

Université Badji Mokhtar –Annaba
Faculté des Sciences de l'ingénierat
Département d'Hydraulique

AMÉNAGEMENT HYDRAULIQUES

Dr. BOUTAGHANE Hamouda
E-Mail du cours : gestioncrue@gmail.com

2019/2020

Licence Hydraulique Département d'Hydraulique

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

□ 1.1 INTRODUCTION

Ce premier chapitre présente la terminologie décrivant les cours d'eau, les vues transversales et longitudinales, les caractéristiques géométriques et les types d'écoulement susceptibles d'être rencontrés.

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

□ DÉFINITIONS

De nombreux termes sont utilisés pour désigner les structures dans lesquelles l'eau s'écoule. Voici les principaux termes et les définitions que le dictionnaire Larousse en donne :

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

4

□ DÉFINITIONS

Cours d'eau (مجرى مائي): tout chenal dans lequel s'écoule un flux d'eau continu ou temporaire. Il est un terme général pour désigner un fleuve, une rivière, un ruisseau, un torrent, un oued.



DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

5

□ DÉFINITIONS

Canal (قناة): un chenal artificiel creusé par l'homme et utilisé soit pour la navigation ou le flottage, soit pour l'irrigation ou l'assèchement de certaines régions. Les canaux suivent en général de longues lignes droites.



DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

6

□ DÉFINITIONS

Il existe un grand nombre de mots pour désigner les différents types de cours d'eau.

Ruisseau (جدول مائي) : petit cours d'eau, de faible largeur et de longueur limitée, alimentée par des sources d'eau naturelles, souvent affluent d'un étang, d'un lac ou d'une rivière. Les ruisseaux se trouvent à la tête des bassins versants.



DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

7

□ DÉFINITIONS

Rivière (نهر): cours d'eau moyennement important, à écoulement continu ou intermittent, suivant un tracé défini et se jetant dans un autre cours d'eau, un lac, une mer. Abondant, et particulièrement celui qui se jette dans un fleuve.



Chapitre 1

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

8

□ DÉFINITIONS

Fleuve نهر : cours d'eau important, long et au débit élevé, comptant de nombreux affluents et se jetant dans la mer.



DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

9

□ DÉFINITIONS

Oued وادي: terme d'origine arabe désignant un cours d'eau temporaire dans les régions arides ou semi-arides. Son écoulement dépend des précipitations et il peut rester à sec pendant de très longues périodes.



DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

10

□ DÉFINITIONS

Torrent (سيل): cours d'eau au débit rapide et régulier, situé sur une pente plus ou moins prononcée. Les torrents se retrouvent sur des terrains accidentés ou en montagne. Ce terme est utilisé principalement pour désigner les cours d'eau de montagne avec un lit rocheux et encaissé.



DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

□ DÉFINITIONS

Fossé خندق : fosse creusé en long dans le sol servant à l'écoulement des eaux, à la séparation des terrains (ex. fossé de voie publique ou privée, fossé mitoyen, fossé de drainage).

Émissaire : canal d'évacuation des eaux de drainage.

Dans ce cours , nous n'utiliserons que les termes "cours d'eau" et "canal".

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

□ DÉFINITIONS

Aval et amont

L'amont (vers la montagne) est la partie la plus élevée du cours d'eau du point de vue de l'observateur et l'aval (vers la vallée) est la partie la plus basse.

Rives gauche et droite

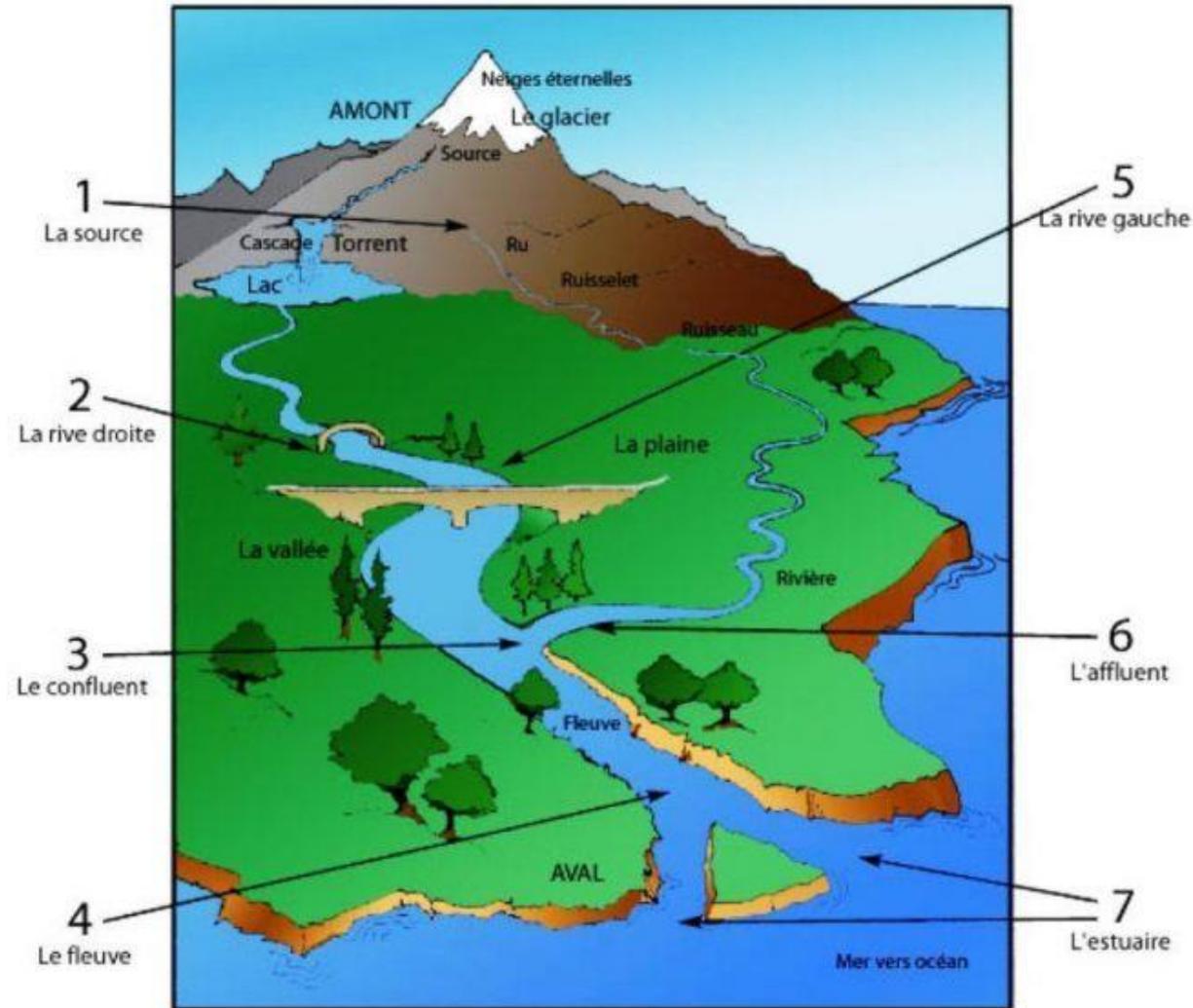
La rive gauche et la rive droite d'un cours d'eau sont identifiées par un observateur se déplaçant dans le sens de l'écoulement de l'eau, de l'amont vers l'aval.

