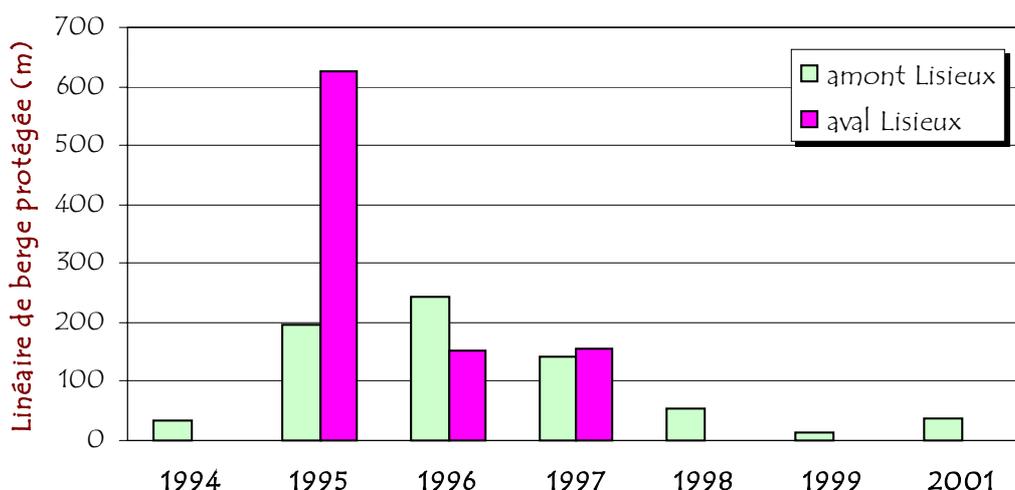


Figure 2 : Evolution chronologique par secteur

Au total, ce sont **1862 mètres de berge** qui ont été diagnostiqués pendant la période de stage.

Sur un total de 105 kilomètres de berge restaurés et entretenus par l'association, et moyennant les protections non diagnostiquées, c'est donc environ

**2 % du linéaire concerné par le programme qui a fait l'objet de protections de berge**

### 3. Budget

Les coûts sont issus des factures fournies par le maître d'ouvrage. Le coût total est de **98 360 € TTC**, réparti de la façon suivante:

	Protection du pied de berge	Protection du talus de berge*	Totaux	
Aval Lisieux	38 791 €	16 307 €	55 097 €	<b>56 %</b>
Amont Lisieux	42 600 €	662 €	43 263 €	<b>44 %</b>
<b>TOTAUX</b>	<b>81 391 €</b>	<b>16 969 €</b>	<b>98 360 €</b>	

Tableau 2 : coût des protections

Le coût moyen (non réajusté), calculé sur la base des protections diagnostiquées est de

**43 €/ml**

\* Ce coût comprend le prix du géotextile, le talutage, et l'ensemencement du talus



L'investissement total est équivalent entre les peignes et les fascines. En revanche le coût au mètre linéaire s'élève à **31 €/ml pour les peignes** et de **46 €/ ml pour les fascines**.

## C. Caractéristiques sommaires des secteurs diagnostiqués

### 1. Paramètres du lit mineur

#### a. Pédologie

La nature des sols des berges est de type **Limono-Sableux** et n'offre donc pas de résistance à l'arrachage des particules par la force de cisaillement des courants. En l'absence de protection mécanique, le substrat est donc particulièrement propice à l'érosion.

#### b. Morphologie

Tronçon homogène	Moy. H.Berge	Moy. Pente* Talus de berge	Moy.Largeur CE.
amont Lisieux	1,3	46,3	9,4
aval Lisieux	2,0	47,8	16,6
Total	1,6	46,9	12,1

Tableau 3 : caractéristiques du lit mineur

Le tableau 3 ci-dessus indique l'écart des hauteurs moyennes de berges, des pentes de talus et de la largeur moyenne du cours d'eau sur les tronçons homogènes définis ci-après.

Le bassin de la Touques s'étend sur des formations sédimentaires avec des plateaux recouverts de formation argilo-limoneuses. De l'amont vers l'aval, on peut distinguer deux secteurs de la Touques, aux caractéristiques morphodynamiques distinctes :

**En amont de Lisieux**, la haute Touques, avec une pente encore relativement élevée, est une petite rivière dynamique : la largeur du lit varie entre 6 et 12 mètres.



**A l'aval de Lisieux**, après sa confluence avec l'Orbiquet, la basse Touques, d'une largeur de 10 à 20 mètres, devient une puissante rivière de plaine qui dissipe son

énergie en creusant ses méandres, par ailleurs peu protégés par une ripisylve souvent clairsemée. Cela se traduit en particulier par des hauteurs de berges importantes, pouvant dépasser trois mètres.



## 2. Nature des érosions constatées

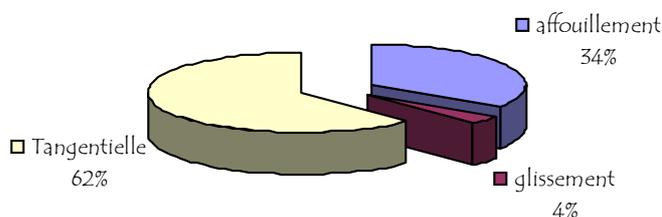
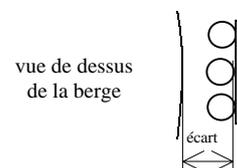


Figure 3 : Typologie des érosions sur les ouvrages diagnostiqués

Les érosions de type tangential semblent être les plus représentatives. Pendant les crues, l'arrache des particules se fait sur toute la hauteur de la berge, en particulier pour les berges nues et verticales.

On peut noter aussi que la plupart des protections ont subi une érosion en pied de berge qui se traduit par un vide entre les poteaux de soutien et le début de la berge qui varie de 10 cm à 50 cm suivant les cas.



## D. Techniques de génie végétal mises en oeuvre

Les 79 protections diagnostiquées sont réparties suivant le tableau ci-contre :

Type de protection (nombre)

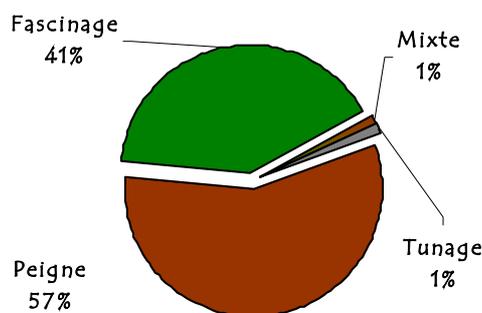


Figure 4 : Techniques mises en oeuvre

Les peignes (*cf. annexe 2*), techniques les plus employées, représentent en revanche un linéaire cumulé inférieur aux fascines.

