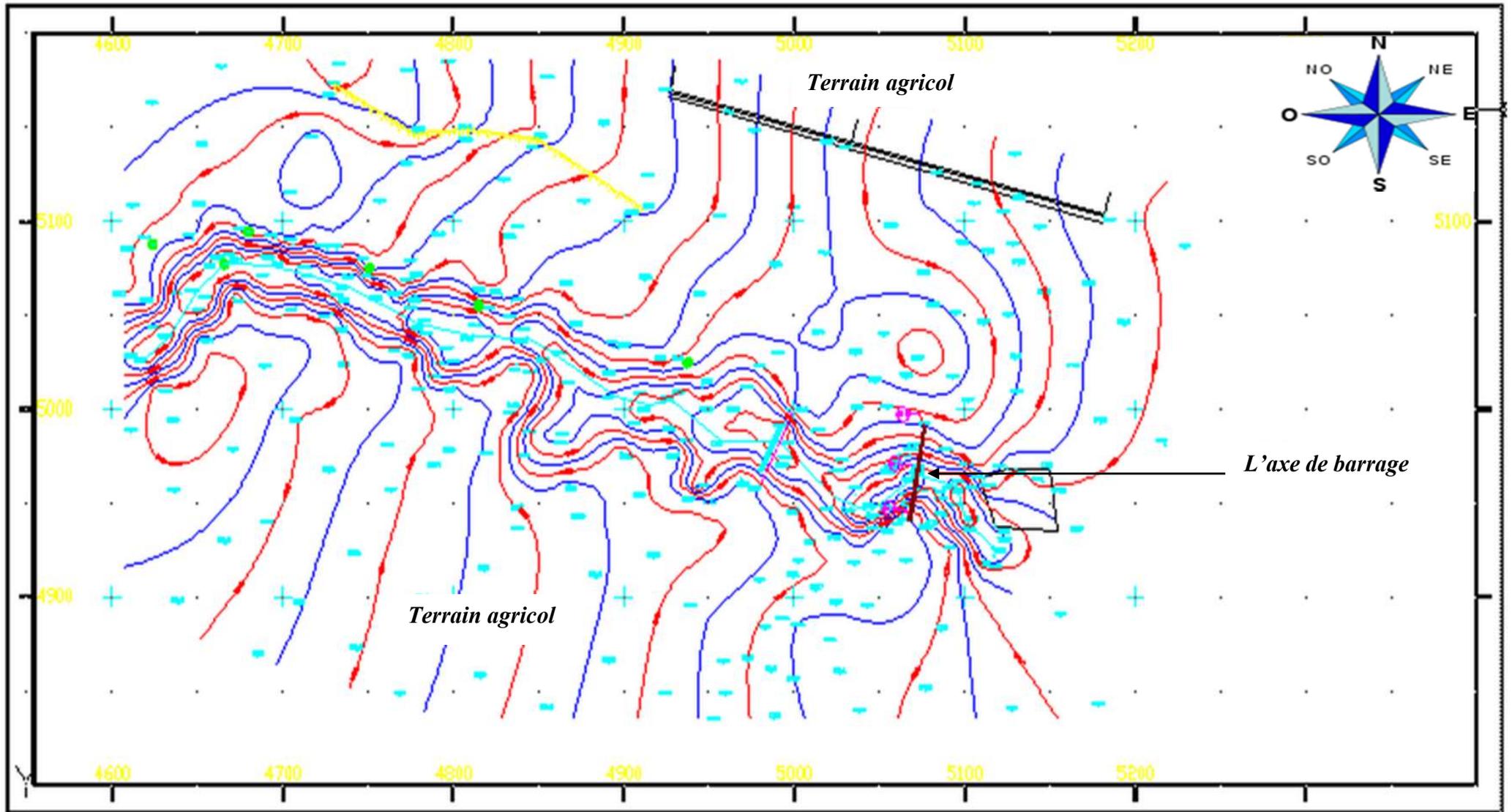


# CHAPITRE 03

## DIMENSIONNEMENT DU BARRAGE

## Levé Topographique De La Cuvette



## **ETUDE DE LA REGULARISATION DE LA RETENUE**

L'étude de la régularisation permet d'arrêter les dimensions optimales des ouvrages et de gérer rationnellement la capacité de la retenue.