Chapitre 1

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

13

□ DÉFINITIONS



DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

□ COURS D'EAU -- VUE TRANSVERSALE

1 Lit du cours d'eau

Le niveau d'eau et l'espace occupé par le cours d'eau varie en fonction de son débit. Un cours d'eau analysée selon sa coupe transversale (figure 1.1) présente une section principale occupée par les écoulements normaux (appelé lit mineur) et une plaine d'inondation occupée lorsque le cours d'eau est en crue.

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

15

Les principaux termes sont :

Lit : désigne tout l'espace occupé, en permanence ou temporairement, par un cours d'eau.

Lit mineur : lit du cours d'eau en écoulement normal.

Lit majeur : lit qu'occupe le cours d'eau lors des crues, incluant les zones inondées.

Lit d'étiage ou chenal d'étiage : partie du cours d'eau occupé lors des étiages.

Plaine d'inondation : zone de terrain inondée lors du chenal du cours d'eau lorsque le cours d'eau est en crue.

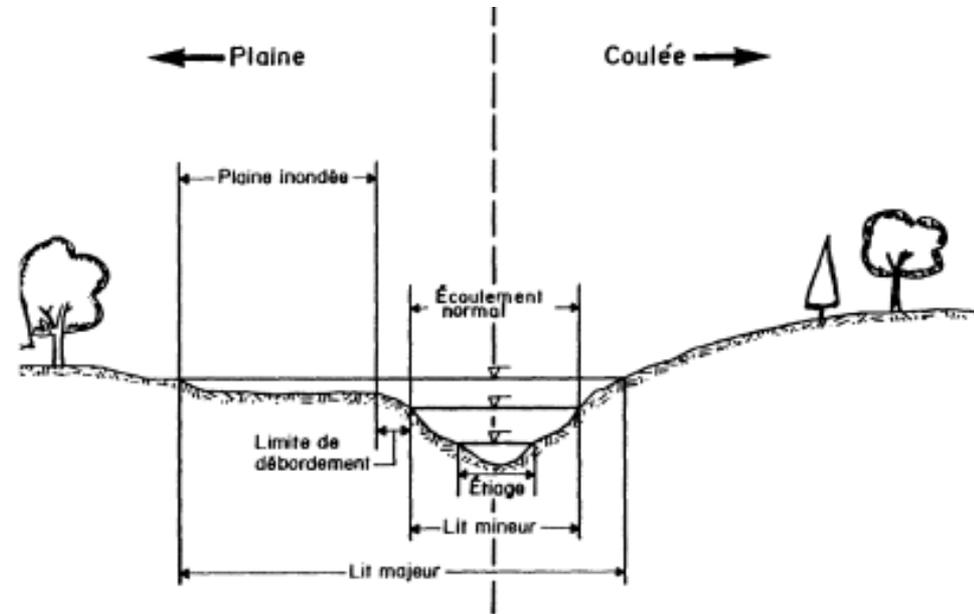


Figure 1.1 Coupe transversale d'un cours d'eau.

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

16

- La **berge** est la portion de terrain qui limite tout cours d'eau et elle est subdivisée en deux parties (figure 1.) :
- **talus** proprement dit, qui n'est qu'occasionnellement en contact avec le courant et qui est situé au-dessus du niveau moyen des eaux.
- **pied de talus** : la zone du talus soumise à l'action quasi permanente du courant et qui est située sous le niveau moyen des eaux ;

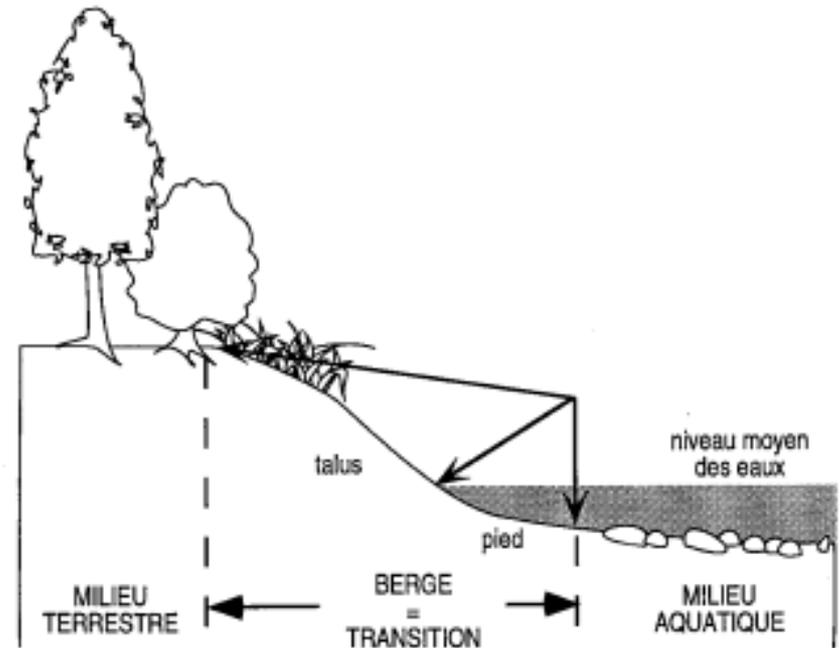


Figure 1.2 La berge dans un cours d'eau (Verniers, 1995).

