

# **Cours**

## **Ouvrage des systèmes d'irrigation**

**Spécialité : Sol et eau**

# Ouvrage des systèmes d'irrigation

## I- Captage des eaux

### I-1- Les barrages

**I-1-1- Définition :** Ouvrage artificiel coupant le lit d'un cours d'eau et servant soit à en assurer la régulation, soit à pourvoir à l'alimentation des villes ou à l'irrigation des cultures, ou bien à produire de l'énergie.

#### I-1-2- Classement des barrages

**Barrages de classe A :** h supérieure ou égale à 20 m

**Barrages de classe B :** h supérieure ou égale à 10 m et  $h^2 \times V^{0.5}$  supérieur ou égal à 200

**Barrages de classe C :** h supérieure ou égale 5 m et  $h^2 \times V^{0.5}$  supérieur ou égal à 20

**Barrages de classe D :** h supérieure ou égale à 2 m

**NB :** h est, en mètres, la hauteur du barrage au-dessus du terrain naturel et V le volume du réservoir en millions de m<sup>3</sup>.

#### I-1-3- Fonctions des barrages

Les barrages ont une ou plusieurs fonctions, répondant à une ou plusieurs demandes :

- Approvisionnement en eau (consommation, agriculture)
- Production hydroélectrique
- Contrôle d'inondation et soutien d'étiage
- Contrôle du lit du cours d'eau
- Tourisme aquatique

#### I-1-4- Types et critères de choix

**Grands barrages fixes (constitution de réserves d'eau) :**

- Géographie du bassin versant
- Géologie du bassin versant
- Hydrologie du bassin
- Hydraulique et sédiments du cours d'eau
- Climatologie
- Tectonique
- Environnement
- Economie

**Petits barrages fixes (réserve) ou barrages mobiles (relèvement du fil d'eau) :**

- Géographie, géologie et morphologie du cours d'eau (local)
- Régime hydraulique du cours d'eau

- Régime sédimentologique du cours d'eau
- Régime des glaces et débris flottants
- Environnement
- Economie du projet

#### **I-1-5- Eléments d'un barrage**

**a- La digue du barrage :** Une digue est un remblai longitudinal, naturel ou artificiel, le plus souvent composé de terre. La fonction principale de cet ouvrage est d'empêcher la submersion des basses-terres se trouvant le long de la digue par les eaux d'un lac, d'une rivière ou de la mer.

##### **a-1- Classement des digues**

- **Digues de classe A :** hauteur supérieure ou égale à 1 m et nombre d'habitants dans la zone protégée supérieur ou égal à 50000
- **Digues de classe B :** hauteur supérieure ou égale à 1 m et nombre d'habitants dans la zone protégée supérieur ou égal à 1000
- **Digues de classe C :** hauteur supérieure ou égale à 1 m et nombre d'habitants dans la zone protégée supérieur ou égal à 10
- **Digues de classe D :** hauteur inférieure à 1 m ou nombre d'habitants dans la zone protégée inférieur à 10.

##### **b- L'évacuateur de crue**

Un **déversoir** ou **évacuateur de crue** est une structure construite pour dériver ou évacuer l'eau retenue derrière un vannage ou barrage fixe, dont la hauteur excèderait une certaine limite (par exemple la crête de l'ouvrage).

Un déversoir assure diverses fonctions :

- Envoyer un « trop plein » d'eau vers un « bras de décharge », pour étaler une crue quand le débit en amont provoque une montée d'eau incompatible avec la capacité d'absorption des vannages ou de moulins recevant cette eau.

- Conserver une hauteur minimale d'eau en amont d'un bief (les biefs servaient aussi de réserve d'eau et de poissons nourris par les déchets de meunerie et vers de farines sous les moulins à eau produisant le froment ou d'autres farines). Maintenir en amont du déversoir une hauteur importante d'eau dans la rivière permettait aussi d'utiliser des pierres gélives (moins coûteuses et plus facile à tailler) pour les radiers, les fondations et la partie basse et immergée des maçonneries de berges.

- permettre un débit de fuite, détournant la rivière lorsqu'il faut la barrer provisoirement pour l'assécher en aval, afin par exemple d'y faire des travaux (de réfection d'un radier, d'un vannage, d'un mur, ou d'un support de roue à aubes.
- certains déversoirs peuvent être conçus comme passe à poissons.

### **c- L'évacuateur de fond**

Les vidanges de fond ou de demi-fond ne sont pas à proprement parler des évacuateurs de crue, mais il convient de ne pas minimiser leur importance. Dans certains cas, lorsque les débits à évacuer ne sont pas trop forts, ces organes peuvent suffire à préserver l'ouvrage de tout danger de submersion sinon, ils peuvent contribuer efficacement à éliminer une fraction importante du volume total à évacuer.

## **II- La prise d'eau**

Les ouvrages de prise d'eau servent à régler en permanence le débit d'eau qui pénètre dans l'étang. Il est plus ou moins nécessaire de construire un ouvrage de ce genre suivant le type d'alimentation en eau utilisé.

