

III- Détermination de la hauteur du barrage et dimensionnement du réservoir

- Faisabilité d'un barrage

Etapes de l'étude de faisabilité :

III-1. Etude Topographique et géomorphologique

- Situation géographique, - Choix de l'axe de la digue, - Caractéristiques géomorphologiques du bassin versant, - Caractéristiques de forme, Indice de compacité de Gravellius, Rectangle équivalent. – Hypsométrie, - Hydrographie, - Morphométrie.

III-2- Etude géologique et géotechnique

2- 1- Etude géologique et Hydrogéologique

-Géologie du site et de la cuvette, - Aperçu sur l'hydrogéologie, - Sismicité du site, - Matériaux de construction, - Fondation de la digue.

2- 2- Etude géotechnique

- Travaux de reconnaissance : - Site du barrage, Zones d'emprunt, Site d'approvisionnement du sol de la digue et carrière d'enrochement, Etude des caractéristiques du sol de la fondation et du remblai (Laboratoire).

III-3- Etude hydrologique

L'étude hydrologique d'un projet de barrage a pour but l'estimation de tous les paramètres hydrologiques nécessaires au dimensionnement des ouvrages.

Il est donc nécessaire de se préoccuper des conditions de remplissage de la réserve d'une part et de faire en sorte que le barrage ne soit pas un obstacle au passage des crues qui risqueraient de le submerger. A cet effet, il faut étudier :

- Les apports mensuels et annuels.
- Les débits instantanés pour définir les crues maximales pouvant entrer dans la retenue.

Pour cette étude il est nécessaire d'avoir toutes les données :

- Climatiques (Températures, Précipitations).
- Apports liquides (Estimation de l'apport liquide).
- Etudes des débits (P_{jmax} , Pluies courte durée, Détermination des débits de crue, Volumes et hydrogrammes de crue).
- Etudes des apports solides.
- Etude de la régularisation.
- Laminage des crues.

III-4- Etude Technique

C'est la réalisation des calculs et les mesures nécessaires pendant l'élaboration du projet en respectant les conditions économiques (minimisé le coût).

Cette étude consiste à la conception du barrage et étudier les problèmes suivants:

- Eviter tous danger de submersion.
- La ligne de saturation ne doit pas passer le niveau du massif de drainage (Cas B. remblai).
- Les pentes des talus amont et aval doivent assurer la stabilité du barrage.
- L'inexistence dans le corps ou dans l'assise d'aucun passage préférentiel permettant aux eaux de cheminer de l'amont à l'aval.
- Etanchement contre les fuites et l'eau qui arrive à passer à travers le corps du barrage ou les terrains d'assise doit ressortir à l'aval avec des vitesses faibles que possible a fin d'éviter que les matériaux fins ne soit pas emportés.
- Le parement amont doit être protégé contre l'action des vagues et des corps flottants, et le parement aval contre l'érosion provoquée par l'eau de pluie et le vent.

III-4-1. Conception du barrage :

Le type et la conception du barrage (profil général du barrage) est choisie selon les conditions locales du site.

III-4-2. Dimensionnement du barrage**III-4-2-1- Détermination de la revanche**

La revanche (R) c'est la tranche comprise entre la côte des plus hautes eaux et la crête de la digue. Elle a pour fonction d'assurer une protection contre les effets des vagues. Elle est estimée par la formule de DAVIS suivante :

$$R = 0.75 H_V + \frac{V^2}{2g}$$

Où V est la vitesse de propagation des vagues en (m/s), évaluée par la formule de GAILLARD suivante :

$$V = 1.5 + 2H_V$$

La hauteur des vagues H_V en (m) est calculée par la formule de STEVENSON, qui permet d'évaluer la hauteur des vagues en fonction de la longueur du plan d'eau (FETCH, mesurée graphiquement sur plan topographique) :

$$H_V = 0.76 + 0.34 \sqrt{L} - 0.26 \sqrt[3]{L} \dots\dots\dots \text{Pour } L < 18 \text{ km.}$$

$$H_V = 0.34 L \dots\dots\dots \text{Pour } L > 18 \text{ km.}$$

La revanche peut être évaluée par la formule suivante :

$$R = 1 + 0.3\sqrt{L} \text{ , Avec } L : \text{ longueur rectiligne du plan d'eau (FETCH).}$$