On remarque par ailleurs que la technique du peigne a été plus souvent utilisée en amont de Lisieux (34 contre 14 fascines) : en effet, le secteur aval de Lisieux, souvent caractérisé par des linéaires importants dépourvus de ripisylve, avec des hauteurs de berge importantes, a conduit à privilégier des interventions de revégétalisation complète, basées sur la protection du pied de berge par fascinage, le retalutage et le bouturage et le semis du talus.



Par ailleurs, il faut noter que **les fascines représentent globalement 59 % du linéaire total protégé**, à rapprocher logiquement de la fraction des érosions de nature tangentielle, qu'elles sont conçues pour traiter.

La longueur moyenne des ouvrages est de **31 mètres en aval** de Lisieux et **15 mètres en amont**.

## E. Descriptifs qualitatifs des protections

### 1. Constitution de la végétation sur l'ouvrage

La végétation présente sur les ouvrages a été répartie en trois classes distinctes :

- la végétation dite « herbacée », qui regroupe en fait l'ensemble des plantes annuelles ;
- la végétation ligneuse arbustive (hauteur inférieure à 5 m) ;
- la végétation ligneuse arborée (hauteur supérieure à 5 m).

Etant donnée la relative jeunesse des protections de berges réalisées, **la strate arborée y est quasi-inexistante** (moins de 1 % du linéaire des ouvrages concernés, à l'inverse de la ripisylve, où cette strate est largement majoritaire sur la Touques). Elle n'a ainsi pas été prise en compte dans l'analyse des données. Les résultats obtenus sont alors les suivants :

Tronçon homogène	Différente Strates	Fascinage	Peigne	Moyenne
amont Lisieux	Moyenne S. arbustive	28%	26%	26%
	Moyenne S. Herbacée	35%	41%	39%
aval Lisieux	Moyenne S. arbustive	39%	27%	34%
	Moyenne S. Herbacée	53%	57%	55%
Total Moyenne S. arbustive		34%	26%	29%
Total Moyenne S. Herbacée		45%	45%	45%

Tableau 5 : taux de recouvrement des différentes strates

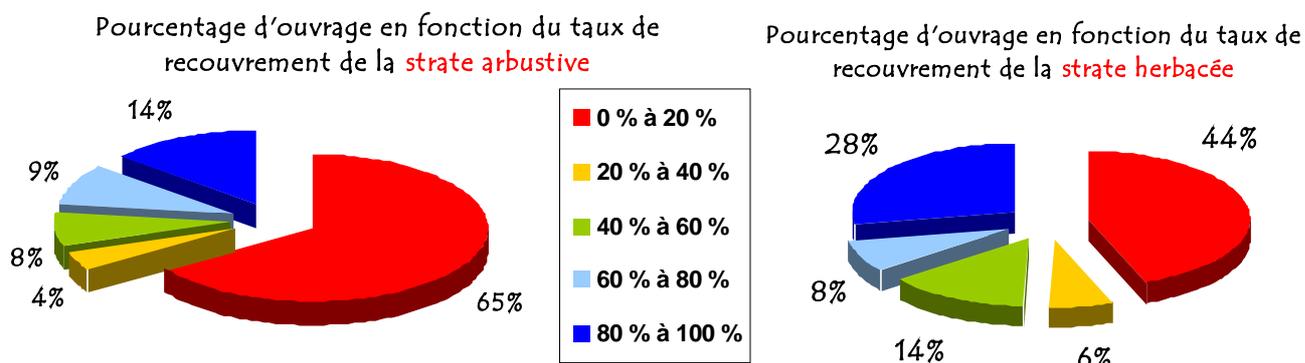


Figure 5 : Répartition du nombre d'ouvrages en fonction du % de recouvrement des différentes strates



### a. La strate arbustive

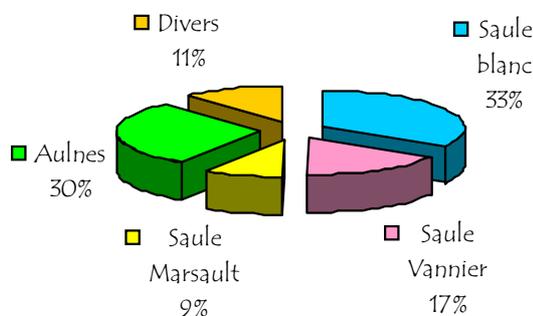
Les taux de recouvrement sont faibles à très faibles, en particulier concernant la strate arbustive : 35 % de la totalité des protections ont un taux de recouvrement nul, et près de la moitié inférieur ou égal à 5%, témoignant d'**une véritable difficulté en ce qui concerne la reprise des matériaux vivants implantés.**

La présence des aulnes glutineux sur les protections, représentant 30 % des essences répertoriées, confirme cette tendance. En effet, n'ayant pas fait l'objet de plantations, ces aulnes glutineux, issus de semis naturels et non de bouturages ou de plantations, ont pu se développer faute de reprise des essences implantés au départ (saules essentiellement).

La *Figure 6* indique la répartition des essences présentes sur les protections.

Afin de faciliter la reconnaissance des différents saules qui est toujours difficile particulièrement en hivers, des regroupements sommaires par espèces proches de saules ont été effectués. Les différents groupes d'espèces retenus sont :

- **Groupe des saules blancs** (Saule blanc, fragile, à 3 étamines et hybrides) : petites feuilles, arbres 15-20 m
- **Groupe des saules marsaults** (Saule marsault, cendré, à oreillettes, etc.) : feuilles larges, arbuste à petit arbre
- **Groupe des saules des vanniers** (Saule des vanniers, drapé, etc.) : feuilles longues (15 cm), arbuste à petit arbre (3-10 m)



**Figure 6 : Répartition des essences répertoriées sur les protections**

Parmi les différents types de saules issus des bouturages et des reprises de protections, les saules de "type blanc" sont les plus présents (33%), puisque également les plus représentés au sein de la ripisylve, donc les plus disponibles in situ pour la protection des berges.

On peut aussi souligner, qu'en aval de Lisieux, des plantations en haut des berges ont été effectuées, mais la hauteur des plants (2 à 2,5 m après près de dix ans) témoigne d'un taux de croissance insuffisant, dû à des conditions de plantations inadaptées ou à un manque d'entretien ultérieur (dégagement des plants, par exemple).

Parmi les espèces plantées, on recense la présence de frênes, de charmes, de noisetiers et d'érables. Enfin, la présence spontanée du sureau est aussi importante sur les ouvrages.