Les données de base nécessaires à la régularisation sont de trois sortes :

- ❖ Les résultats des études hydrologiques, notamment les répartitions mensuelles des apports, de l'évaporation et d'autres pertes s'il y a lieu ;
- ❖ Les besoins en eau des utilisateurs potentiels, exprimés à l'échelle mensuelle ;
- ❖ La loi hauteur-capacité de la retenue, provenant du dépouillement des levés topographiques de la cuvette.

Les données hydrologiques nécessaires pour la présente étude sont résumées dans le tableau suivant :

### **Résumé Des Données De Base**

<b>Paramètres</b>
Altitude Moyenne du Bassin Versant [m]
Altitude Minimale du Bassin Versant [m]
Altitude Maximale du Bassin Versant [m]
Longueur du Talwegs Principal [Km]
Indice de Pente
Surface [Km <sup>2</sup> ]
Précipitation moyenne [mm]
Température moyenne [°C]
Apport moyen $A_0$ [m <sup>3</sup> /an]
Apport fréquentiel $A_{80\%}$ [m <sup>3</sup> /an]
Apport Solide $A_s$ [m <sup>3</sup> /Km <sup>2</sup> .an]

La méthodologie suivie pour l'estimation des différentes tranches de volumes, permette de dimensionnement le corps de la digue, est décrite par la démarche ci-dessous.

## ⇒ ESTIMATION DES PERTES PAR EVAPORATION

L'évaporation moyenne annuelle est calculée par la relation de VISENTINI, liées à l'altitude et à la température de l'air. La relation de l'évaporation « E » est égale à :

$$\underline{E=90T+300} \text{ (Cas où l'altitude dépasse 300 m)}$$

Le tableau ci-dessous résume la variation mensuelle de l'évaporation :

**Tableau N°11 – Variation Mensuelle De l'Evaporation**

Mois	Température	Evaporation	
	°C	%	mm
Septembre			
Octobre			
Novembre			
Décembre			
Janvier			
Février			
Mars			
Avril			
Mai			
Juin			
Juillet			
Août			
	Moyenne An.	100	Σ

## ⇒ ESTIMATION DES PERTES PAR INFILTRATION

Le volume infiltré est déterminé à partir des essais géotechniques. Celle-ci dépend du coefficient de perméabilité moyen « k » et de la surface de la cuvette.

## ⇒ ESTIMATION DES BESOINS

Il s'agit des besoins en irrigation et en alimentation en eau, dépendent du climat, de la pédologie, des cultures, des assolements, du système d'irrigation, de la population et des équipements. La demande en eau est estimée mensuellement.

## ⇒ VOLUME MORT

C'est la quantité de la vase stockée dans la retenue durant les 15 ans d'exploitation. Il est donné par la relation :

$$V_m = A_s \times N$$

$V_m$  : volume mort en  $m^3$ .

$A_s$  : l'apport solide en  $m^3/an$ .

$N$  : nombre d'années d'exploitation.

## ⇒ ESTIMATION DU VOLUME UTILE

C'est la quantité d'eau réellement mobilisée, elle est égale à l'apport mobilisé par la cuvette réduit du volume des pertes par infiltration, évaporation et consommation. Ainsi le volume utile est égale à :

$$V_u = V_A - V_P - V_E$$

$V_u$  : Volume utile de la retenue ;

$V_A$  : Volume des apports ;

$V_P$  : Volume des pertes ;

$V_E$  : Volume évacué.

## COURBE CARACTERISTIQUE

Le barrage crée un remous sur le cours d'eau, c'est-à-dire une surélévation du plan d'eau au-dessus du niveau de terrain naturel.

Ce remous s'étend sur une certaine longueur en amont de la retenue, au-delà de la quelle le plan d'eau rejoint le niveau naturel. La capacité de la retenue dépend de la topographie et est déterminée à l'aide de la courbe caractéristique Volume/Surface en fonction de la différence d'altitudes.

Ainsi, pour le calcul du volume correspondant à la surface d'une courbe de niveau déterminé nous avons utilisé deux méthodes.