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

17

- La limite inférieure de la berge est le point le plus bas du pied (fond du lit); la limite supérieure étant le point le plus haut du talus au-delà duquel on considère la plaine alluviale. Ces limites déterminent ce que l'on appelle le lit mineur du cours d'eau.
- La berge, c'est aussi la zone de transition entre le milieu aquatique et le milieu terrestre. De par cette 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.

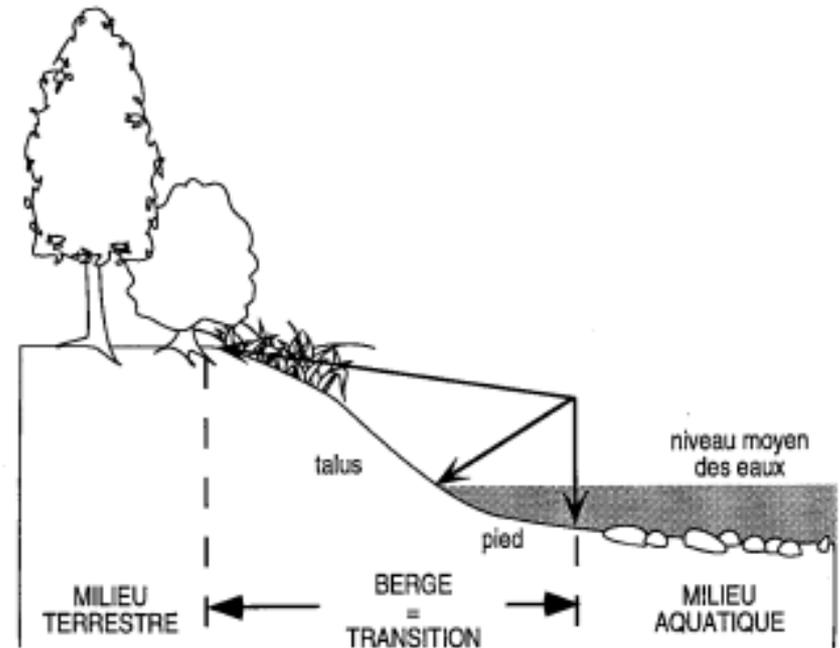


Figure 1.2 La berge dans un cours d'eau (Verniers, 1995).

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

18

COURS D'EAU -- VUE LONGITUDINALE

L'espace longitudinal et latéral qu'occupe un cours d'eau et ses composantes (chenal principal et plaine d'inondation) est appelé **“corridor du cours d'eau”** (figure 1.3). La figure présent aussi les principaux termes utilisés.

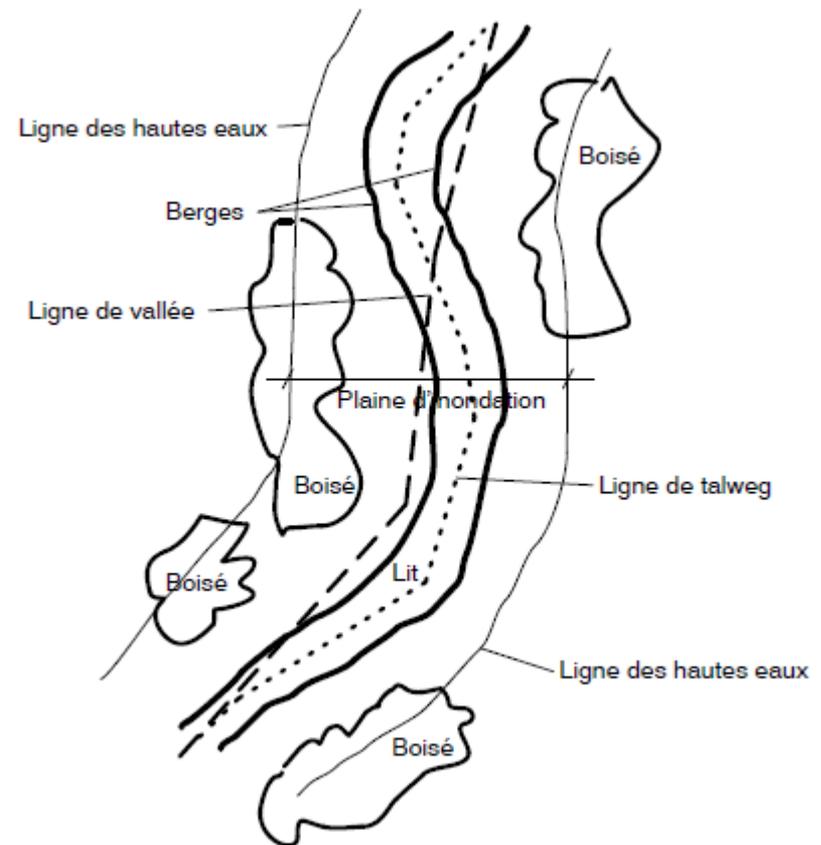


Figure 1.3 Concept de corridor d'un cours d'eau.

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

19

COURS D'EAU -- VUE LONGITUDINALE

La description longitudinale d'un cours d'eau est souvent représentée par **le profil longitudinal** (figure 1.4) qui représente l'élévation du fond du cours d'eau en suivant la ligne du talweg du cours d'eau (endroit le plus profond).