## b. La strate herbacée

Le taux de recouvrement des ouvrages par la strate herbacée, bien que plus élevé, reste insuffisant en termes de protection contre l'érosion du courant en crue, et quel que soit le type de protection. La majorité des espèces représentées sont des graminées.

Comme pour la strate arbustive, les taux de recouvrement moyens sont plus importants en aval de Lisieux qu'en amont, malgré une dynamique fluviale plus importante en terme de débit et de puissance sur l'aval.

En conclusion, on peut affirmer que **les taux de reprise végétative ont été faibles**. Il est difficile de savoir quel en sont les raisons, car de l'évolution de chaque protection n'a pas été suivie.

Plusieurs hypothèses peuvent être avancées par ordre empirique d'importance :

- conditions météorologiques pendant la réalisation des ouvrages (température, pluviométrie)
- attaque des ragondins et rats musqués (minage du talus, destruction des matériaux vivants utilisés - cf. cliché et graphique ci-dessous),
- hydrologie aux années n et n+1 (crue importante, étiage sévère),
- qualité de l'exécution des travaux,
- conditionnement des végétaux (provenance, lieux et conditions de stockage, état phytosanitaire).



Figure 7 : Bouture dégradée par les rongeurs

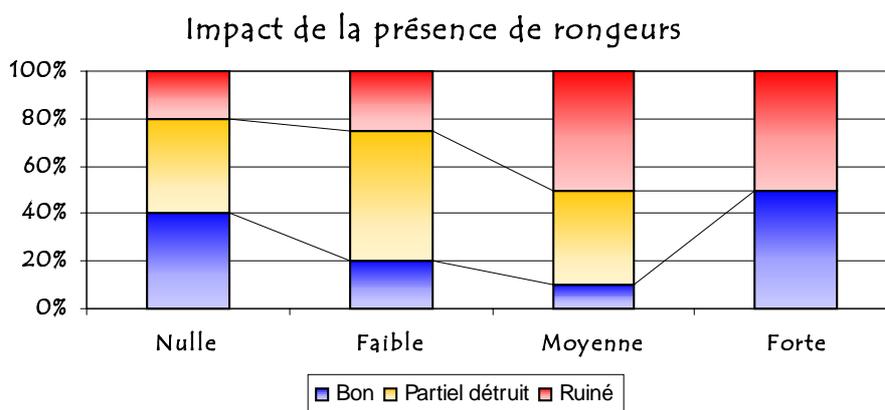


Figure 8 : Etat des protections en fonction de la présence de rongeurs

Le graphique ci-dessus semble logiquement confirmer un impact significatif des populations de rats musqués et ragondins sur l'état de conservation des ouvrages.



## 2. Position des ouvrages le long du cours d'eau cours d'eau

Pour tenir compte de l'impact de l'hydrodynamisme du cours d'eau sur la pérennité des protections de berge, trois positions distinctes ont été relevées :

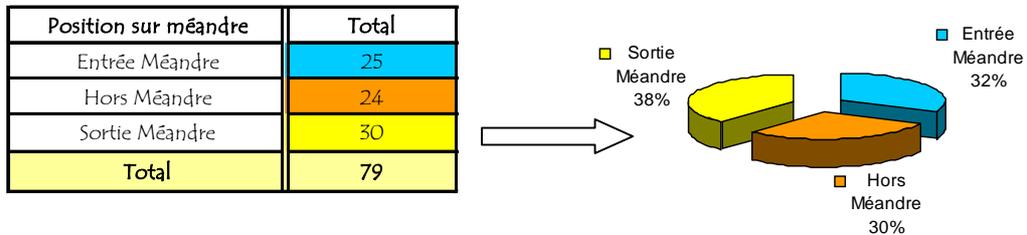


Figure 9 : Position des protections sur le cours d'eau

On peut donc noter que les interventions se sont réparties de façon assez homogène quel que soit l'emplacement de la protection dans le méandre.