Comme on peut l'évaluer par la formule de MALLET & PACQUANT :

$$R = H_V + \frac{V^2}{2g} \quad \text{Où} \quad H_V = \frac{1}{2} + \frac{1}{3}\sqrt{L}$$

$$V = \frac{3}{2} + \frac{2}{3}H_V$$

III-4-2-2- Détermination de la hauteur du barrage (H_b)

La hauteur du barrage est égale à la hauteur normale de la retenue (NNR), majorée de la charge maximale au-dessus de seuil du déversoir de crue (h_d) et la revanche (R).

$$H_b = (CCB - CCA) + T$$

A) Le niveau des plus hautes eaux (PHE)

Le niveau des plus hautes eaux est égal au niveau normal de la retenue majoré de la charge sur le déversoir de crue.

$$PHE = NNR + h_d$$

B) Côte de la crête du barrage (CCB)

La côte de la crête du barrage est arasée à la côte correspondante au niveau des plus hautes eaux (PHE), majorée de la revanche (R).

$$CCB = PHE + R$$

C) Tassement du corps du barrage (T)

Pour des ouvrages conçus et réalisés dans de bonnes conditions, ces tassements sont estimés à environ 1% de la hauteur du barrage après sa construction.

$$T = 1\% (CCB - CCA) \text{ Avec : } T : \text{ le tassement du barrage en (m) ;}$$

$$CCB : \text{ côte de la crête du barrage, } CCA : \text{ côte de la crête du barrage à l'exutoire.}$$

III-4-2-3- Détermination de la largeur en crête

On peut évaluer cette largeur par les formules empiriques suivantes :

$$* \text{ Formule de T. KNAPPEN : } b = 1.65\sqrt{H_b} \dots\dots\dots > 3 \text{ m } (H_b = 3 \text{ m})$$

$$* \text{ Formule de E.F.PREECE : } b = 1.1\sqrt{H_b} + 1$$

$$* \text{ Autres formules : } b = 3.6\sqrt[3]{H_b} - 3 \quad \text{ou} \quad b = \frac{H_b}{5} + 3$$

- On prendre la grande valeur donnée par ces formules.

III-4-2-4- Détermination de la longueur en crête du barrage (L_c)

Elle est obtenue par la mesure directe sur le levé topographique suivant l'axe de la digue.

III-4-2-5- Les risbermes

Quand $H_b > 10\text{m}$ → réaliser le barrage avec variation de pente des talus pour assurer la stabilité.

- La pente des talus

Pour déterminer la pente des parements amont et aval, on donne en général des pentes, qui paraissent optimales, compte tenu de la nature des matériaux de construction et la hauteur du barrage.

Le tableau suivant nous donne quelques valeurs, qui doivent être confirmées par l'étude de stabilité. Tableau donne la pente des talus en fonction de la nature des matériaux (THERZAGUI).

Hauteur de la digue en (m)	Type de la digue	Pente des talus	
		Amont	Aval
< 5 m	- homogène	1/2.5	1/2
	- à zones	1/2	1/2
5 à 10 m	- homogène, granularité étendue	1/2	1/2.5
	- homogène, à fort pourcentage d'argile	1/2.5	1/2.5
	- à zones	1/2	1/2.5
10 à 20 m	- homogène, granularité étendue	1/2.5	1/2.5
	- homogène, à fort pourcentage d'argile	1/3	1/2.5
	- à zones	1/2.5	1/3

III-4-2-6- Protection de l'ouvrage**- Protection des talus**

Lors de la construction du barrage en terre, il y'a lieu de protéger les talus amont et aval contre le phénomène d'érosion, qui est dû aux vents et aux pluies.

