

Module Aménagement Hydraulique (M1CHA)

(3^{ème} Partie)

Aménagement des cours d'eau

Sommaire

I - Divers types d'aménagements d'un cours d'eau.

- a) - La Canalisation
- b) - Dragage
- c) - Couverture De Cours D'eau
- d) - Endiguement
- e) - Rectification
- f) - Recalibrage
- g) - Deplacement De Cours D'eau

II. Protections dans les cours d'eau

- a) - Matériaux utilisés
- b) - Les divers types de protection
 - b -1 -Protection rigide
 - b -2- Protection souple
 - b -3- Protection par la végétation
 - b-4 - Protection mixte

C) - Modification de l'écoulement.

1- Le but

2 - Avantages:

3 - Les digues

3-1-.Les digues de crete

3-2.-Les digues de pied

4- Les épis

5 - Les seuils:

6- SCINDEMENT DE MEANDERS – RECTIFICATION DE COURBURE

6-1.- Scindement de méandres

6-2 - Rectification de courbure

7 - Abandon des bras morts

d) - Les gravières.

e) - Protection du lit majeur.

e -1 - Tracé du lit mineur et des digues longitudinales.

E - 2 - Dignes transversales – cloisonnement.

f) - Ponts.

AMÉNAGEMENT DES COURS D'EAU

I - Divers types d'aménagements d'un cours d'eau.

Parmi les différents aménagements de cours d'eau, on peut retenir les interventions ci-après :

a) - LA CANALISATION:

consiste en la modification des caractéristiques géométriques et hydrauliques d'un cours d'eau, par curages, creusements, rectifications, élargissement, bétonnage des berges et du fond, recalibrage...

b) - DRAGAGE:

Correspond à l'approfondissement du lit mineur par prélèvement de ses matériaux. Généralement, le creusement du lit mineur augmente la pente et donc accélère le courant et abaisse le niveau de sa nappe d'accompagnement, ce qui nuit aux sources et aux boisements riverains,

c) - COUVERTURE DE COURS D'EAU:.

Il s'agit de la chenalisation poussée à l'extrême, notamment en milieu urbain ou périurbain, avec la couverture ou la mise sous tuyau complète du cours d'eau sur des linéaires pouvant être très importants.

d) - ENDIGUEMENT:

Correspond à l'augmentation de la hauteur des berges pour éviter le débordement des eaux et ainsi préserver le maximum d'espace pour l'agriculture et l'urbanisation.

e) - RECTIFICATION:

C'est la modification sur de longues distances par recouplement de méandres opérée sur des cours d'eau sinueux ou méandriformes en vue d'augmenter le débit (via l'augmentation de la pente) et réduire ainsi la fréquence de submersion des terrains riverains.

f) - RECALIBRAGE:

Le principe du recalibrage consiste à augmenter la débitance du lit mineur en augmentant la section d'écoulement par élargissement du lit, son approfondissement ou les deux.

g) - DEPLACEMENT DE COURS D'EAU:

Il s'agit de déplacement de petits et moyens cours d'eau (largeur moy \approx 10 m) de leur position naturelle initiale ,vers l'un ou l'autre coté dela vallée. Ce déplacement est associé à d'autres interventions telles que

****la rectification et le recalibrage** du nouveau lit mineur

****la protection** des berges contre l'érosion

****la suppression** de l'ensemble des" **formations boisées**" (la ripisylve) de maniere systématique sur au moins l'une des deux berges)

****l'endiguement.**

Remarques

La mise au point de l'un ou l'autre de ces aménagements suscités s'accompagnent de **protections adéquates** compatibles aux **zones urbaines ou rurales**

II. Protections dans les cours d'eau

a) - Matériaux utilisés

Généralement quand on réalise un ouvrage de protection,le but recherché est sa solidité (rigidité). Pour ce faire, les matériaux utilisés peuvent répondre à l'échelle de rigidité ci-après :

| Rigidité | Matériau | Souplesse |
|--------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Rigidité croissante ↑ | Béton | ↓ Souplesse croissante |
| | Pierres naturelles jointoyées | |
| | Pêrès bitumineux | |
| | Bois | |
| | Gabions | |
| | Enrochement | |
| | Gazon | |
| | Arbustes | |

