

## Chap.6

### LES BARRAGES EN ENROCHEMENTS.

#### 1-Introduction.

#### 4-5 Définition.

Un barrage en enrochements est un tas de grosses pierres maçonnées ou non avec un organe d'étanchéité qui représente la partie la plus sensible de ce type de barrage.

#### 4-6 Avantage des barrages en enrochements.

Ces barrages sont construits dans les régions où les matériaux, enrochements sont disponibles en quantité suffisante et qualité acceptable et ils présentent les avantages suivantes :

- Possibilité d'exécuter les travaux durant toutes les saisons de l'année.
- Possibilité de mécanisation totale des travaux.
- Ils sont réalisés sur n'importe quelle assise.
- Ils résistent bien aux séismes.
- La hauteur de ces barrages n'est pas limitée.

#### 4-7 Inconvénients des barrages en enrochements.

- Dispositifs d'étanchéité très complexes et sensibles.
- L'ouvrage d'évacuation des crues et prise d'eau, séparés du barrage.

#### 2- Classification des barrages en enrochements.

- **Selon le mode d'exécution des travaux.**

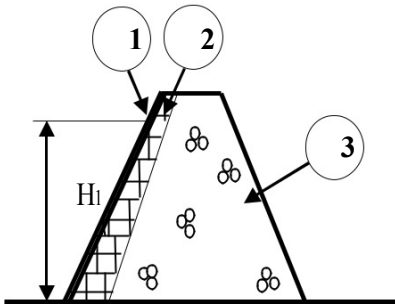
- Barrage en enrochements compactés.
- Barrage en enrochements non compactés.

- **Selon la hauteur du barrage.**

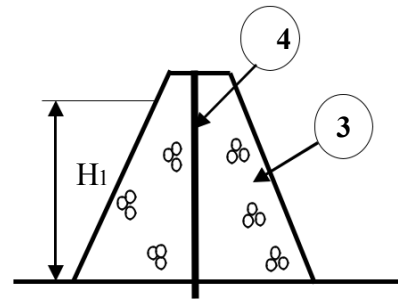
- Barrage peu haut  $H_b \leq 20$  m.
- Barrage moyen  $20 < H_b \leq 70$  m.
- Barrage haut  $70 < H_b \leq 120$  m.
- Barrage très haut  $H_b > 120$  m.

- **Selon leur mode de constitution.**

- Barrage en enrochements avec dispositif d'étanchéité en matériaux artificiel.



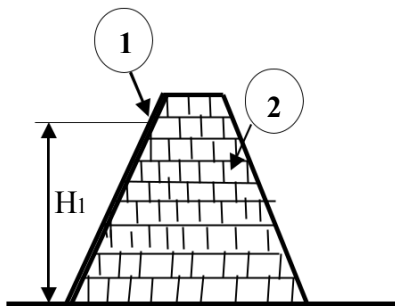
**Barrage en enrochements à masque artificiel.**



**Barrage en enrochements à diaphragme artificiel.**

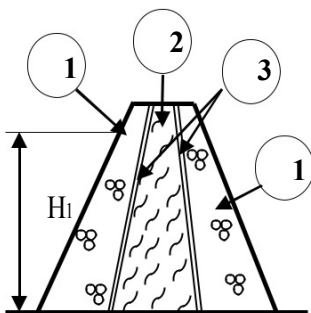
- Avec :
- 1- masque (en béton armé, en béton bitumineux, acier, bois etc....).
  - 2- sous couche en maçonnerie de pierres sèches.
  - 3- enrochements du barrage.
  - 4 -Diaphragme(en béton au ciment, béton bitumineux, parois moulée).

- Barrage en maçonnerie sèche.

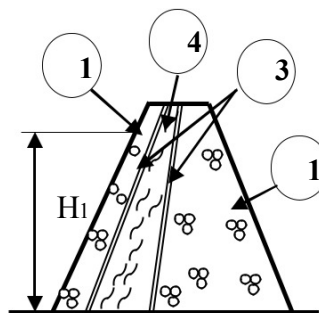


- 1 Masque artificiel.
- 2 Maçonnerie en pierres.