Il est également impératif de protéger la digue contre le phénomène de renard et la résurgence (retour) qui est néfaste à la stabilité du barrage.

a) Talus aval

Le talus aval est protégé par une couche de 15 cm d'épaisseur de terre végétale. Cependant les eaux d'infiltrations peuvent être considérées aussi comme un danger sur la stabilité de l'ouvrage, d'où la nécessité de disposer d'un drain aux pieds de la digue.

b) Talus amont

Ce talus protégé contre l'effet des vagues par une couche d'enrochement (protection des pierres) ou par un revêtement imperméable (béton bitumineux).

Dans le cas d'un terrain perméable ou de forte hétérogénéité hydraulique (digue ou sol de fondation), l'écran peut être disposé en parement du talus amont et prolongé éventuellement verticalement à travers la fondation jusqu'au centre de la digue.

Les dimensions de l'enrochement peuvent être déterminées théoriquement en fonction de la hauteur des vague H_V et leur vitesse V , par la formule suivante :

$$e = C.V^2$$

Où e : épaisseur de l'enrochement.

V : est la vitesse de propagation des vagues en (m/s).

La valeur de C est donnée par le tableau suivant :

Pente du talus	Valeurs de C pour différents poids spécifiques		
	$\theta = 2.5$	$\theta = 2.65$	$\theta = 2.8$
1/4	0.027	0.024	0.022
1/3	0.028	0.025	0.023
1/2	0.031	0.028	0.026
1/1.5	0.036	0.032	0.030
1/1	0.047	0.041	0.038

c)- Détermination des différentes couches de transition :

Etude granulométrique (a partir d'une analyse granulométrique au laboratoire- courbes) des :

- Des matériaux de remblai de la digue.
- Des matériaux des filtres et drains.
- Calcul des filtres et couches (Zones) de transition.
- Vérification de l'absence du phénomène de renard.

III-4-2-7-Etude des infiltrations

- Dimensionnement du prisme de drainage

$$H_p = (15 \text{ à } 20)\% H_b$$

$$b_p = (2 \text{ à } 2,5 \text{ m}).$$

- Dimensionnement du tapis filtrant

- **Longueur :**

$$L_{\text{tapis}} = (1/3) L$$

L_{tapis} : longueur du drain tapis filtrant (m).

L : l'emprise du barrage.

- **Epaisseur :**

- Infiltrations dans le corps du barrage

Les infiltrations dans les barrages en terre doivent être abordées sous trois angles différents où on devait aboutir à :

- La détermination de la ligne de saturation ;
- La détermination des pressions interstitielles ;
- Le calcul du débit de fuite ;

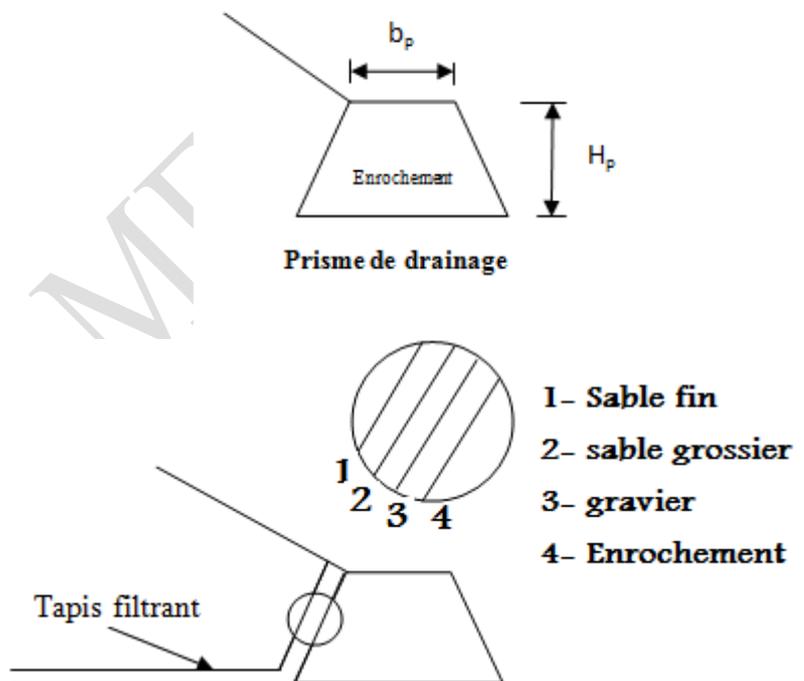
IV-2-7-3- 1-Equation de la ligne de saturation