### 3. Etat des protections et stabilité des berges

#### a. Protocole de relevé de l'état des protections

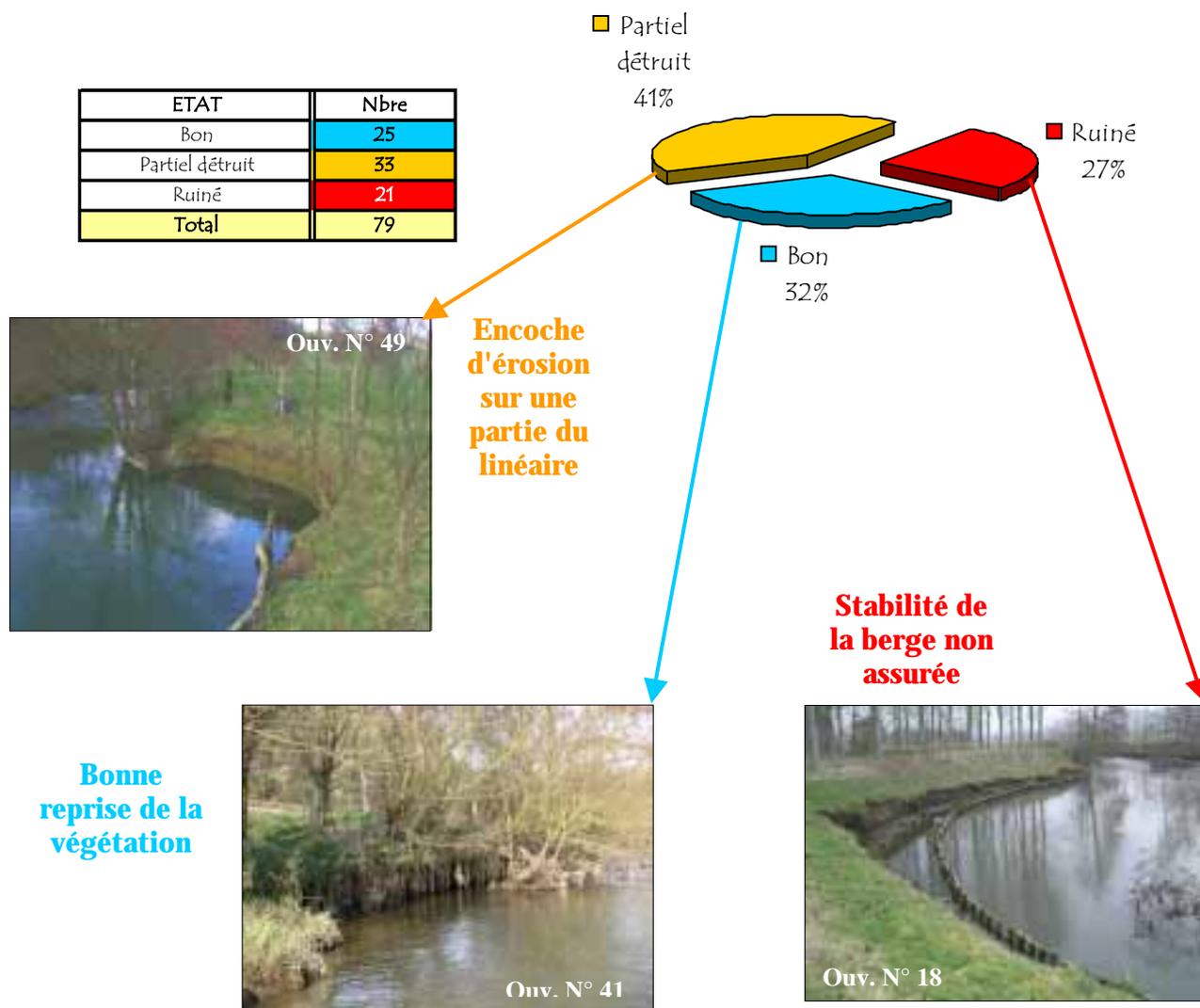


Figure 10 : Protocole d'état des lieux de l'état des protections

Les trois exemples ci-dessus illustrent les différentes qualifications qui ont été attribuées lors de l'état des lieux de terrain.

Le critère final dans l'évaluation de la pertinence de l'aménagement reste la stabilité effective de la berge, et non l'état de la protection de berge elle-même, dont la structure inerte a vocation à s'effacer progressivement.



### b. Etat de conservation en fonction du type de protection

Etat de la protection par type de protection (unités)

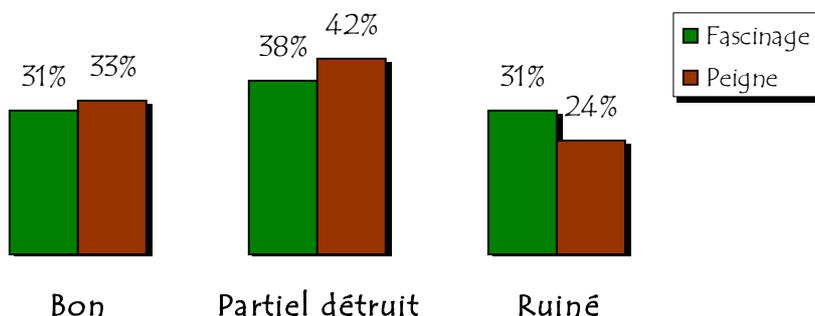


Figure 11 : Etat des protections en fonction des techniques mises en oeuvre

Dans l'ensemble, les peignes semblent *a priori* présenter une meilleure résistance puisque 24 % d'entre eux sont ruinés contre 31% pour les fascines.

### c. Fonction de maintien de la berge

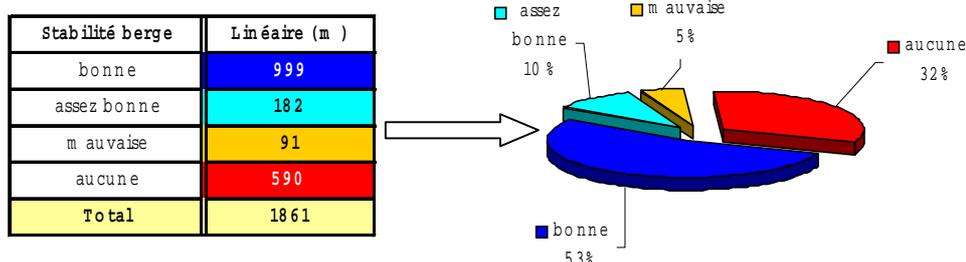


Figure 12 : Vue d'ensemble de la stabilité des berges

La stabilité de la berge est logiquement liée à l'état de la protection. Cependant, malgré un pourcentage important de protections ruinées ou partiellement ruinées, **la stabilité des berges est globalement assurée sur 63 % du linéaire aménagé à l'heure actuelle.**

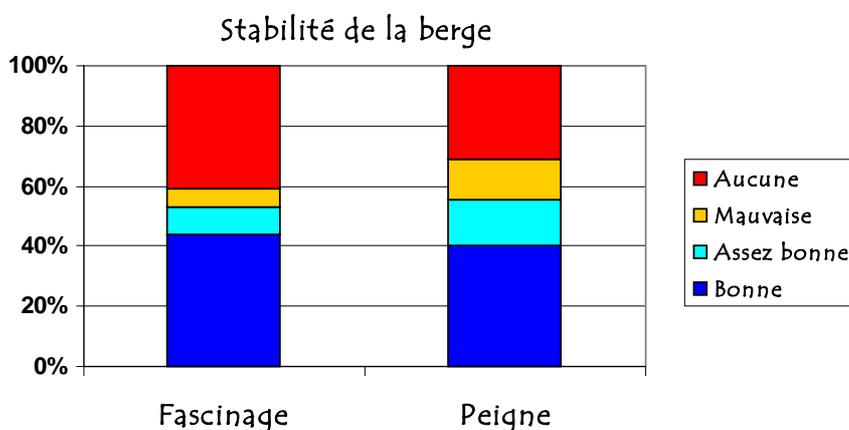


Figure 13 : Analyse de la stabilité de la berge en fonction du type de protection

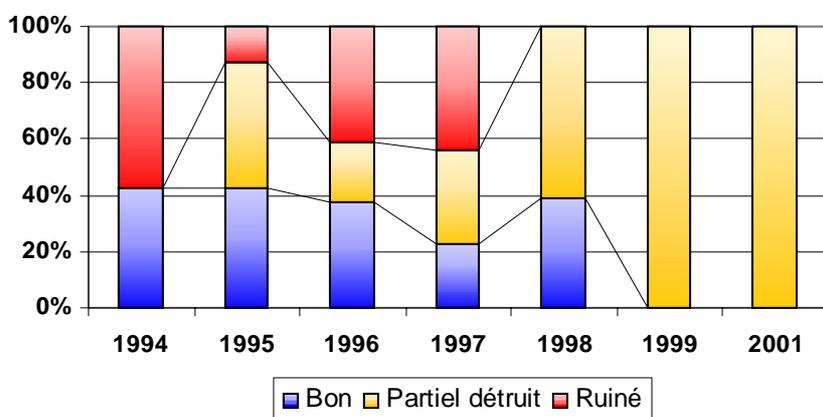


Globalement, les techniques de fascinages semblent avoir moins bien rempli leur rôle de stabilisation des berges. Il faut cependant relativiser ces résultats, puisque, par nature, ces techniques n'ont pas les mêmes fonctions (protection contre l'érosion tangentielle pour les fascines, comblement d'anses d'érosion pour les peignes). **Elles ne sont donc pas soumises à des contraintes hydrauliques similaires.**

En outre, l'implantation des fascines est plus importante en aval de Lisieux, où le cours d'eau, plus puissant et dépourvu de ripisylve est plus propice à l'érosion.