## ⇒ PREMIERE METHODE

Le volume élémentaire compris entre deux courbes de niveau consécutives est :

$$\Delta V_i = \frac{S_{i-1} + S_i}{2} \times \Delta H$$

$\Delta H$  : Différence d'altitude entre deux courbes de niveau consécutives,  $H_{i-1}$  et  $H_i$

$S_i$  : Surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau  $H_i$

$S_{i-1}$  : Surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau  $H_{i-1}$

Le volume initial est pris égal à :

$$V_i = \frac{2}{3} \times S_1 \times \Delta H_1$$

Ce volume se trouve près du lit de l'oued

Le volume statique (V), à partir de la courbe de niveau initiale jusqu'à la côte H est la somme des volumes élémentaires  $V_i$

1<sup>er</sup> volume :  $V_1 = \Delta V_i = \frac{2}{3} \times S_1 \times \Delta H_1$

2<sup>ème</sup> volume :  $V_2 = V_1 + \left( \frac{S_1 + S_2}{2} \right) \times \Delta H_2$

3<sup>ème</sup> volume :  $V_3 = V_2 + \left( \frac{S_2 + S_3}{2} \right) \times \Delta H_3$

n<sup>ème</sup> volume :  $V_n = V_{n-1} + \left( \frac{S_{i-1} + S_i}{2} \right) \times \Delta H_n$

Ce n<sup>ème</sup> volume est le volume total de la retenue.

### ⇒ DEUXIEME METHODE [2]

Cette méthode est utilisée surtout pour les reliefs accidentés à la condition que le rapport  $S_2/S_1$  soit supérieur à 1.5

Le volume initial est pris égal au volume d'une pyramide régulière :

$$V_i = S_1 \times \frac{H_1}{3}$$

Au fur et à mesure que la hauteur augmente, la pyramide devient irrégulière et la formule adoptée est :

$$V_2 = V_i + \Delta V_{2,1}$$

$$\Delta V_{2,1} = \frac{\Delta H_{2,1}}{3} \times \left( S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \times S_2} \right)$$

Et :  $\Delta H_{2,1} = H_2 - H_1$

$$V_3 = V_2 + \Delta V_{3,2}$$

$$\Delta V_{3,2} = \frac{\Delta H_{3,2}}{3} \times (S_2 + S_3 + \sqrt{S_2 \times S_3})$$

$$V_n = V_{n-1} + \Delta V_{n,n-1}$$

$$\Delta V_{n,n-1} = \frac{\Delta H_{n,n-1}}{3} \times (S_{n-1} + S_n + \sqrt{S_{n-1} \times S_n})$$

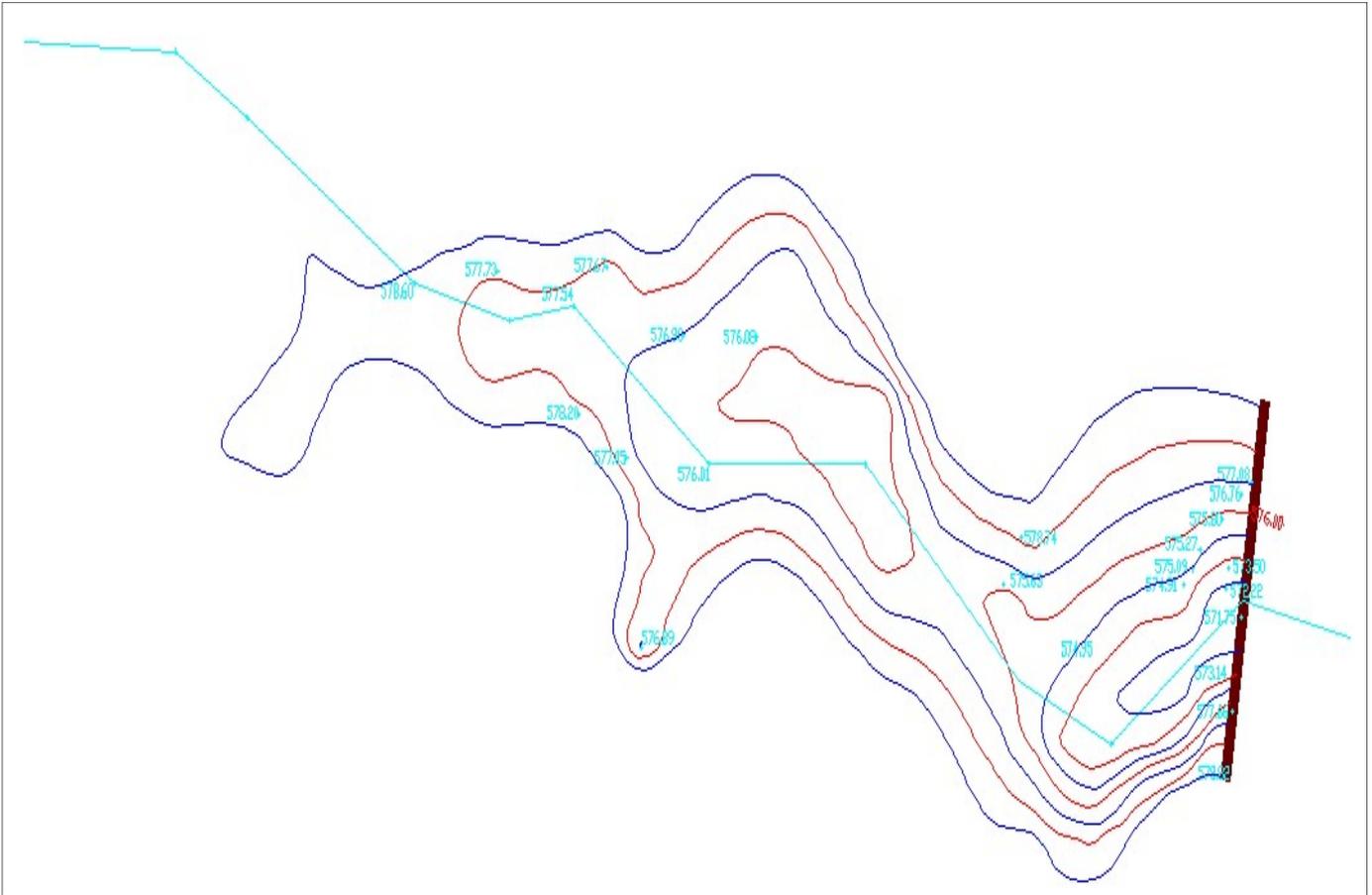
**Calcul De Surface/Volume En Fonction Des Côtes**