Remarque :

- Les matériaux rigides sont tres couteux,et la perénité de l'ouvrage n'est guere assurée.Pour des raisons esthétiques, ils sont utilisés en agglomération.
- Les matériaux les plus souples sont surtout utilisés en zone rurale sachant qu'en épousant les mouvements de leur support, ils gardent leur stabilité

b) - Les divers types de protection

****Protection directe du lit.** : Elle peut être **rigide** ou **souple**. La protection peut se faire soit en réparant le lit en le fortifiant, ou en modifiant les conditions de l'écoulement. De toute façon, si on veut résoudre le problème définitivement, il faut toujours considérer les deux phénomènes à la fois, quand la stabilité du lit est menacée par une singularité quelconque.

b- 1 -Protection rigide.

Elle est en béton ou en maçonnerie. Le choix de ce type de protection est surtout justifié en zone urbaine où les cotés esthétiques et volumineux occupent une place importante.



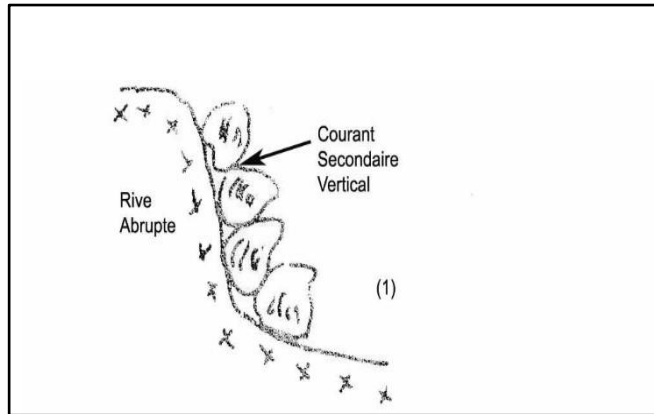
L'aménagement du quartier de l'Esplanade à Grenoble

b-2-Protection souple

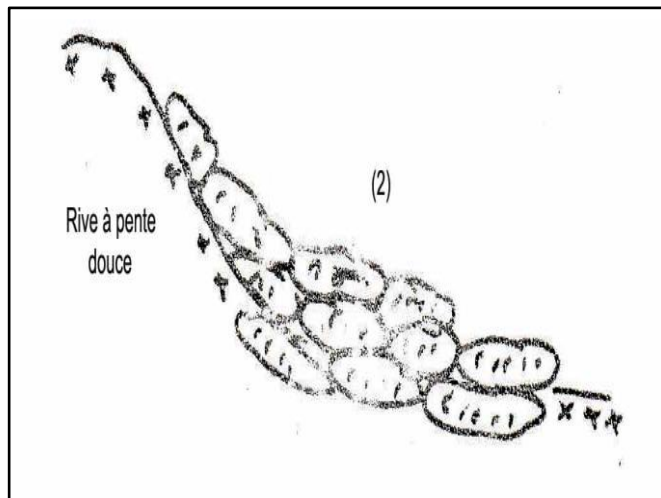
C'est le type de protection qui s'adapte le mieux en zone rurale. Elle est en enrochement, fascines ou gabions ; et donne des résultats efficaces surtout lorsque les fondations sont stables et bien ancrées en rive ,pour éviter tout contournement par les courants secondaires. Le caractère de stabilité repose sur la réalisation de fondations très importantes.



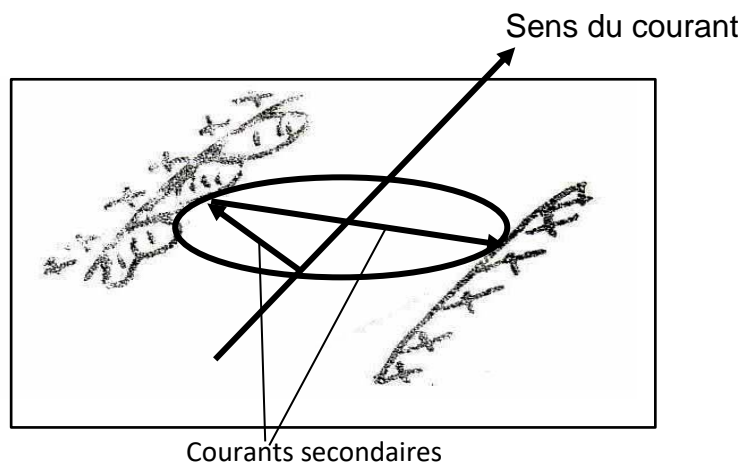
Aménagement des berges du Furon à Sassenage pour prévenir les inondations (Isere).