Une prise d'eau est inutile en cas d'alimentation exclusive par les eaux de pluie ou de ruissellement, la nappe phréatique ou une source située à l'intérieur de l'étang, ou dans le cas d'un étang de barrage construit directement sur le cours d'eau qui l'alimente.

Une prise d'eau peut être construite pour un étang approvisionné par un canal d'alimentation, par exemple par l'eau dérivée d'une rivière, une source extérieure à l'étang, un puits ou une pompe.

### **II-1-Les stations de pompage**

Les stations de pompage sont parfois nécessaires sur certains réseaux d'égouttage ou de collecte. Elles permettent par exemple de refouler les eaux qui s'écoulent dans un bassin versant opposé à celui dans lequel se situe la station d'épuration. Cette station de pompage remplace alors économiquement la station d'épuration qui aurait été construite pour ce versant.

### **II-2- Les prises d'eau principales**

Les prises d'eau principales servent à régler globalement et à dériver l'alimentation en eau d'un étang ou d'un groupe d'étangs. Dans nombre de cas, elles se distinguent des ouvrages de transport de l'eau et des ouvrages d'arrivée plus petits, qui approvisionnent et règlent le débit d'alimentation de chaque étang individuellement.

Une prise d'eau a essentiellement pour rôle d'assurer une alimentation régulière en eau, susceptible d'être réglée en fonction des conditions présentes.

### **II-3- Classification**

Il y a deux principaux types de prises d'eau:

**Une prise d'eau ouverte ou à niveau libre** dans laquelle les niveaux d'alimentation ne sont pas contrôlés et où la prise fonctionne dans toutes les conditions de débit; ce système est simple et relativement à bon marché, mais il exige généralement une alimentation en eau fiable et qui ne varie pas trop;

**Une prise d'eau à niveau régularisé**, comportant en aval un ouvrage de dérivation dans le cours d'eau pour y maintenir les niveaux d'eau dans diverses conditions de débit; ce système plus onéreux mais plus fiable garantit un approvisionnement en eau constant.

### **II-4- Cas des prises d'eau avec barrage**

La prise d'eau est en quelque sorte l'entonnoir qui capte et dirige l'eau vers la centrale. Une prise d'eau adaptée aux caractéristiques du cours d'eau La forme ou le débit de la prise d'eau sont calculés en fonction de la propreté de l'eau. Plus l'eau est sableuse ou limoneuse, plus la vitesse de l'eau à l'arrivée du bassin de décantation doit être lente.

#### **Emplacement d'une prise d'eau : plusieurs options**

La prise d'eau peut se faire à différents endroits :

- En amont du barrage,
- En bordure du cours d'eau,
- Dans le lit du cours d'eau, etc.

Tout dépend de la nature du cours d'eau ou du plan d'eau, par exemple :

- En rivière : il est rare que la prise d'eau puisse se faire par le fond à cause des nombreuses particules entraînées par le courant (prise d'eau par en dessous ou prise tyrolienne),
- Dans un lac : la prise d'eau par galerie souterraine peut être une excellente option.

#### **Centrale hydroélectrique : le rôle du canal d'amenée**

Le canal d'amenée d'une centrale hydroélectrique est un canal aménagé qui permet d'amener l'eau vers la centrale grâce à une pente légère.

En règle générale, la pente du canal se situe entre 0,5/1000 et 3/1000.

### **Le canal d'amenée : des valeurs à prendre en compte**

Afin que l'eau s'écoule parfaitement, le débit doit être calculé en fonction :

- De la pente,
- De la nature des parois du canal,
- De la nature du lit.

### **Le calcul du débit du canal d'amenée**

En règle générale, on utilise la formule de Manning-Strickler pour connaître le débit d'un cours d'eau :  $Q = KSR^{2/3} I^{1/2}$

- S représente la section en contact avec l'eau,
- R représente le rayon hydraulique,
- I représente la pente du canal,
- K représente le coefficient de Strickler dont voici les valeurs selon la nature des parois :

### **COEFFICIENT DE STRICKLER**

<b>Nature des parois du canal d'amenée</b>	<b>K (coefficient de Strickler)</b>
Ciment lisse	100
Béton	80
Gravier fin et sable	50
Gros gravier	35
Galets	30
Gros cailloux	20

### **Régler le débit pour éviter l'érosion du canal**

L'eau, en s'écoulant par le canal d'amenée, provoque une érosion naturelle du sol. Si celui-ci n'est pas aménagé, la pente devra être réglée de façon à ce que le débit ne soit pas trop important.

### **Aménager une galerie d'amenée : en cas d'éboulement**

En montagne, les risques d'éboulement sont fréquents. Afin d'éviter les problèmes de canaux bouchés, une galerie d'amenée peut être créée. Avant de creuser la galerie, il est nécessaire de :

- Faire une étude géologique,
- Solidifier l'ensemble au béton armé pour les terrains instables.