N°	Côte [m]	DH [m]	Surface [m²]	Volume [m³]	
				1ère Méthode	2ème Méthode
Axe Oued		0	0	0	0
1					
2					
3					
4					
5					
...					
n					

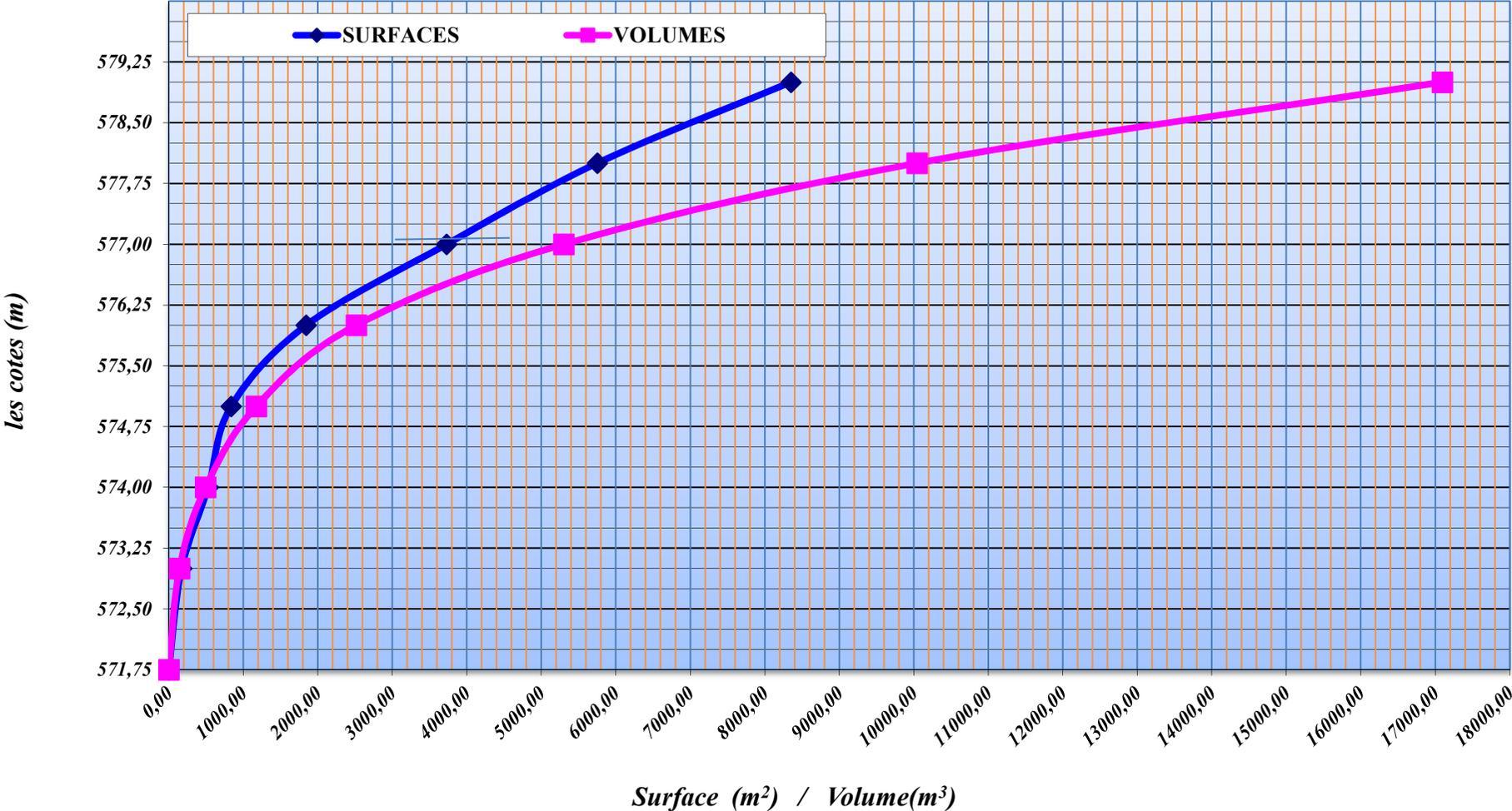
La figure suivante présent le volume et la surface a chaque cote de la cuvette.