## ***F. Facteurs de pérennité des protections et de stabilité de la berge.***

### ***1. Ancienneté des ouvrages***



### ***Stabilité de la berge en fonction de l'ancienneté des protections (linéaire)***

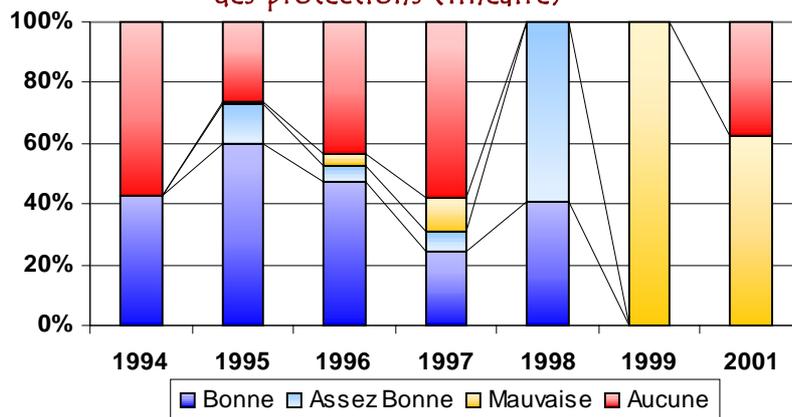


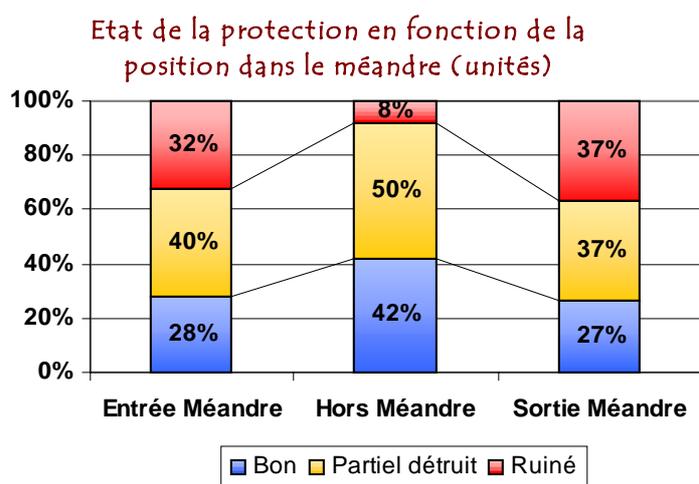
Figure 14 : Etat des protections et stabilité de la berge en fonction de leur ancienneté



**L'ancienneté des ouvrages ne semble pas être déterminante dans leur niveau de dégradation.** Le pourcentage de longueur de protection en "bon état" semble fluctuer sans logique apparente. Ces résultats restent compatibles avec les principes du génie végétal, qui, en utilisant les propriétés d'enracinement progressif des végétaux, **accroît sa résistance mécanique au fil du temps** : une protection bien implantée à l'origine ne subit pas de dégradation de son efficacité dans le temps.

Par ailleurs, on constate qu'à partir de 1999 et en 2001, les résultats sont mauvais. En effet, et cela malgré un nombre assez faible de protections réalisées (2 + 4), le résultat indique que 100 % d'entre elles sont dans un état partiellement délabré, et assurent une stabilité de la berge mauvaise voire nulle. Les raisons peuvent en être multiples, mais les niveaux élevés de pluviométrie à partir de 2000 jusqu'à fin 2001 ne doivent pas être étrangers à leur dégradation, les crues automnales ayant pu favoriser leur dégradation.

## 2. Position de l'ouvrage dans le méandre

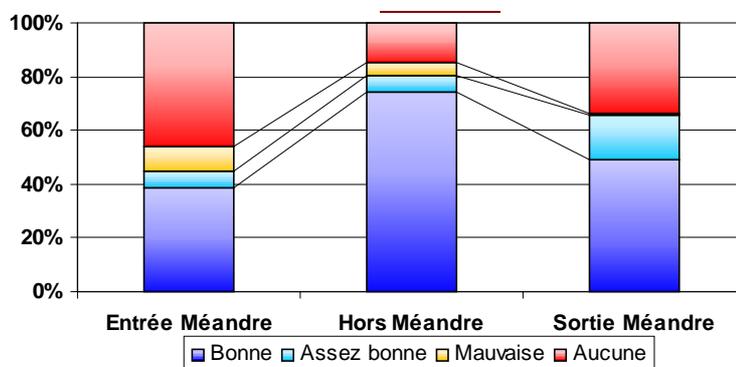


La position au sein du profil en long du cours d'eau est un facteur intervenant de manière significative dans l'état de la protection et par conséquent de la stabilité de berge.

**En particulier, l'implantation des ouvrages en secteur rectiligne (hors méandre) leur garantit une pérennité bien supérieure.**

Figure 15 : Impact de la position des ouvrages le long du cours d'eau

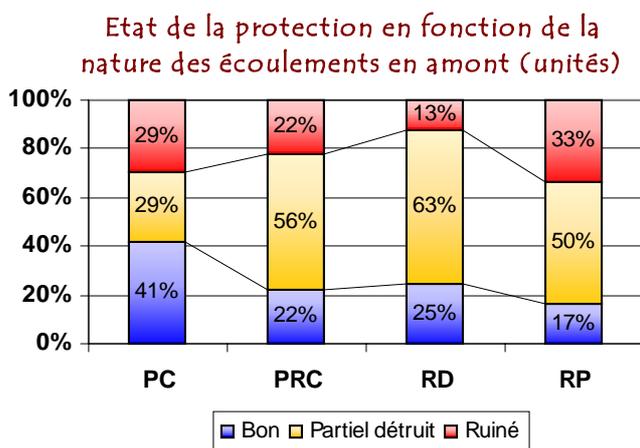
En effet, les contraintes hydrauliques sont plus fortes dans le méandre, où la ligne de courant, en interceptant avec un angle plus ou moins prononcé la berge, génèrent en particulier des courants hélicoïdaux puissants, particulièrement érosifs.