Si fondation insuffisante, la rive trop abrupte crée des courants secondaires Verticaux et horizontaux



Ce type de protection évite tous les problèmes rencontrés en (1).

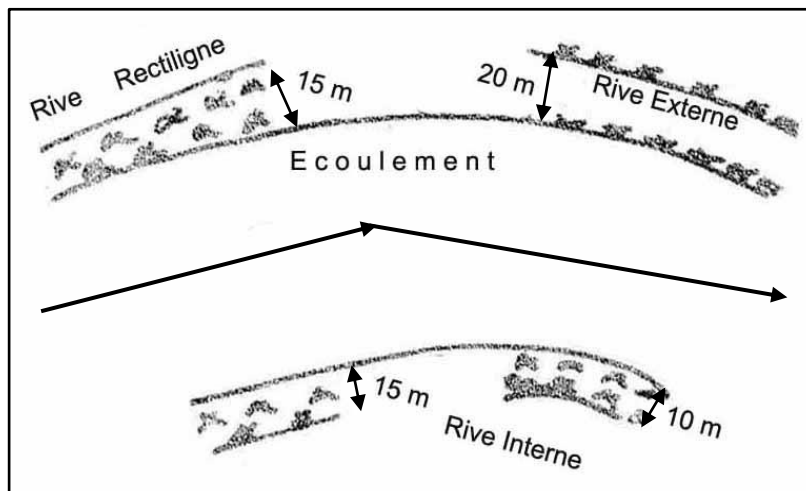


Les courants secondaires horizontaux se réfléchissent sur la rive oppose et peuvent engendrer un affouillement au niveau de celle-ci.

b-3 -Protection par la végétation

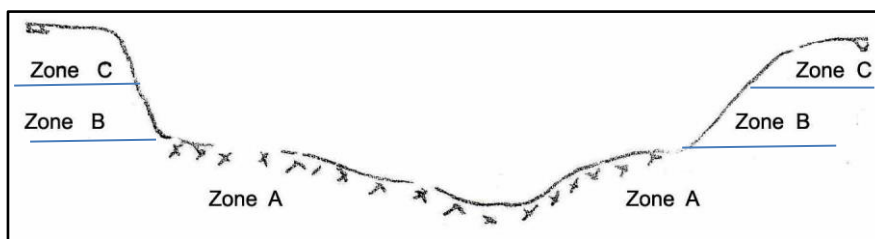
Il s'agit de pratiquer l'hénerbement sur les pentes défailantes dont les valeurs n'excèdent pas $\frac{1}{2}$ et sur les crêtes des digues. Les futaies (grandes forêts) sont déconseillées. Son role est de diminuer les vitesses en déconnectant les écoulements du lit mineur et majeur lors des débordements. Ceci entraîne un pouvoir érosif moindre au niveau de la rive protégée .Les dimensions des bandes boisées peuvent être les suivantes :

** 10 m : Rive interne, ** 15 m : Rive rectiligne, ** 20 m : Rive externe



b-4 -Protection mixte

Il est possible d'effectuer une protection adéquate en choisissant les matériaux en fonction des sollicitations de l'écoulement.



Zone A : Protection par enrochement range (pente 1/1) avec une bonne fondation

Zone B : Enrochement de diamètre inférieur ou des fascines .

Zone C : Enherbement

C) - Modification de l'écoulement.

1- Le but est d'éviter la réalisation d'ouvrages trop onéreux. La modification est possible en réduisant la Vitesse ou en changeant de direction à l'écoulement. Il faut aussi maintenir un chenal d'étiage, lequel en évoluant en profondeur peut éviter les débordements.