Nous donnons par la suite également, une figure du tracé de la courbe caractéristique Surface/Volume en fonction des courbes de niveau.

**Surface / Volume De Cuvette En Fonction Des Côtes**



**Courbe Caractéristique**





## LAMINAGE DES CRUES

### ⇒ INTRODUCTION ET DEFINITION

Le but du laminage de crues est de déterminer les dimensions optimales de l'évacuateur de crues afin d'éviter un coût élevé de l'ouvrage d'assurer la sécurité de la retenue.

Nous avons utilisé la méthode graphique simplifiée, de BRATRANEK, à partir de laquelle nous déduisons le débit à laminier :

$$X \% = \frac{V_1 - V_0}{V} \quad \text{et} \quad Y \% = \frac{Q_c - Q_e}{Q_c}$$

$V_1$  : La capacité de la Retenue à la côte maximale lors de la crue ;

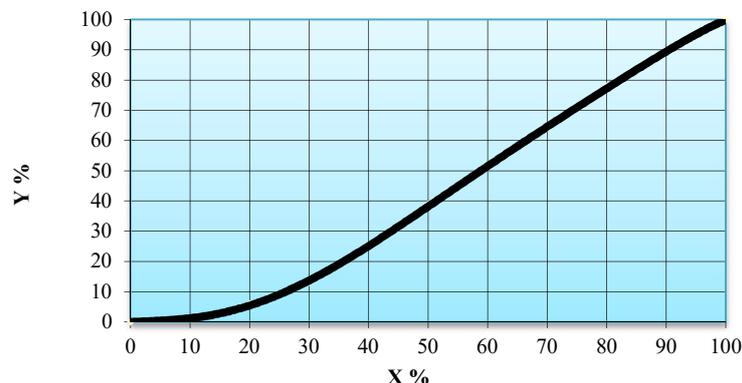
$V_0$  : La capacité de la Retenue à la côte normale des eaux ;

$V$  : Volume de la crue (déterminé précédemment) ;

$Q_c$  : Débit de pointe de crue venant d'amont ;

$Q_e$  : Débit maximum qui déverse.

### La Courbe De Laminage (BRATRANEK)



### ⇒ LE DEVERSOIR

Le seuil du déversoir doit permettre l'évacuation de la lame d'eau comprise entre le niveau normal et les plus hautes eaux. Sa longueur est

déterminée par : 
$$L = \frac{Q_e}{m \times h^{1,5} \times \sqrt{2 \times g}}$$

$m$  : coefficient de débit du déversoir, il est  $m = 0,45$ .