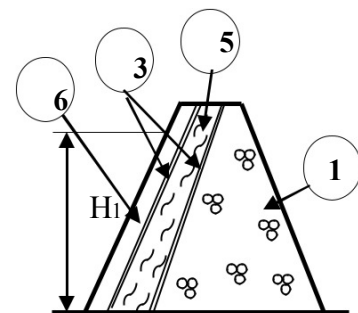
- Barrage mixte en terre/ enrochements avec organe d'étanchéité naturels.



**Barrage en T/E avec noyau vertical en terre.**



**Barrage en T/E avec noyau incliné en terre.**



**Barrage en T/E avec masque en terre.**

Avec : 1 - corps du barrage en enrochements.

2 - noyau vertical en terre.

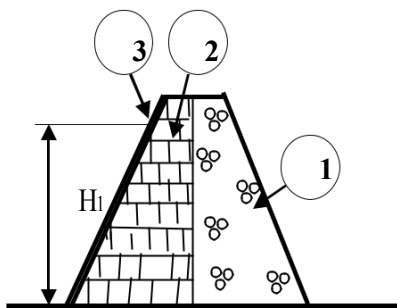
3 - filtre de transition.

4- noyau incliné en terre.

5- masque en terre.

6- couche de protection.

- **Barrage en enrochements avec partie amont en pierres maçonnées.**



Avec : 1 -corps du barrage en enrochements.

2-maçonnerie en pierres.

3- masque artificiel.

### 3- Enrochements utilisés.

#### 3-1 Nature des enrochements.

Les pierres utilisées dans la construction des barrages en enrochements, doivent présenter les caractéristiques suivantes :

- Résistance à l'altération par l'action de l'eau.
- Résistance à l'action du gèle.
- Résistance aux contraintes élevées.

Les pierres utilisées sont en général (magmatiques, granites, basaltes).

Les roches sédimentaires (grés, quartz, calcaires, dolomites) peuvent être utilisées dans la construction de petits barrages.

### 3-2 Mise en place des enrochements.

- **Enrochements arrimés.**

Sur la face du talus amont et sur une épaisseur de quelques mètres, les blocs de pierres sont arrimés, c'est-à-dire ils sont mis en place à l'aide d'engins mécaniques et les espaces entre les gros blocs sont bouchés par des petites pierres placées à la main.

- **Enrochements en vrac.**

Les pierres sont déversées depuis des camions et arrosées par des jets d'eau à grande pression avant d'être compactées par de gros rouleaux vibrants ou des vibrateurs puissants.

### 3-3 Préparation du contact du massif avec sa fondation.

La surface naturelle de ce contact doit être soigneusement préparée avant la mise en place des enrochements, ainsi la terre végétale doit être totalement dégagée et si le sol des fondations est constitué d'un sol susceptible d'être saturé en faisant apparaître des sous-pressions ; la fondation doit être recouverte de filtres à plusieurs couches traversés par des drains collecteurs.

### 4- Forme et structure des barrages en enrochements.

Les différentes dimensions des barrages en enrochements (épaisseur en crête, revanche, etc. ...) sont déterminées de la même manière que pour les barrages en terre.

Les pentes des talus amont et aval ( $m_1$  et  $m_2$ ) sont choisies pour que le barrage et ses fondations soient stables en fonction des caractéristiques des matériaux utilisés.