2-Avantages: La modification de l'écoulement permet de supprimer les inconvénients dus aux flaques d'eau et les chenaux stagnants qui peuvent être engendrés par:

- La végétation formant obstacle
- L'anastomose des rivières
- L'écoulement préférentiel générateur d'érosion.

Les diverses interventions peuvent être de type:

- Concentration de l'écoulement par les **épis**
- Fixation des courbes par des **épis** et des **digues**.
- Création de **seuils** pour combattre l'érosion de fond.
- scindement de méandres – rectification de courbure

3-Les digues: Elles sont de deux types : les **digues de crête** et les **digues de pied**.

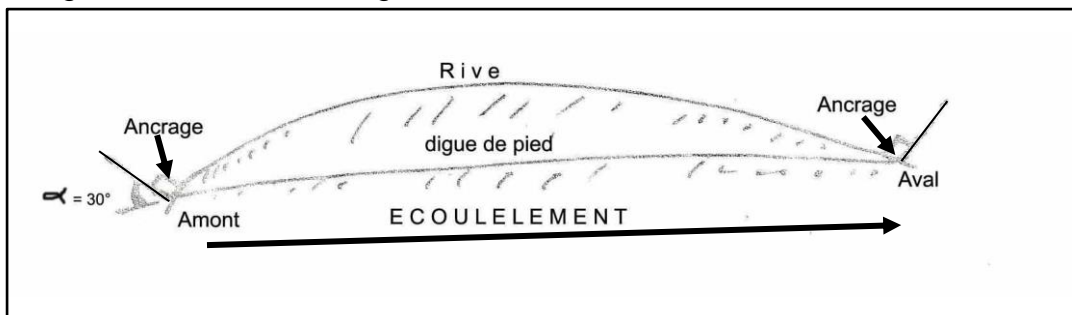
3-1.Les digues de crête : Servent à limiter le déversement et doivent s'adapter au débordement et respecter les critères principaux suivants :

- Bonne liaison avec le sol
- Bonne étanchéité (réalisation avec compactage).
- Enherbement.

3-2.Les digues de pied : Il s'agit de reconstituer une rive qui résiste mieux à l'érosion de pied avec de bonnes fondations ou de l'enrochement rangé (Gabions) Dans le cas de rivières à fonds mobiles, la granulométrie des matériaux à utiliser doit répondre aux formules indicatives suivantes:

$$D_{\min} (\text{Enrochement}) = d_{\min} (\text{Granulométrie du lit}) , \text{ ou } D_{50} = 4d_{50} , \text{ ou } D_{\text{Max}} = 2,5 d_{\text{max}}$$

Ces digues sont ancrées tangentiellement en rives , sans creux ni saillie .



Remarque: Lors de la construction des digues, il ne faut pas oublier d'assainir les terres et naval en prévoyant::

- Des bassins d'accumulation.
- Des collecteurs longitudinaux
- Des bues à clapets disposés perpendiculairement à l'axe de la rivière.

4- Les épis

Ils sont surtout utilisés sur les rivières à fond mobile avec un important transport par charriage. Ils agissent sur l'écoulement en créant des zones d'eaux mortes près des rives et concentrent le flot vers le centre du lit.

Avantages: - Créent un chenal au centre de la rivière.

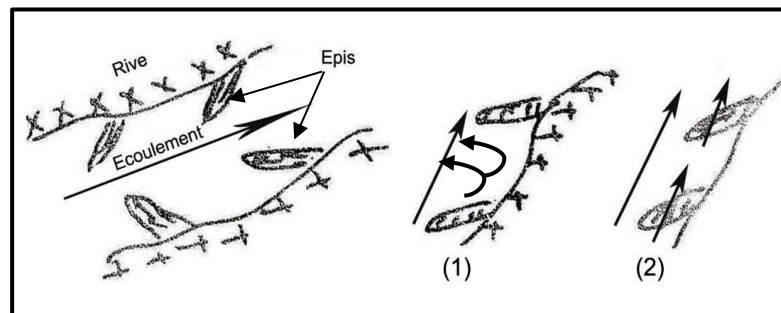
- Protègent la rive.
- Consolident la rive par le remblaiement des zones d'eaux mortes.