La longueur du déversoir est obtenue en fonction des lames d'eau à évacuer. Nous avons considéré la longueur correspondant à la hauteur déversant optimale.

Nous présentons dans le tableau suivant les valeurs de la longueur du seuil du déversoir en fonction du débit laminé et la hauteur déversante :

**Débit Laminé Et Longueur Du Déversoir**

<b>H<sub>0</sub></b>	Z-										
<b>H<sub>1</sub></b>	Z										
<b>V<sub>0</sub></b>											
<b>V<sub>1</sub></b>											
<b>V</b>											
<b>X</b>											
<b>Y</b>											
<b>H</b>											
<b>Q<sub>max</sub></b>											
<b>Q<sub>e</sub></b>											
<b>L</b>											

- ❖ Le débit laminé optimal est égal à : **Q<sub>e</sub> = !**
- ❖ Le volume utile est égal à : **V<sub>0</sub> = !**
- ❖ Le volume à la charge déversante maximale est égal à : **V<sub>1</sub> = !**
- ❖ La charge au dessus du déversoir : **H = !**
- ❖ La largeur du déversoir : **L = !**

## **DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE LA DIGUE**

### **⇒ HAUTEUR DE LA DIGUE**

La hauteur totale du barrage sera égale à la hauteur normale de la retenue des eaux majorée de la charge maximale au-dessus du seuil du déversoir et de la revanche.

### **A) NIVEAU DE LA BASE DU BARRAGE**

C'est le niveau de la base du barrage, il correspond à la profondeur de décapage du niveau de terrain Naturel

### **B) NIVEAU D'ENCRAGE DE LA DENT DE LA DIGUE**

C'est le niveau de la base de la dent d'encrage profonde à une hauteur déterminée au-dessous de la base du barrage.

### **C) NIVEAU MORT DE LA RETENUE**

L'apport solide unitaire étant égal à :

$$A_s = 16.34m^3/Km^2.an,$$

Le niveau mort correspond à 15 ans de service est égal à :

$$V_{15ans} = 1010.31 m^3$$

Le volume mort annuel correspond à l'apport solide unitaire multiplier par la surface totale et la durée de vie du barrage, dont la valeur est reportée par la suite sur la courbe caractéristique afin de trouver le NMR.

### **D) NIVEAU DE LA CRETE**

Le niveau de crête de la retenue correspond au niveau de la côte la plus élevée de la courbe caractéristique de la retenue.

### **E) NIVEAU DES PLUS HAUTES EAUX**

Il correspond au niveau de la crête de la retenue diminué de la revanche « R ». Celle-ci constitue une hauteur de sécurité, assurant le protège de l'ouvrage contre les élévations du niveau d'eau qui pourrait causer des risques de submersion.

$$NHE = NCR - R$$

## - ESTIMATION DE LA REVANCHE

La revanche dépend de la hauteur des vagues qui se forment sur le plan d'eau et de la projection de l'eau vers le haut de la retenue due à la vitesse de propagation des vagues lorsque celles-ci rencontrent la retenue.

La revanche minimale R est donnée par la relation suivante :

$$R = 0,75 \times H_w + \frac{V^2}{2g} + H_s$$

$H_w$  : représente le soulèvement par les vagues.

$V$  : vitesse de propagation des vagues.

$H_s$  : représente le soulèvement du plan d'eau.

### • HAUTEUR DES VAGUES

La hauteur des vagues est estimée par plusieurs formules empiriques :