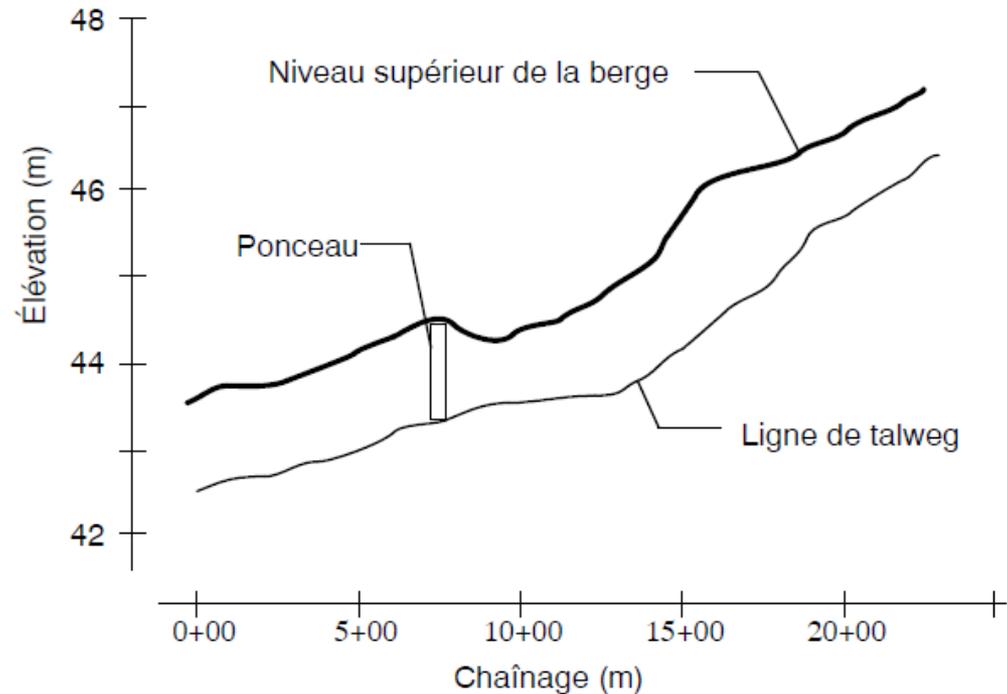


Figure 1.4 Profil longitudinal d'un cours d'eau.

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

20

COURS D'EAU -- VUE LONGITUDINALE

Le haut de la berge et les structures (ponceaux, barrages, etc.) installées le long du cours d'eau peuvent aussi y être présentés.

Un cours d'eau peut être divisé en tronçons à l'intérieur desquelles les caractéristiques sont similaires ou relativement uniformes.

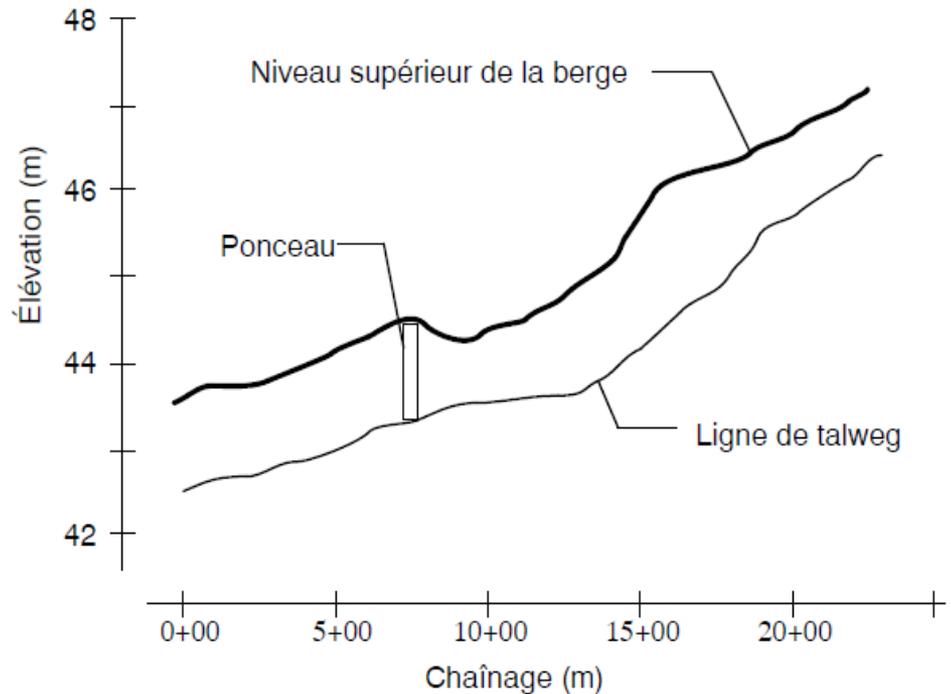


Figure 1.4 Profil longitudinal d'un cours d'eau.

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

COURS D'EAU -- VUE LONGITUDINALE

La sinuosité est définie comme le rapport de la longueur de la ligne de talweg sur la longueur de la ligne de vallée pour un tronçon.

$$\text{Sin} = L_{ta} / L_{va}$$

$\text{Sin} = \text{sinuosité}$

$L_{ta} = \text{Longueur de la ligne de talweg (L)}$

$L_{va} = \text{Longueur de la ligne de vallée (L)}$

Lorsque cette valeur est supérieure à 1,3, le tronçon du cours d'eau est considéré comme sinueux.

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

22

CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES

Définitions des caractéristiques

Section "A" : *Section normale à la direction de l'écoulement et au travers de laquelle l'eau s'écoule (L2).*

Périmètre mouillé "P" : *Longueur de la ligne de contact entre le canal et l'eau dans un plan normal à la direction de l'écoulement (L).*

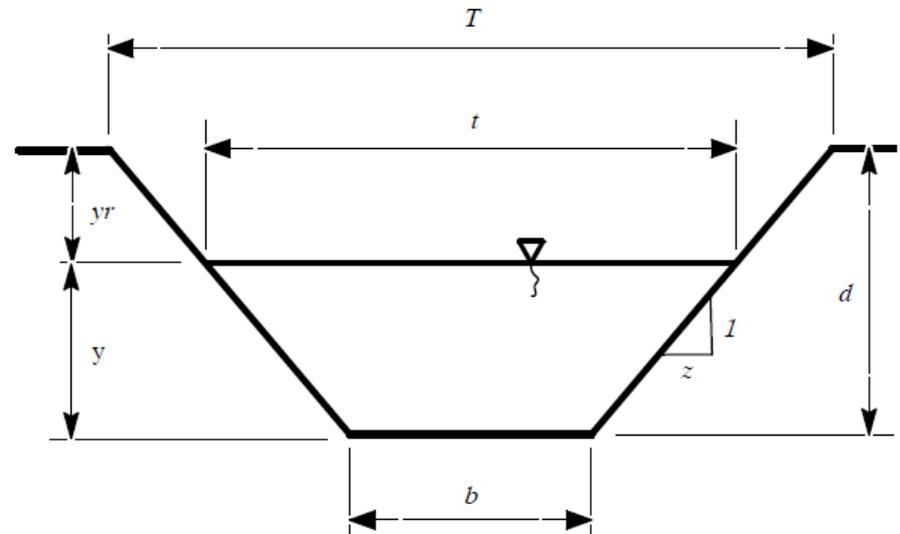


Figure 1.5 Canal trapézoïdal et définition des termes.