### 3. Nature des écoulements en amont

De manière complémentaire, on peut confronter l'état de conservation des ouvrages à l'hydrodynamique – liée à la pente – à l'amont. De manière schématique, sur les six types d'écoulement distingués dans le protocole (cf. partie II), quatre ont été rencontrés de manière significative : Plat Courant, Profond Courant, RaDier et RaPide.



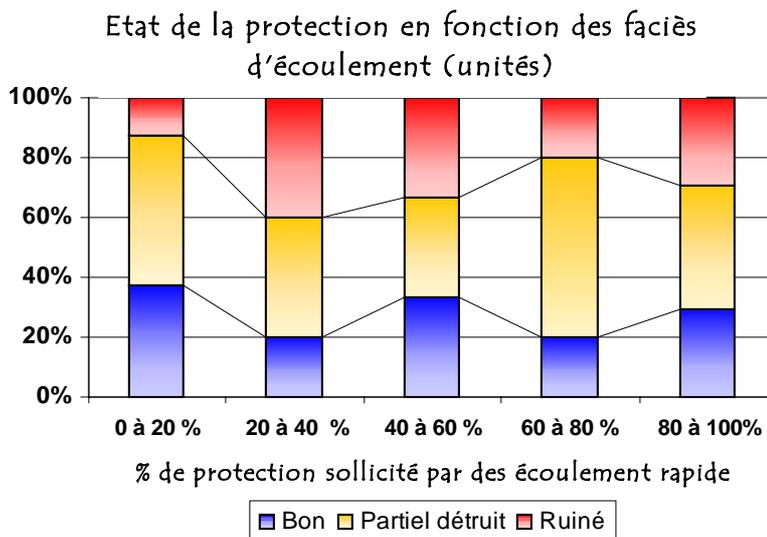
Le graphique ci-contre semble montrer une **corrélation logique entre la puissance de l'écoulement amont et le degré de conservation des protections**, qui passe de 41% à 17% de bon état avec l'accroissement de la l'énergie du cours d'eau.

Figure 16 : Analyse du facteur "écoulement en amont de la protection"

### 4. Fraction du linéaire de la protection sous influence de faciès rapides

L'analyse complémentaire de la fraction des ouvrages en contact avec les faciès d'écoulement les plus rapides (radiers et rapides) ne semblent pas faire apparaître de corrélation significative. Plus que les courants tangentiels, il s'agit bien donc des courants sécants de la berge qui génèrent les plus fortes perturbations.

Figure 17 : Etat des protections en fonction des sollicitations des écoulements





## 5. Taux de couverture végétale

### a. Conséquences sur l'état des protections

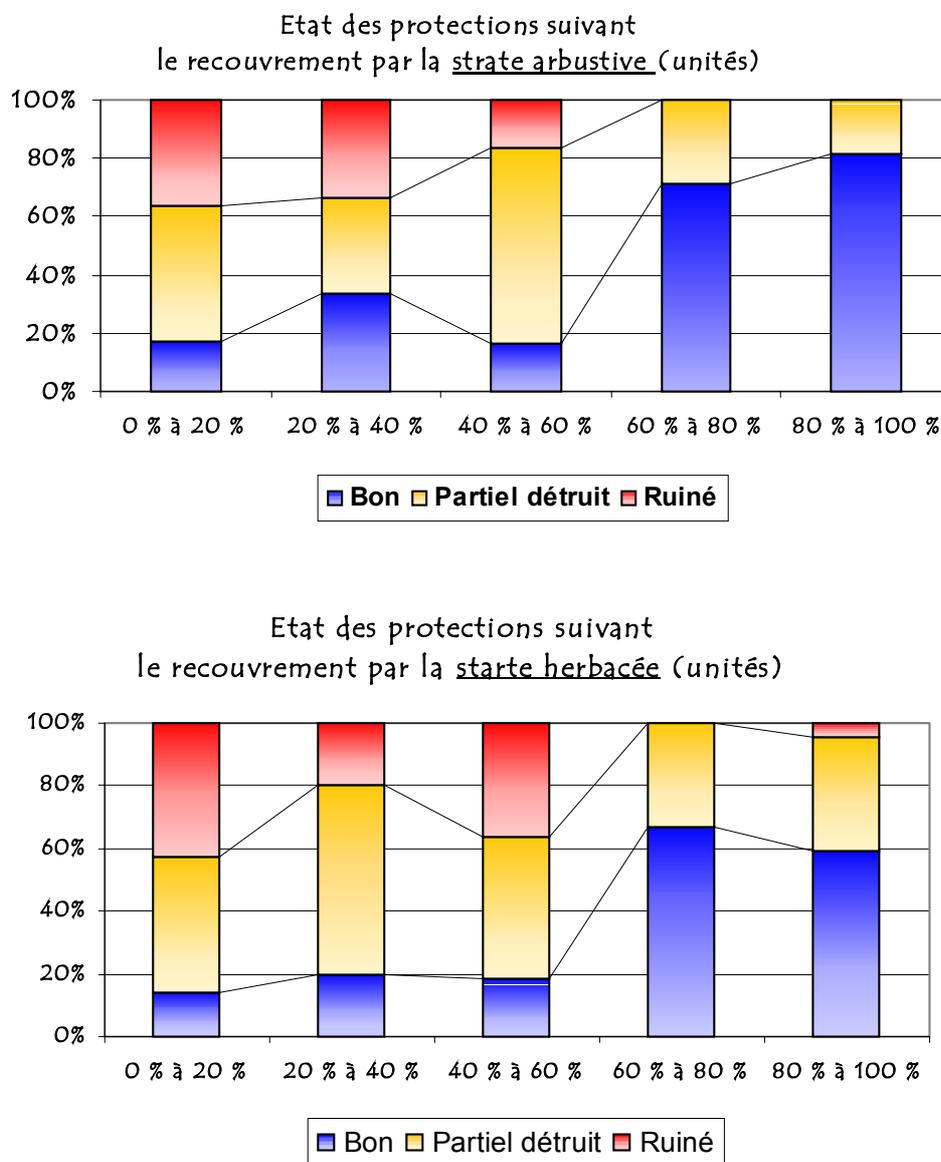


Figure 18 : Etat des protections en fonction du recouvrement par les différentes strates

Par essence même, le génie végétal ne peut apporter une résistance effective à l'érosion hydraulique qu'en présence de matériaux vivants durablement implantés. Les graphiques ci-avant confirment avec force **le caractère primordial de la bonne reprise des végétaux utilisés dans la pérennité des ouvrages.**

On retrouve par ailleurs une même corrélation marquée en ce qui concerne la stabilité de la berge.