Comme première approche, on peut se servir des recommandations suivantes :

| Enrochements | Talus |      |
|--------------|-------|------|
|              | Amont | Aval |
| En vrac      | 1,25  | 1,40 |
| Arrimés      | 0,9   | 1,0  |

On peut aussi utiliser les données du tableau suivant (utilisées en ex. URSS) :

| N° | Type de barrage.                         | Talus     |           |
|----|--|-----------|-----------|
|    |  | Amont     | Aval      |
| 1  | barrage en maçonnerie de pierres sèches. | 0,5 à 0,7 | 0,6 à 1,0 |
| 2  | Barrage en enrochements                  | 1,2 à 1,3 | 1,3 à 2,0 |
| 3  | Barrage en T/E à noyau.                  | 1,5 à 2,0 | 2,0 à 2,5 |
| 4  | Barrage en T/Graviers à noyau.           | 2,5 à 2,5 | 2,0 à 2,5 |
| 5  | Barrage en T/E à masque.                 | 2,0 à 3,0 | 1,3 à 2,0 |
| 6  | Barrage en T/Graviers à masque.          | 2,5 à 2,5 | 2,0 à 3,0 |

Dans le cas de barrages très haut, il est conseillé de changer de pente en hauteur et tous les 30 mètres par exemple.

## 5- Dispositifs d'étanchéité.

### 5-1 Masque d'étanchéité.

On peut classer les différents masques suivant leur position amont ou interne. On peut aussi les classer suivant leur rigidité en souple ou semi- rigide.

- **Masque en béton au ciment.**

En pratique, on prépare soigneusement la surface du parement amont (maçonné ou enrochements arrimés) avant de procéder à la mise en place d'une dalle en béton armé (épaisseur=20cm). On doit prévoir des joints de dilatation à lames d'étanchéité.

- **Masque en tôle d'acier.**

Le talus amont est préparé comme ci-dessus et la tôle qui d'une épaisseur de 6 mm est placée par soudure sur toute sa surface. Le problème majeur qui se pose pour de tel masque est celui lié à la corrosion. Aussi pour y remédier on doit appliquer une peinture anti rouille plus une dernière couche de peinture en bitume. On doit aussi mettre en place une protection cathodique.

- **Masque en béton bitumineux.**

Ce type de masque est souvent adopté pour les barrages en enrochements pour leurs qualités hydrauliques et mécaniques, il est réalisé de la même manière que pour les barrages en terre.

## 5-2 Ecran d'étanchéité.

- **Ecran interne en béton armé (diaphragme)**

Cette solution est pratiquement abandonnée car elle présente les inconvénients suivants:

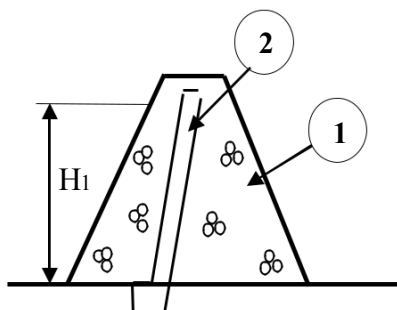
- Difficultés dans la mise en œuvre.
- Le béton n'est pas assez souple pour suivre les déformations du barrage.
- Impossibilité de réaliser des réparations.

- **Ecran en terre (argile).**

Pour assurer l'étanchéité d'un barrage en enrochements, on peut prévoir un noyau en argile compacté vertical ou incliné. Souvent il est recommandé de projeter un barrage à zones pour assurer une bonne transition entre l'enrochement et l'argile.

- **Ecran interne au bitume.**

Ce type d'écran est relativement récent, il est surtout préféré aux autres types non seulement pour les qualités du bitume (souplesse et étanchéité), aussi pour son coût relativement bon marché. Il s'adapte très bien aussi aux zones très froides et très chaudes, son épaisseur minimale est de 0,5 mètres. Le mortier bitumineux (gravier, sable et bitume) est coulé à chaud, e, y ajoutant des blocs de pierres (150 à 300 mm) à raison de 50%.