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

23

CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES

Définitions des caractéristiques

Rayon hydraulique “ R_h ” : Rapport entre la section d'écoulement “ A ” et le périmètre mouillé “ P ” (L).

$$R_h = A/P$$

Profondeur d'écoulement ou hauteur d'eau “ y ” : Épaisseur d'eau dans le cours d'eau au-dessus du fond (L).

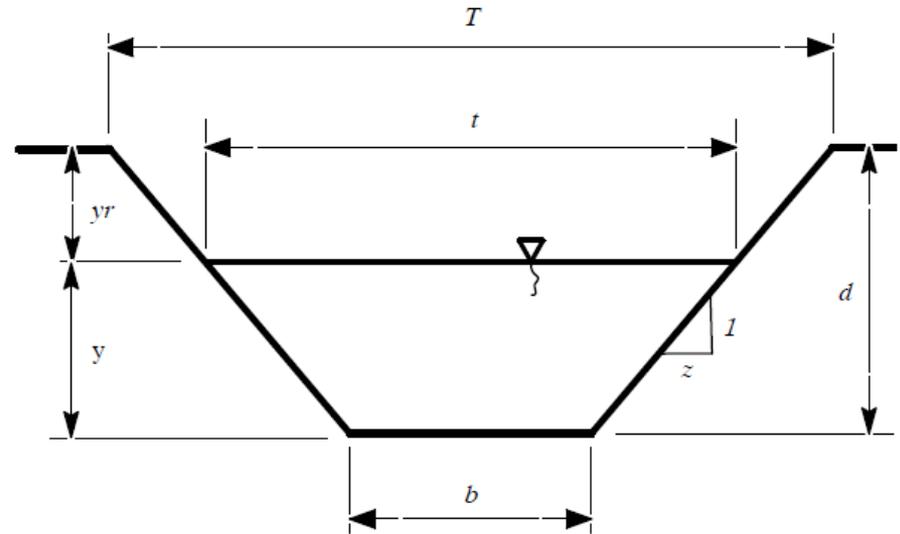


Figure 1.5 Canal trapézoïdal et définition des termes.

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

24

CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES

Définitions des caractéristiques

Pente des talus “z:1” : La pente d'un talus est le déplacement horizontal pour une élévation unitaire du talus (L/L). Chaque talus peut avoir sa pente propre.

Largeur au fond ou largeur au plafond “b” : *Largeur du cours d'eau au bas de la section (L)*

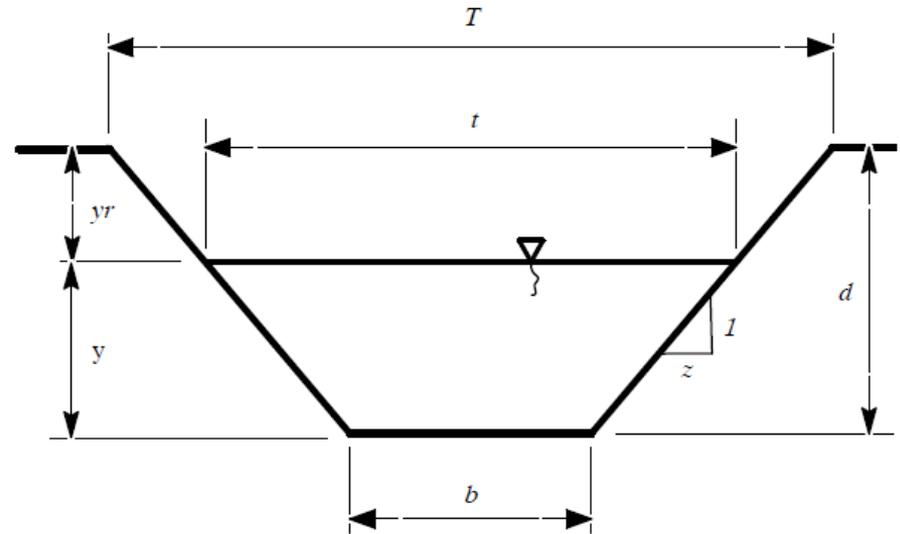


Figure 1.5 Canal trapézoïdal et définition des termes.

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

25

CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES

Définitions des caractéristiques

Largeur au fond ou largeur au plafond “ b ” : Largeur du cours d'eau au bas de la section (L)

Largeur de surface ou largeur au miroir “ t ” : Largeur de la surface libre de l'eau dans le canal (L).

$$t = dA/dy$$

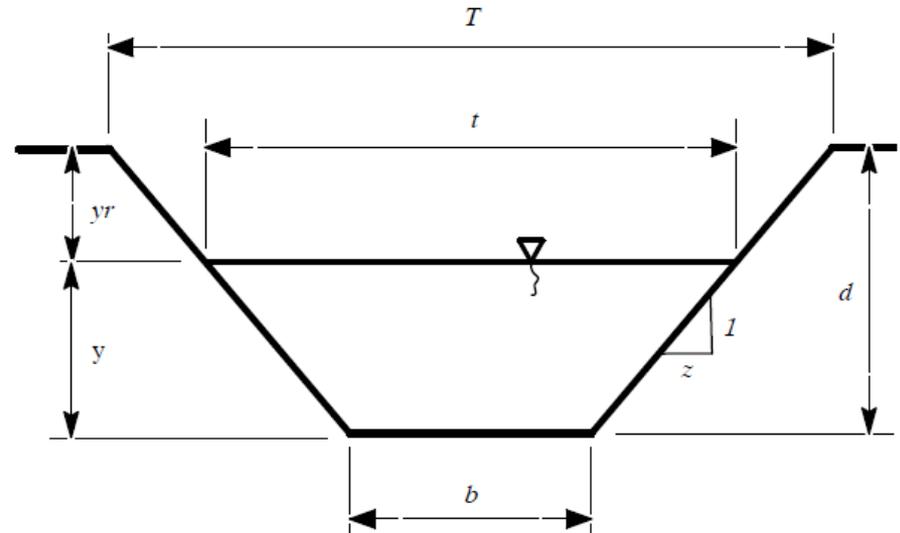


Figure 1.5 Canal trapézoïdal et définition des termes.