## b. Conséquences sur la stabilité des berges

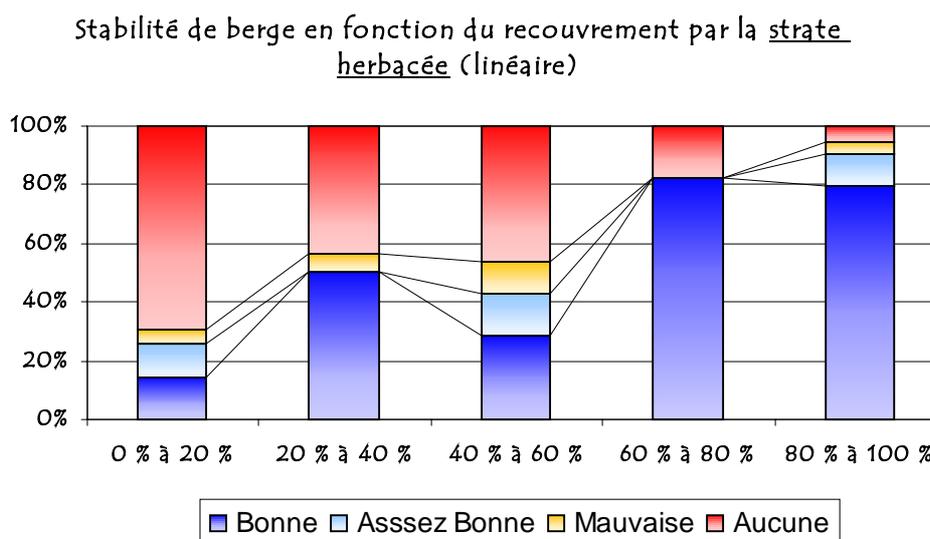
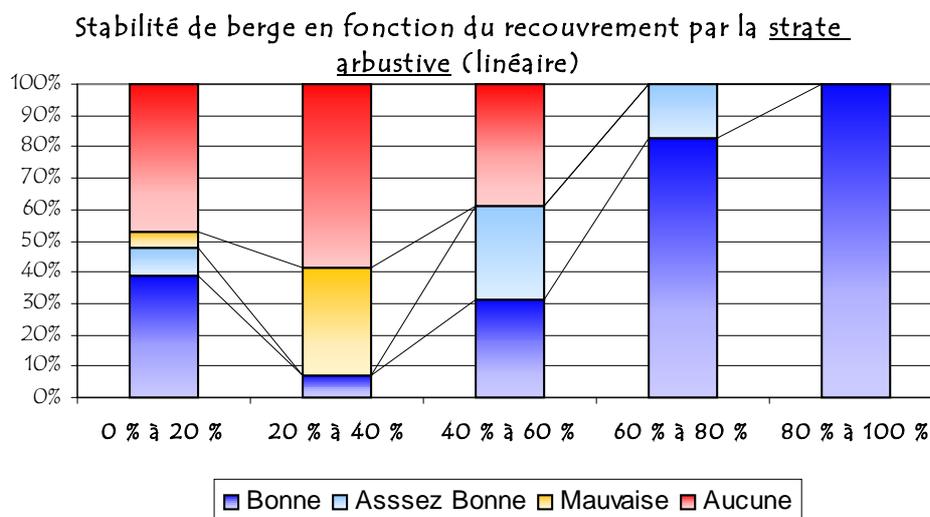


Figure 19 : Stabilité de la berge en fonction du recouvrement des différentes strates

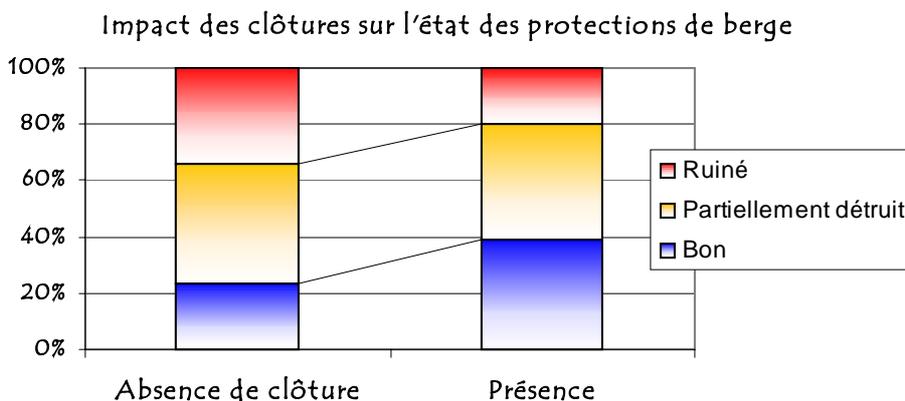
La même tendance est logiquement mise en évidence en ce qui concerne la stabilité des berges, **fortement dépendante de la densité de végétation sur l'ouvrage.**

## c. Influences des clôtures

Les clôtures ont a priori un rôle doublement bénéfique vis à vis de l'érosion des berges : en évitant la déstabilisation directe de la berge par le piétinement du bétail, d'une part, et en prémunissant la végétation arbustive protectrice du broutement répété des animaux, qui peut conduire à sa disparition.



Le graphique ci-après semble nettement valider ces hypothèses.



En revanche, il n'a pas été mis en évidence de lien clair entre la présence de clôtures et la densité de végétation sur les ouvrages.

Figure 20 : Rôle des clôtures

### 6. Période de réalisation des ouvrages

Les périodes auxquelles ont été implantés les ouvrages ont été relevées à partir des factures, en tenant compte du décalage moyen entre la fin des travaux et la facturation, de l'ordre d'un à deux mois.

Trois périodes ont été distinguées :

- Début d'année : d'avril à mi-juillet
- Milieu d'année : de fin juillet à mi-septembre
- Fin d'année : de fin septembre à fin décembre

Etat de la protection en fonction de la période de réalisation des travaux (unités)