La ligne de saturation dans une coupe transversale en réalité c'est une surface suivant laquelle la pression est égale à la pression atmosphérique.

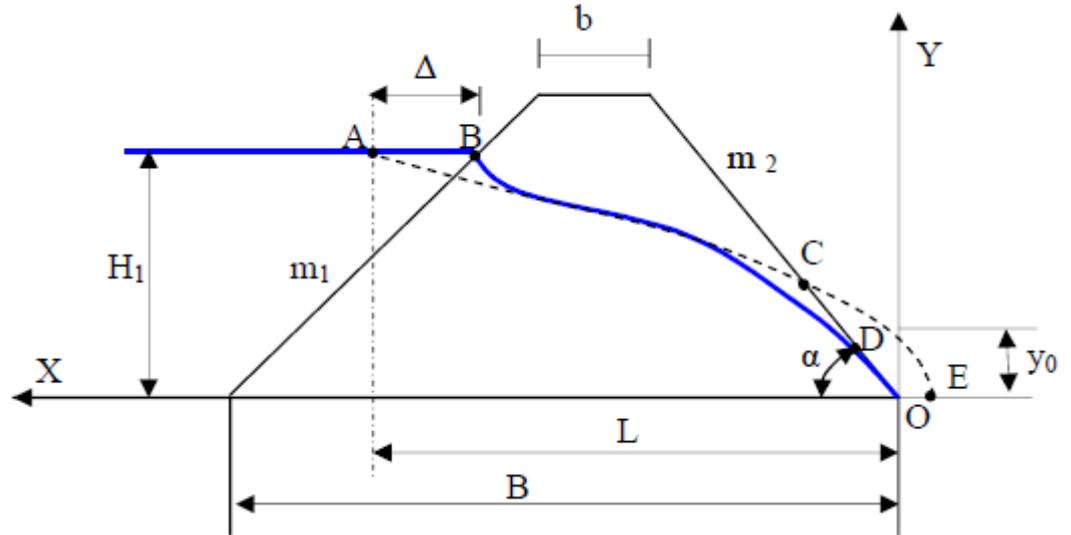
La méthode pour tracer de cette ligne a été proposée par KOZNEY qui a montré que pour un barrage en terre homogène, la ligne de saturation est assimilable à une parabole dans sa partie médiane (Voir Figures ci-dessous).

L'équation de la ligne de saturation s'écrit de la manière suivante :