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

26

CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES

Définitions des caractéristiques

Largeur du canal ou largeur d'ouverture "T" : Largeur du canal d'une rive à l'autre (L).

Revanche "yr" : Hauteur libre considérée au-dessus du plan d'eau lors de la conception ou différence entre la profondeur du cours d'eau "d" et la *profondeur d'écoulement* (L).

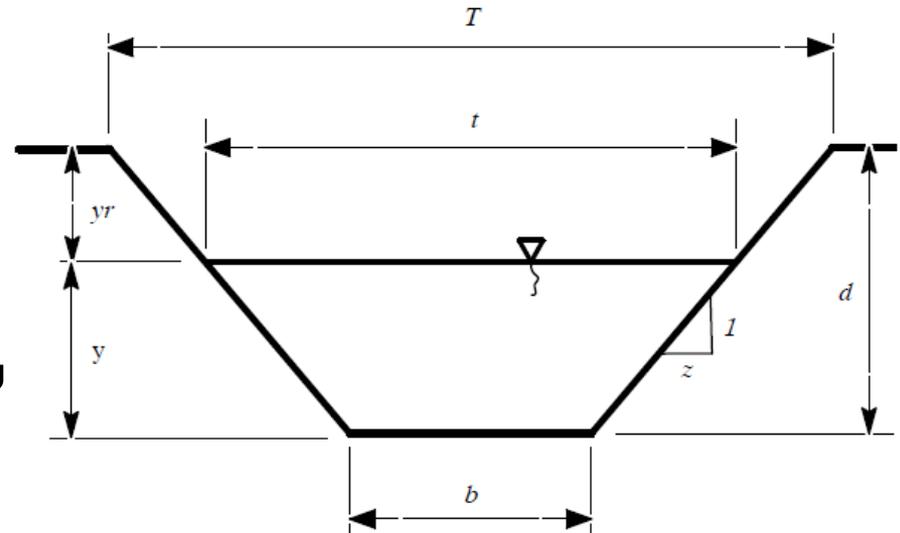


Figure 1.5 Canal trapézoïdal et définition des termes.

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

27

CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES

Définitions des caractéristiques

Profondeur hydraulique “ D ” :

Rapport entre la section d'écoulement et la largeur de la surface libre de l'eau (L).

$$D = A/t$$

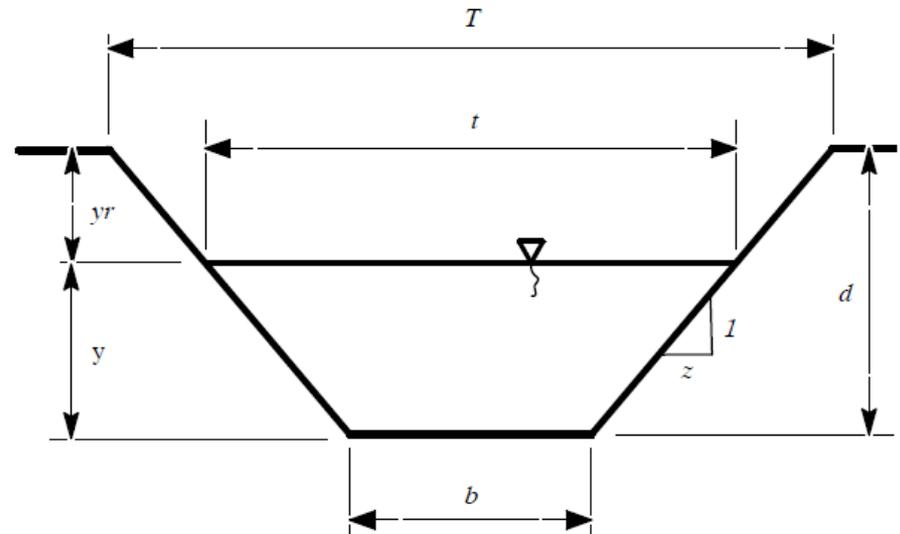
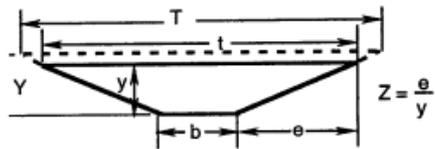


Figure 1.5 Canal trapézoïdal et définition des termes.

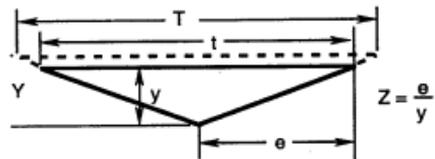
DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

CANAUX ET COURS D'EAU NATUREL

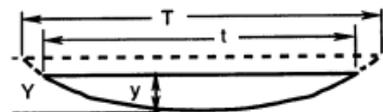
Le tableau 1.1 présente les équations des principales caractéristiques précédemment définies pour les principaux types de canaux réguliers. Lorsque nous sommes en présence de cours d'eau naturels, la géométrie est irrégulière et complexe.



Aire, A	Périmètre humide, p	Rayon hydraulique, Rh	Largeur maximale
$by + Zy^2$	$b + 2y\sqrt{Z^2 + 1}$	$\frac{by + Zy^2}{b + 2y\sqrt{Z^2 + 1}}$	$t = b + 2yZ$ $T = b + 2YZ$



Zy^2	$2y\sqrt{Z^2 + 1}$	$\frac{Zy}{2\sqrt{Z^2 + 1}}$ ou approx. $y/2$	$t = 2yZ$ $T = \frac{Y}{y}t$
--------	--------------------	---	---------------------------------



$\frac{2}{3}ty$	$t + \frac{8y^2}{3t}$	$\frac{t^2y}{1.5t^2 + 4y^2}$ ou approx. $\frac{2y}{3}$	$t = \frac{A}{0.67y}$ $T = t\left(\frac{Y}{y}\right)^{1/2}$
-----------------	-----------------------	--	--

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

CANAUX ET COURS D'EAU NATUREL

Le tableau 1.1 présente les équations des principales caractéristiques précédemment définies pour les principaux types de canaux réguliers. Lorsque nous sommes en présence de cours d'eau naturels, la géométrie est irrégulière et complexe.