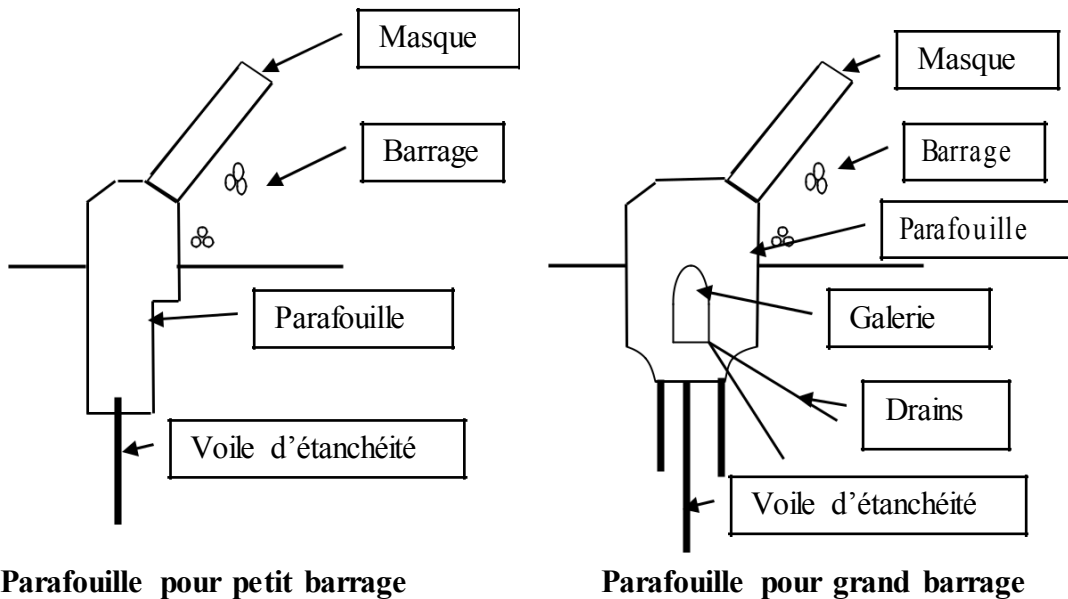
1 –Enrochements.

2 -Ecran interne bitumineux.

**Barrage en enrochements à écran bitumineux.**

## 6- Le parafouille.

Le parafouille est un dispositif qui relie un masque de barrage à sa fondation.



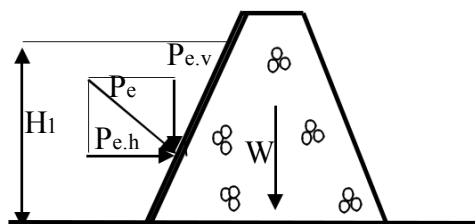
## 7- Stabilité au glissement et tassement des barrages en enrochements.

- **Tassement.**

Pour les petits barrages en enrochement, le tassement est souvent pris égal à 1% de la hauteur totale du barrage, quant aux grands barrages on peut employer la formule dite de

Lauton et Lester: tassement =  $0.001 H b^{\frac{3}{2}}$

- **Stabilité au glissement.**



**Barrage en enrochements à masque artificiel.**

$$K_g = \frac{f.(W+P_{e.v})}{P_{e.h}} \geq K_g(\text{adm})$$

Avec :  $K_g$ - coefficient de glissement.

$K_g$  (adm)- coefficient de glissement admissible.

W- poids du barrage.

$P_{e,v}$ - poussée de l'eau sur le barrage.

$P_{e,v}$  –composante de cette poussée de l'eau verticale.

$P_{e,h}$ - composante de cette poussée de l'eau horizontale

f- coefficient de frottement des enrochements sur l'assise, il peut être pris sur le tableau suivant :

| N° | Sol d'assise     | Valeur de (f) |
|----|------------------|---------------|
| 1  | Argile           | 0,20 à 0,30   |
| 2  | Sable et argile  | 0,25 à 0,35   |
| 3  | Limon et sable   | 0,35 à 0,40   |
| 4  | Sable            | 0,40 à 0,50   |
| 5  | Gravier et galet | 0,50 à 0,60   |
| 6  | Semi rocheux     | 0,30 à 0,50   |
| 7  | Calcaire et grés | 0,50 à 0,60   |
| 8  | Roche éruptive   | 0,65 à 0,70   |