Remarque: - Après le remblaiement, si une érosion se produit, l'ossature des épis reste, ce qui permet d'éviter les effets de l'érosion.

- La tête des épis exige une protection efficace, car l'érosion est très active à cet endroit.

- Il faut aussi éviter l'affouillement de fond.

Orientation des épis

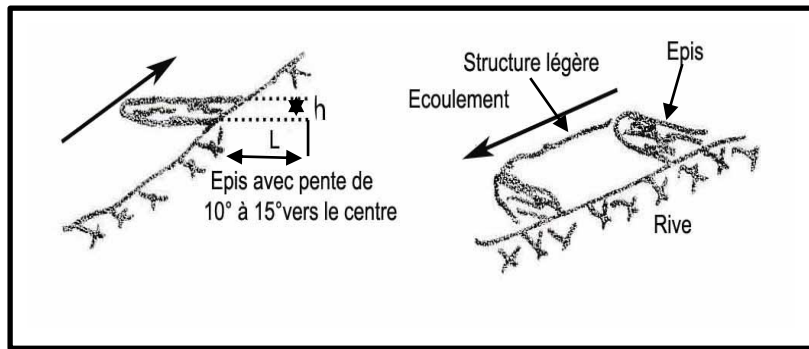


France: Les épis sont orientés vers l'amont de l'écoulement, celui-ci est ramené vers le centre.

- (1) Epis sans submersion : il y a des tourbillons
- (2) Epis avec submersion: il n'y a pas de tourbillons

USA : Les épis sont orientés vers l'aval (dans le sens de l'écoulement), et sont reliés par une structure légère.

Remarque: a) – La conception des épis orientés vers l'amont s'effectue avec un ancrage de hauteur $h = 1,5 \text{ m}$ et de longueur $L = 4 \text{ m}$. Cependant, ces chiffres sont donnés à titre indicatif; en réalité, tout dépend de la nature géologique de la rive



*Vue de l'aménagement mixte réalisé avec épis déflecteurs en enrochements, lits de plançons en pied de berge, plantations, ensemencement et géotextiles biodégradables (avril 1998)
(La Loire à Brives-Charensac)*

b) – Dans le cas d'une protection de pied en enrochement, les dimensions suivantes sont recommandées

Pente Moyenne : 1/1

Pente faible : 1/3.

Ecartement des épis : $e = 2 \text{ à } 3 L$ (l'écartement e est faible si les épis sont orientés vers l'aval)

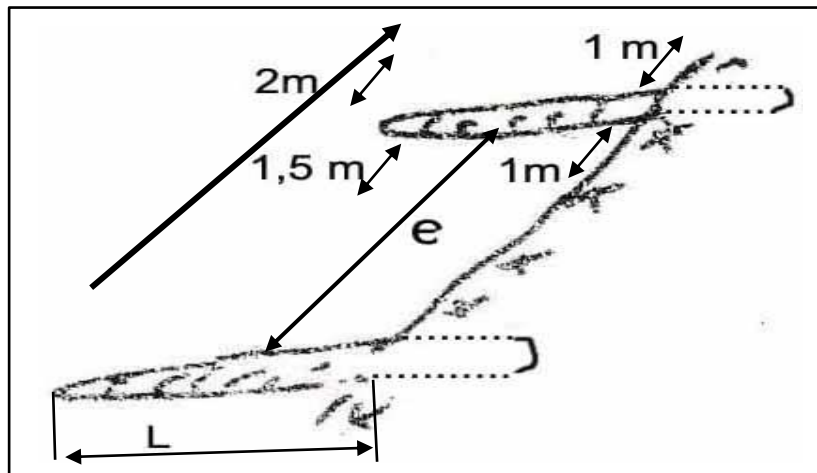
Conclusion

1)-La tendance actuelle est la construction d'épis en enrochements .L'ordre de grandeur du diamètre de l'enrochement peut être le suivant:

$D_{\min}(\text{enrochement}) = 0,8d_{\min}(\text{terrain})$ ou $D_{50}(\text{enrochement}) = 5d_{50}(\text{terrain})$ ou

$D_{\max}(\text{enrochement}) = 3d_{\max}(\text{terrain})$

2)-Les épis orientés en aval et reliés par une structure légère ,se présentent comme des cases fermées et stockent rapidement les produits de l'érosion lors de la submersion. A la longue ,épis et cases forment alors une digue longitudinale.