La section d'un cours d'eau est représentée par une coupe transversale détaillée. La section peut être parfois décrite par une combinaison de sections régulières. Dans les cas plus complexes, la géométrie peut être représentée par les élévations du terrain (lits, berge et zone d'inondation) prise de façon perpendiculaire au cours d'eau. Le talweg est considéré comme le centre de la section. Les propriétés sont calculées par des méthodes graphiques ou numériques en fonction de la hauteur d'eau au-dessus du fond (talweg) et elle sont présentées sous forme de tableau.

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

TYPES D'ÉCOULEMENT

Les différents types d'écoulement sont classifiés selon les variations du débit ou les variations des sections dans un cours d'eau.

Écoulement stable : L'écoulement est considéré stable lorsque le débit demeure constant à une section donnée. L'écoulement tend à être stable dans les rivières sauf pendant les périodes de ruissellement intense.

Écoulement instable : L'écoulement est considéré instable lorsque le débit varie à une section donnée. Ce type d'écoulement se rencontre dans les canaux de dérivation, les évacuateurs de crue, etc.

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

TYPES D'ÉCOULEMENT

Écoulement uniforme : L'écoulement est considéré uniforme lorsqu'il est stable et que sa vitesse d'écoulement est stable d'une section à l'autre. Le canal ou le cours d'eau doit avoir une section et une pente constantes.

Écoulement non uniforme : L'écoulement est considéré non uniforme lorsque sa vitesse moyenne change d'une section à l'autre du cours d'eau. L'écoulement est non uniforme lorsque la section d'un cours d'eau varie. Il est aussi non uniforme à l'entrée d'un ponceau, au-dessus d'un barrage. Il existe deux types d'écoulement non uniforme: l'écoulement graduellement varié et l'écoulement rapidement varié.

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

TYPES D'ÉCOULEMENT

Écoulement graduellement varié : Lorsque la section d'écoulement change graduellement à cause de la présence d'un obstacle comme un barrage, un pilier ou un ponceau, l'écoulement est considéré comme graduellement modifié.

Écoulement rapidement varié : L'écoulement rapidement modifié se produit en général lorsque l'écoulement passe du régime fluvial au régime torrentiel ou l'inverse. Ce type d'écoulement se rencontre dans les chutes, les ressauts et les ponceaux. Si l'équation d'énergie décrit l'état final ou initial de cet écoulement, elle nous permet difficilement d'en prédire les états intermédiaires. En général, ces situations d'écoulement rapidement modifié sont décrites par des modèles semi-empiriques.

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

OBJECTIFS DES AMENAGEMENTS

Les objectifs de l'aménagement des cours d'eau sont regroupés en trois classes :

- Protection contre les risques
- Protection ou amélioration des usages
- Protection du milieu

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

34

OBJECTIFS DES AMENAGEMENTS

- ❑ Protection contre les risques

Objectifs	Actions
❖ Protection contre les crues en milieu rural	<ul style="list-style-type: none">• Amélioration de l'écoulement

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

35

OBJECTIFS DES AMENAGEMENTS

- Protection contre les risques



Cours d'eau rectifié et recalibré



Cours d'eau aux méandres et annexes naturelles

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

36

OBJECTIFS DES AMENAGEMENTS

❑ Protection contre les risques

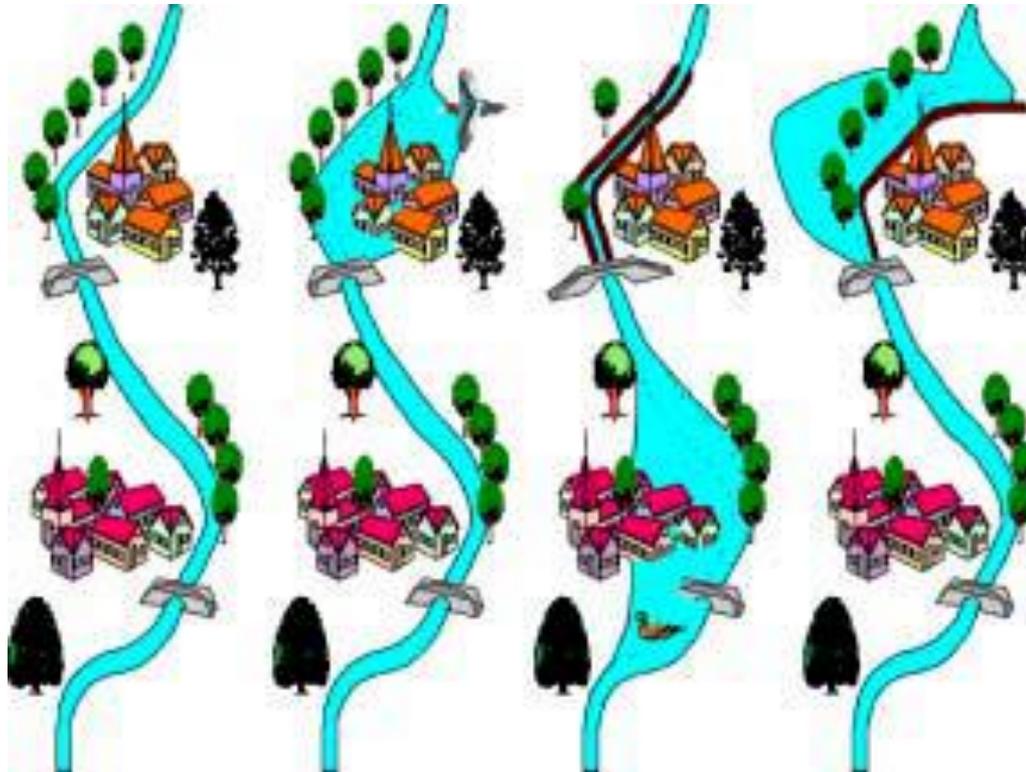
Objectifs	Actions
❖ Protection contre les crues en milieu rural	<ul style="list-style-type: none">• Amélioration de l'écoulement• favoriser les débordements en amont