### **III- Adduction des eaux**

L'adduction d'eau désigne l'ensemble des techniques permettant de transporter l'eau de sa source à son lieu de consommation. L'eau peut être acheminée grâce à des conduites ou des aqueducs.

### **Constitution de l'adduction d'eau**

L'adduction est constituée :

- de la source (rivière, plan d'eau, nappe), à partir de laquelle on pompe l'eau ;
- du réseau de transport (canal, canalisations) ;
- du stockage (bassin, château d'eau) ;

Enfin du réseau de distribution qui amène l'eau aux consommateurs (robinet, fontaine, etc.).

### **Les différents systèmes d'adduction**

On utilise différents systèmes d'adduction. **L'adduction par refoulement** emploie un système de pompes pour créer une pression dans le réseau tandis que **l'adduction gravitaire** utilise les différences d'altitude de l'eau, comme c'est le cas pour les châteaux d'eau. Divers problèmes concernent l'adduction d'eau. En effet, dans le cas où les pompes cessent brusquement de fonctionner, l'eau va refluer et soumettre les canalisations à de fortes pressions. D'autre part, en cas d'inondations, le niveau des eaux usées peut atteindre le circuit d'eau potable et s'y mélanger. On parle ainsi de refoulement.

### **Notion de débit de dérivation**

Le débit liquide  $Q$  d'un cours d'eau, volume d'eau qui s'écoule en une seconde dans une section transversale, est le produit:

- de la section mouillée  $S$ , produit de la profondeur moyenne  $Hm$  par la largeur superficielle  $L$ ;
- par la vitesse moyenne d'écoulement  $U$ , moyenne des vitesses des particules d'eau dans toute la section mouillée.

$$Q = L \times Hm \times U.$$

Les unités utilisées le plus couramment sont:

- le *mètre cube par seconde* ( $m^3/s$ ) pour le débit, que l'on exprime avec trois chiffres significatifs étant donné qu'il n'est jamais mesuré dans les lits naturels avec une précision supérieure à 2 à 5% ;

- le *mètre* (m) pour les distances horizontales et verticales, pour lesquelles la précision maximale espérée est de 1%;
- le *mètre par seconde* (m/s) pour la vitesse moyenne d'écoulement, que l'on exprimera avec 2 chiffres après la virgule (précision du cm/s), même si l'on utilise toujours trois chiffres décimaux pour les vitesses ponctuelles.

## OUVRAGES DE TRANSPORT DE L'EAU

### Types de canaux à découvert

Les fermes agricoles sont équipées de divers types de canaux à découvert pour le transport de l'eau, généralement par **gravité**; on distingue quatre principaux types d'utilisation:

- **canaux d'alimentation** pour amener l'eau depuis la prise d'eau principale jusqu'aux étangs; une ferme importante qui possède plusieurs groupes d'étangs en dérivation a habituellement un canal d'alimentation principal, qui se divise en canaux secondaires et même tertiaires;
- **canaux de drainage** pour évacuer l'eau des étangs, par exemple vers une vallée;
- **canaux de dérivation** pour détourner des étangs de barrage les débits d'eau excédentaires;
- **canaux de protection** pour détourner des étangs d'élevage les eaux de ruissellement.

### Conception des canaux

Tous les canaux doivent être soigneusement conçus de façon à avoir la **capacité de débit** requise. Or, la conception d'un canal repose sur l'application de formules mettant en rapport sa capacité de débit, son **profil**, sa pente ou **perte de charge** effective et la **rugosité** de ses parois. La **relation de Manning** est la formule la plus couramment employée:

$$v = (1 \div n) (R^{2/3}) (S^{1/2})$$

Avec

$v$  = vitesse de l'eau dans le canal;

$n$  = coefficient de rugosité des parois du canal;



$R$  = rayon hydraulique du canal;

$S$  = pente réelle du fond du canal.

Ces termes vous seront précisés par la suite, mais considérons tout d'abord quelques-uns des facteurs fondamentaux pour la conception d'un canal.

### Quel profil de canal adopter

Les canaux peuvent avoir différents profils, le *profil semi-circulaire* étant en principe le plus efficient. Toutefois, ce dernier ne convient pas dans le cas des canaux de terre, et son utilisation est donc généralement limitée aux *canaux surélevés* en béton préfabriqué ou en plastique.

Dans les fermes, les canaux sans revêtement d'étanchéité ont la plupart du temps une *section transversale de forme trapézoïdale*, définie par les éléments suivants:

- la largeur ( $b$ ) de son fond (ou plafond) horizontal;
- la pente ( $z:1$ ) des parois latérales;
- la profondeur maximale de l'eau ( $h$ );
- la *revanche* ( $f$ ) permettant d'éviter tout débordement.

Les canaux munis d'un revêtement d'étanchéité de brique ou de béton peuvent aussi avoir un *profil transversal rectangulaire*.