5 - Les seuils:

Ce sont des ouvrages naturels ou artificiels très répandus en rivière qui présentent les avantages et les inconvénients ci-après:

Avantages: - Ils provoquent l'augmentation du tirant d'eau en amont, ce qui permet de régler la ligne d'eau et diminuer ainsi la vitesse du courant.

- Ils permettent de stabiliser le profil longitudinal et le tracé en plan de la rivière.

Inconvénients :- La surélévation du plan d'eau en amont accentue le phénomène d'inondation

- Difficulté de gestion, lorsque le seuil est un ouvrage mobile.
- Problèmes écologiques en raison des faibles vitesses d'écoulement et du réchauffement de l'eau
- Problèmes esthétiques en raison de la transformation de la rivière en escalier artificiel.



Un « seuil à niveau variable » sur la **Meuse**. Les hausses permettent d'augmenter le niveau de stockage et d'améliorer la sécurité de l'ouvrage face aux crues.

Modalités de réalisation.

Le calcul d'un seuil peut s'effectuer simplement à l'aide de la relation $Q = f(H)$ au niveau d'une station hydrométrique. Il faut cependant respecter la dénivelée entre le niveau d'eau amont et aval, afin de mieux dimensionner le bassin de dissipation (fosse d'affouillement).

Enfin, un seuil doit être bien ancré sur les rives (protégées et naval du seuil) pour ne pas être contourné par l'écoulement.

Matériaux utilisés

- Pour les seuils fixes, on utilise des **matériaux rigides** comme le **béton** et des **matériaux souples** comme **l'enrochement**.

Remarque: La solution mixte (**enrochement** recouvert de **béton**) est déconseillée.

- Dans le cas de rivières à **fond mobile** avec **un seuil en enrochement**, le **bassin de dissipation** est remplacé par **une rempe en enrochement** dont le parement aval présente une **pente douce**.

Conclusion.

Quel que soit le type de seuil fixe ou mobile, le problème posé par ces ouvrages est l'accumulation de matériaux transportés généralement par charriage. Alors que ceux transportés par suspension ne sont pas concernés si la retenue est très longue.

6- SCINDEMENT DE MEANDERS – RECTIFICATION DE COURBURE

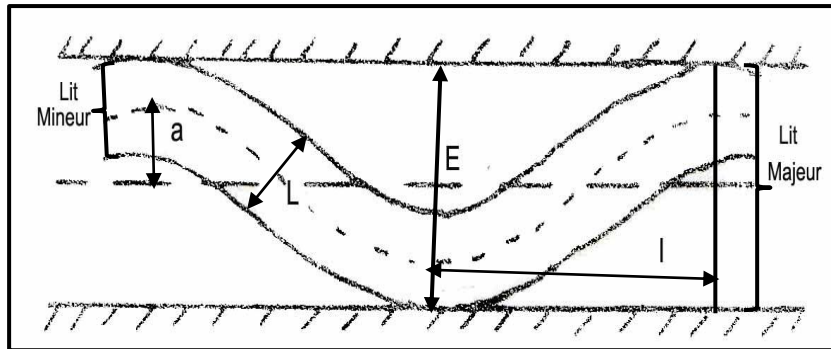
6-1. Scindement de méandres

Introduction: Dans la mesure du possible, on essaie d'éviter la rectification du tracé d'une rivière, car l'opération est délicate et les résultats peuvent être très souvent imprévus. Quoiqu'il en soit, la vigilance est de rigueur pour faire la part des résultats négatifs et positifs.

L'idée directrice est de s'inspirer d'un tronçon stable de la rivière à traiter. L'idéal est d'arriver à créer les conditions géomorphologiques qui s'y prêtent.