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

37

OBJECTIFS DES AMENAGEMENTS

- Protection contre les risques



DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

38

OBJECTIFS DES AMENAGEMENTS

❑ Protection contre les risques

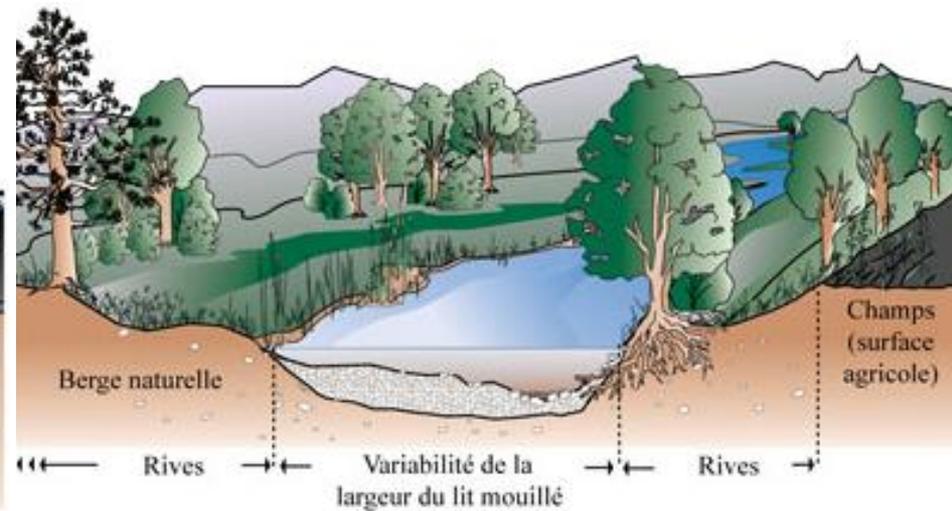
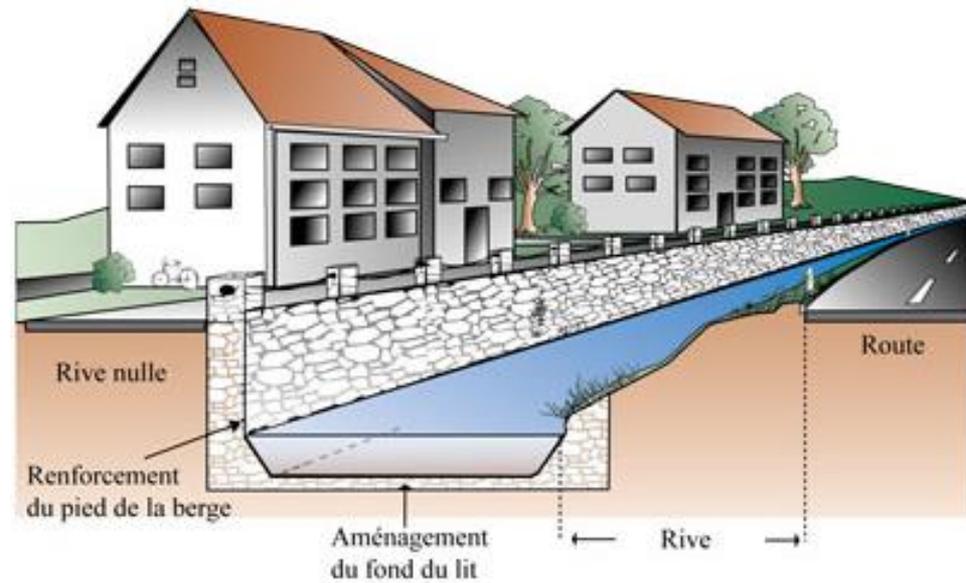
Objectifs	Actions
❖ Protection contre les crues en milieu rural	<ul style="list-style-type: none">• Amélioration de l'écoulement• Favoriser les débordements en amont
❖ Protection contre les crues en milieu urbain	<ul style="list-style-type: none">• Endiguements

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

39

OBJECTIFS DES AMENAGEMENTS

- Protection contre les risques



DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

40

OBJECTIFS DES AMENAGEMENTS

- Protection contre les risques



DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

41

OBJECTIFS DES AMENAGEMENTS

❑ Protection contre les risques

Objectifs	Actions
❖ Protection contre les crues en milieu rural	<ul style="list-style-type: none">• Amélioration de l'écoulement• favoriser les débordements en amont
❖ Protection contre les crues en milieu urbain	<ul style="list-style-type: none">• Amélioration de l'écoulement• endiguements• Favoriser les débordements en amont
❖ Protection des berges	<ul style="list-style-type: none">• Revêtements, végétations, seuils

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

42

OBJECTIFS DES AMENAGEMENTS

- Protection contre les risques



DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

43

OBJECTIFS DES AMENAGEMENTS

□ Protection contre les risques

Objectifs	Actions
❖ Protection contre les crues en milieu rural	<ul style="list-style-type: none">• Amélioration de l'écoulement• favoriser les débordements en amont
❖ Protection contre les crues en milieu urbain	<ul style="list-style-type: none">• Amélioration de l'écoulement• endiguements• Favoriser les débordements en amont
❖ Protection des berges	<ul style="list-style-type: none">• Revêtements, végétations, seuils
❖ Protections contre l'érosion du lit majeur	<ul style="list-style-type: none">• Ralentir l'écoulements: haies, digues transversales

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

44

OBJECTIFS DES AMENAGEMENTS

- Protection contre les risques



DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

45

OBJECTIFS DES AMENAGEMENTS

□ Protection ou amélioration des usages

Objectifs	Actions
❖ Paysages	• Plantations, sentiers, dégagement
❖ Loisirs	• Sentiers, banc, débroussaillages
	• Passage a canoé
❖ Pêche	• Accessibilité, passe a poisson
❖ Qualité de l'eau	• Traitement et limitation des rejets

DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

46

OBJECTIFS DES AMENAGEMENTS

□ Protection du milieu

Objectifs	Actions
❖ Vie aquatique	<ul style="list-style-type: none">• Traitement et limitation des rejets• Préservation des habitats
❖ Préservation faune et flore	<ul style="list-style-type: none">• Connexions mineurs-majeurs• Espace de bon fonctionnement
❖ Dynamique du transport solide	