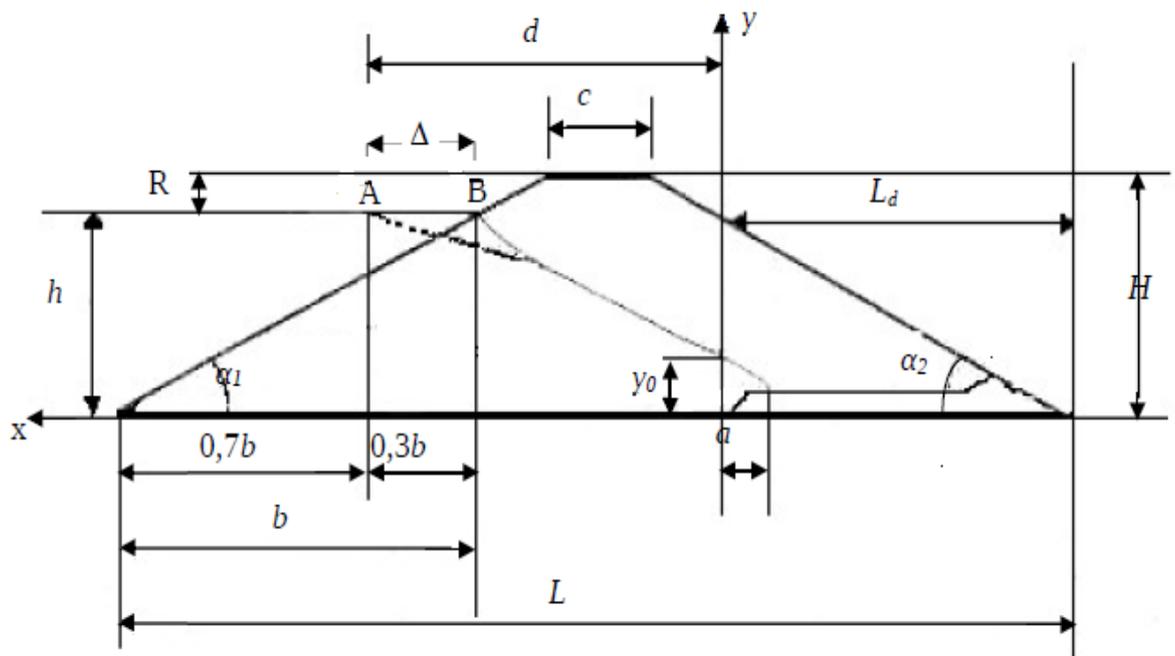
$$y^2 - y_0^2 - 2xy_0$$



* La distance entre les deux points d'intersection du plan d'eau avec la parabole théorique et le talus amont (Δ)
 En traçant la parabole de Kozney celle-ci coupe le plan d'eau à une distance qui ne coïncide pas avec le passage réelle. Elle doit être corrigée par une courbe normale au talus amont et tangente à la parabole théorique à l'aval.
 Pour calculer la distance séparant les deux points nous disposons de deux méthodes (Voir Figure ci-dessous).



Ligne de Saturation dans un barrage en terre sans tapis filtre



Ligne de Saturation dans un barrage en terre avec tapis filtre

Pour tracer la ligne de saturation en calcul $y = f(x)$ par l'équation :

$$y = \sqrt{h^2 - (h^2 - h'^2) \frac{x}{L'}}$$

$$h' = \sqrt{h^2 + d^2} - d$$

$$L' = L - b - Lt$$

h : hauteur du niveau normal de la retenue,

L : l'emprise du barrage.

L_t (L_d) : longueur du tapis filtrant.

d : distance horizontale entre l'axe qui passe par la limite du tapis et la verticale qui passe par le point (0.7b).

b : la projection horizontale de la partie mouillée du talus amont.

L' : distance horizontale entre le point B et l'axe qui passe par la limite du tapis.

$a = h/3$.

Dans l'équation on donne des valeurs à x et on détermine la valeur de y, puis à partir de ces coordonnées on trace la ligne de saturation.

-Calcul du débit de fuite à travers le barrage

$$Q = q_1 + q_2$$

où : q_1 : débit de fuite qui traverse le massif.

q_2 : débit de fuite qui traverse la fondation.

- débit de fuite qui traverse le massif

$$q_1 = \frac{1}{2} K \frac{(h^2 - h'^2)}{L}$$

K : coefficient de filtration du massif du barrage.

h : h NNR

- débit de fuite qui traverse la fondation :

$$q_2 = \frac{(h - h')}{L_c} * \left(T * K_f + \frac{h + h'}{2} * K_m \right)$$

T: épaisseur de la couche perméable.

K_f : coefficient de filtration du sol de fondation.

K_m : coefficient de filtration du sol du massif.

$\frac{(h - h')}{L_c}$: Gradient de filtration du massif du barrage.