Principe:

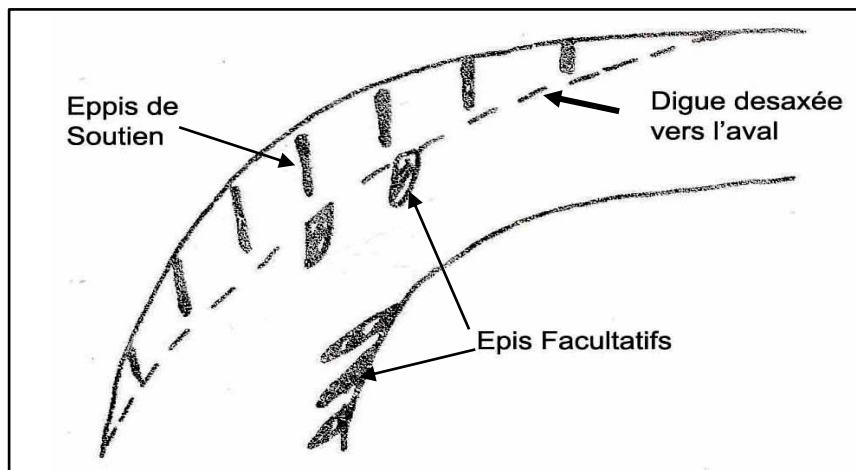
- Recréer un tracé conservant une courbure qui se raccorde tangentiellement au lit existant (sans creux, ni saillie).
- Prévoir des protections de courbure et de fond.
- Si la rivière est à fond mobile, avec une pente forte, il faut entièrement recréer un lit mineur dans un lit majeur rectiligne, comme le montre la figure ci-dessous.



Avec $L = E - 2a$, $l = 8 L$

6-2.Rectification de courbure

La rectification de courbure est simple quand la rivière est à fond mobile. Si la rivière est plus calme, il suffit de remblayer la rive externe avec des matériaux du lit et protéger le remblai avec de l'enrochement.



7 - Abandon des bras morts

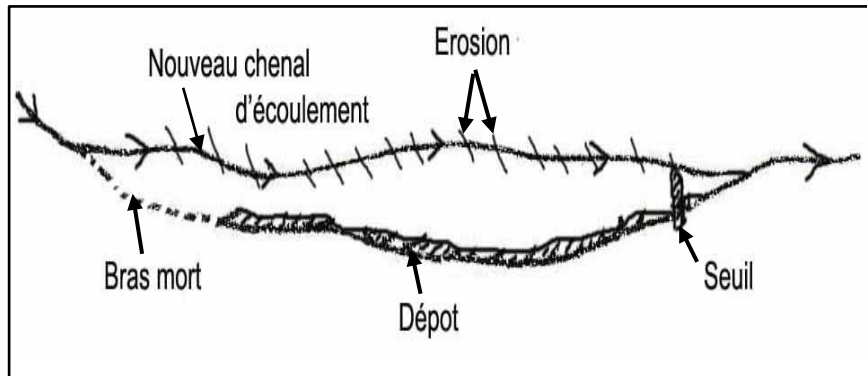
**Pour rendre les bras morts à la cote du terrain naturel, on procède dans le meilleur des cas au comblement de ces derniers, en évitant les dépressions locales.

**La conservation d'un bras mort en eau peut causer les méfaits suivants :

- Mauvaise qualité de l'eau stagnante
- Utilisation du bras mort par les crues, entraînant de l'érosion

**La meilleure solution est de créer un seuil en aval du bras mort, qui favorise le dépôt, pendant que sur le nouveau chenal, l'érosion est active. A la longue, il ne

restera qu'un chenal d'écoulement principal (sachant que tous les autres auront été comblés).



d) - Les gravières.

**L'exploitation de sable dans le lit mineur, ou dans le fond de la vallée, provoque des troubles de l'ensemble hydraulique (dynamique du lit, nappe alluviale, vie aquatique).