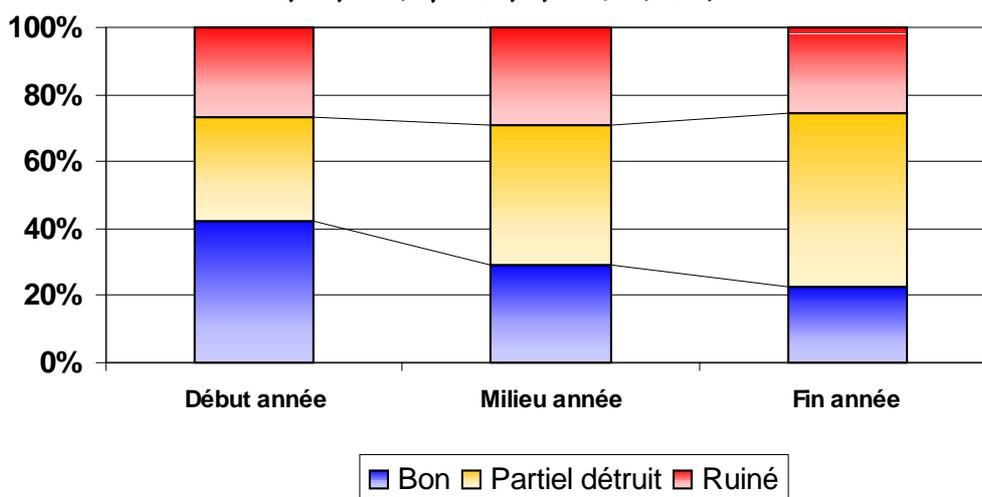


Figure 21 : Etat des protections en fonction de la période réalisation



L'analyse des données semble confirmer les hypothèses empiriques du terrain : pour que les protections de berge soient en mesure de résister aux premières crues automnales, **il est très préférable de les implanter aussi tôt que possible dans l'année**, de façon à permettre une reprise végétative aussi complète que possible, afin de renforcer au mieux la résistance mécanique de la structure inerte de l'ouvrage.

### ***7. Autres paramètres étudiés***

Les autres paramètres relevés lors de l'état des lieux

- présence d'épi de recentrage du courant
- présence de cépées d'arbres à l'amont ou en aval des ouvrages

n'ont pas permis de mettre en avant un impact significatif sur l'état des protections ou la stabilité de la berge, faute de corrélation claire (cépées) ou d'un nombre suffisant d'informations (épis).



## SYNTHESE / PROPOSITIONS

Le programme de restauration des rivières du bassin de la Touques, mené par l'association PARAGES depuis 1994, a conduit à aménager en génie végétal **environ 2 km de berge** de cours d'eau, soit environ **2 % du linéaire total** restauré.

Si près des **deux tiers des protections de berge ont souffert** à divers degrés, **la stabilité de la berge est néanmoins assurée sur 63 % du linéaire aménagé** au départ, et certaines berges ont désormais reconstitué une véritable ripisylve.



Figure 22 : Ripisylve reconstituée en rive droite de la Touques (t+5 ans)

Pionner à l'échelle régionale en matière de génie végétal, ce programme permet désormais, au travers de la présente évaluation, **de bénéficier de dix ans de retour d'expérience en la matière**, à la fois en ce qui concerne l'implantation des ouvrages et les perturbations qu'elles subissent. On peut en synthétiser l'essentiel au travers du tableau ci-contre.

Paramètres	Impact	Optimum
Période de réalisation des ouvrages	Fort	Début d'année
Position dans le méandre	Fort	Hors méandre
Ecoulement amont	Significatif	Plat courant
Fraction du linéaire sous influence d'écoulements rapides	Nul	-
Technique utilisée	Faible	Peigne
Présence d'épis de recentrage	?	?
Présence de clôtures	Significatif	Présence
Taux de couverture végétale	Fort	Maximum
Présence de cépées aux extrémités de l'ouvrage	Nul	-
Ancienneté de l'ouvrage	Nul	-
Présence de rongeurs	Significatif	Absence

Tableau 6 Récapitulatif des facteurs de pérennité des protections de berge en génie végétal



En dépit des limites évidentes du protocole (nombre d'ouvrages diagnostiqués, diagnostic ponctuel dans le temps, etc.), la plus grande partie de ces résultats confirme les observations empiriques réalisées sur le terrain par les techniciens concernés. Elles permettent logiquement d'insister sur les aspects importants à retenir lors de ces interventions :

- **la période d'intervention** : souvent négligée, pour des raisons de manque de disponibilité des prestataires aux périodes préconisées ou de difficulté à dissocier l'aménagement en génie végétal du déroulement du restant des interventions, il semble pourtant nécessaire de l'éloigner autant que possible de la période des premières crues ;
- **la position le long du cours d'eau** : les contraintes subies par les ouvrages dans les méandres sont telles qu'elles justifierait probablement un renforcement de leur structure de départ (type double rangées de pieu ou fascinage-tressage) ; ces contraintes sont s'accroissent avec la présence d'écoulements lotiques à l'amont de l'ouvrage ;
- **la couverture végétale** : essentielle au travers des fonctions d'écran contre l'écoulement des parties aériennes des plantes et de cohésion du talus du réseau de racines, il importe de s'assurer :
  1. de bonnes conditions d'implantation initiale des matériaux vivants : choix des végétaux (fagots de saule et non d'aulne), conditionnement (stockage en milieu humide, etc.), et mise en place (clôture de protection, profondeur des boutures, arrosage, etc.) ;
  2. d'un entretien ultérieur suivi : dégagement des plants, recépage, réparation des clôtures, etc.
- **la protection contre les rongeurs aquatiques** : nécessaire pour éviter à la fois la dégradation du talus de berge par les galeries et la destruction des végétaux utilisés, elle passe, d'une part, par la protection initiale de ces végétaux et ,d'autre part, par une politique globale et durable de régulation du niveau des populations.





## Annexe 2 : typologie des érosions de berge

### 1. Erosion par affouillement ou sapement

La berge est érodée à la base, créant des surplombs qui finissent par s'effondrer dans le lit de la rivière.

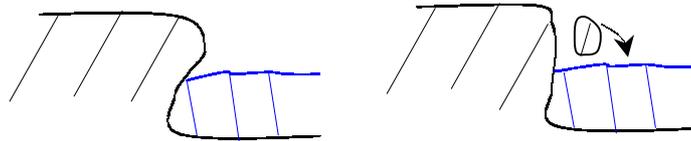


Figure 23 : Schéma de principe de l'affouillement

### 2. Erosion tangentielle

L'eau en mouvement arrache le matériau de la berge sur toute la hauteur de la submersion. C'est en particulier le cas la berge concave d'un méandre.



Figure 24 : Vue de dessus d'un méandre

### 3. Erosion par glissement

Provoqué par l'alternance crue /décrue, le glissement se caractérise par une surface de rupture située en profondeur le long de laquelle glisse une masse de sédiments. Ce phénomène peut être accentué par le piétinement du bétail qui vient s'abreuver à la rivière.

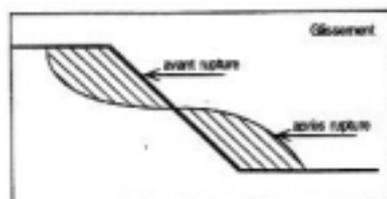


Figure 25 : Schéma de principe du glissement de berge



## Annexe 3 : cartes de situation