**On peut cependant exploiter, en créant un chenal principal pour l'écoulement tout en conservant une pente de ligne d'eau admissible par l'intermédiaire de seuils qui par la même occasion freinent l'érosion.

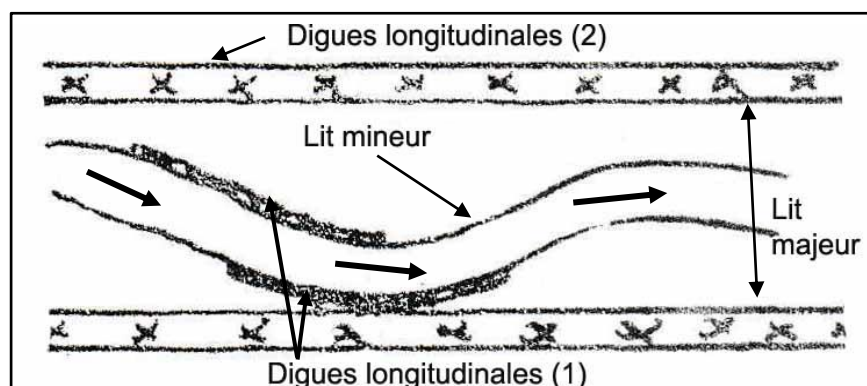
**Mais il faut admettre qu'une extraction importante sur une assez longue période, peut détruire la rivière surtout si l'apport solide n'est pas conséquent et non renouvelable.

**A la limite, une exploitation rationnelle peut être retenue, si on arrive (par le biais d'un modèle global) à estimer la quantité de sédiments transportés au cours d'épisodes pluvieux saisonniers ou annuels.

e) - Protection du lit majeur.

e) -1-Tracé du lit mineur et des digues longitudinales.

**Lorsqu'une crue se produit, l'écoulement a lieu dans le lit majeur, ce qui entraîne d'énormes dégâts provoqués par les débordements. Le but de la protection est de rendre ces débordements inoffensifs.



(1): digues longitudinales peu résistantes du fait des forces tractrices faibles
(2): digues longitudinales résistantes du fait des forces tractrices importantes
Lit majeur: Suppression des courants secondaires.

e)-2-Digues transversales – cloisonnement.

**Les digues transversales servent à ralentir l'écoulement dans le lit majeur et à stocker les eaux des crues les sensibles aux submersions.

**Les cotes de leur crêtes doivent être très régulières pour éviter tout écoulement préférentiel.

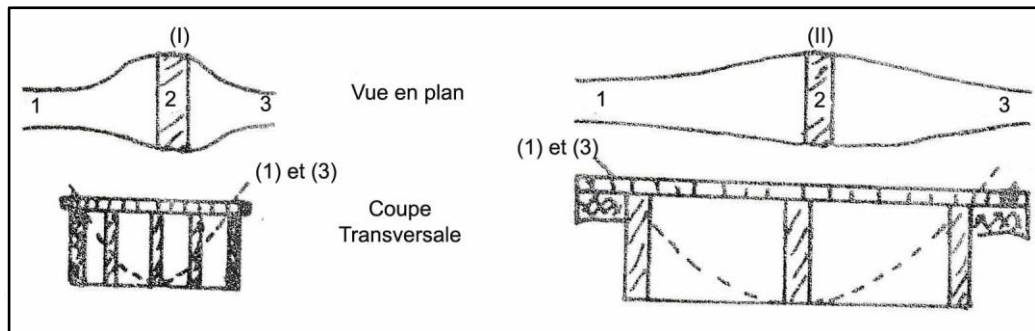
**Les eaux stockées, doivent être évacuées soit:

- Dans des bassins de stockage
- Par un collecteur latéral à la rivière
- Par des buses à clapets déversant dans la rivière.

f) - Ponts.

Ce sont des ouvrages réalisés au niveau des rivières .Ils doivent permettre le passage des crues.Lors de la réalisation, il faut éviter l'élargissement du lit mineur.

Exemples de réalisations. (I) :à éviter , (II) : Coneillé



Remarque:

Dans un lit très large ,il se produit un depot qui peut déplacer l'axe d'écoulement general et entrainer la destruction de l'ouvrage.