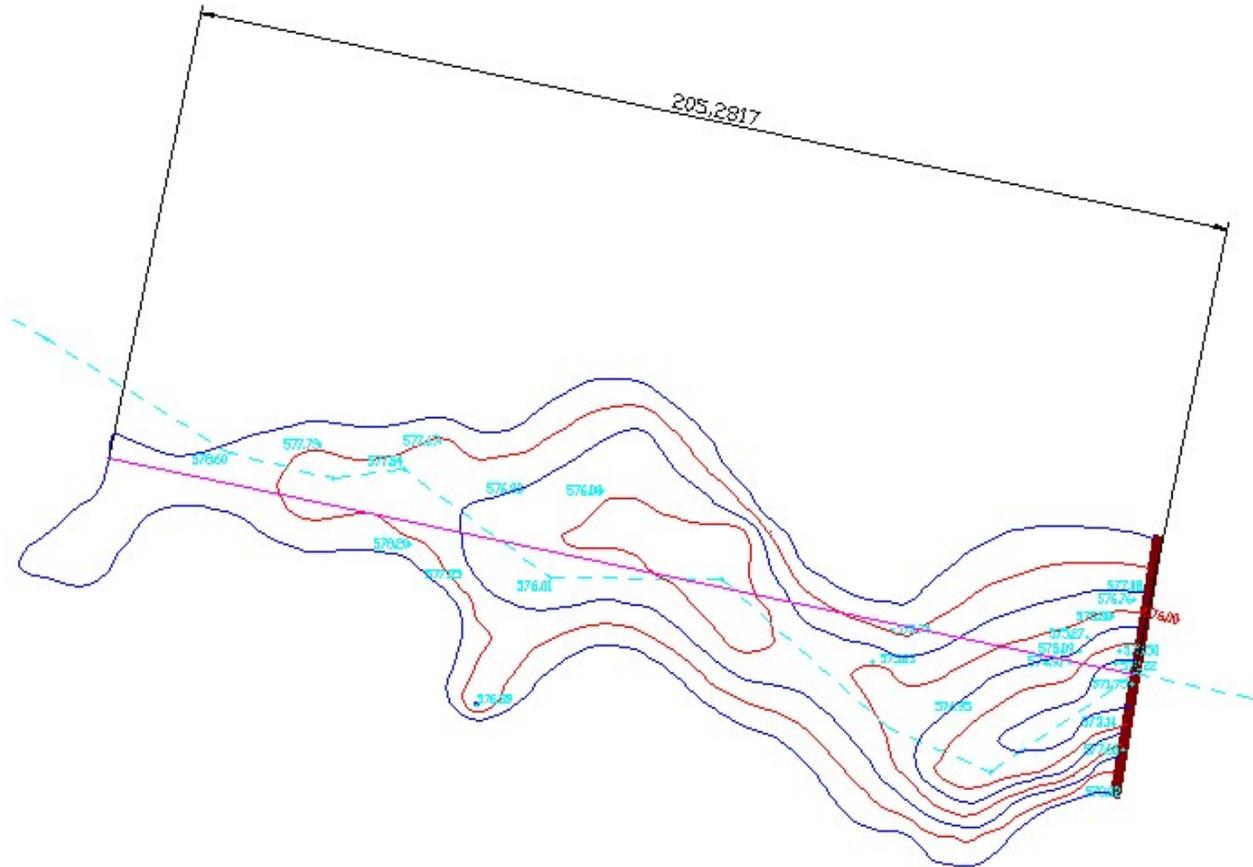
#### **Formule De Svenson :**

$$\text{Pour } F < 18 \text{ Km : } H_w = 0,75 + 0,34\sqrt{F} + 0,26\sqrt[4]{F}$$

$$\text{Pour } F > 18 \text{ Km : } H_w = 0,34 \times F$$

$F$  [Km] : Fetch, longueur rectiligne perpendiculaire mesurée de l'axe de la digue au la ligne de la cuvette la plus éloignée.

## Ligne de Fetch



### **Formule De Molitor**

$$\text{Pour } F < 30 \text{ Km : } H_w = 0,75 + 0,032\sqrt{UF} - 0,27\sqrt[4]{F}$$

$$\text{Pour } F > 30 \text{ Km : } H_w = 0,32\sqrt{UF}$$

### **Formule Empirique**

La hauteur des vagues peut être estimée aussi par la formule empirique suivante :

$$H_w = 0,005 \times (U)^{1,06} \times (F)^{0,47}$$

U (Km/h) : vitesse du vent, (a ce région les vents est : 9.18 km/h)

H<sub>w</sub> (m) : hauteur des vagues.

- **SOULEVEMENT DU PLAN D'EAU**
- **VITESSE DE PROPAGATION DES VAGUES**

La vitesse des vagues est estimée par la relation de Gaillard :

$$V = 1,5 + 2 \times H_w$$

$V$  (m/s) : vitesse de propagation des vagues

$H_w$  (m) : hauteur des vagues

La revanche sera augmentée d'une hauteur de sécurité de  $H_{sec}$  de **0,50 m**.

Le niveau des plus hautes eaux, est tiré à partir de la courbe caractéristique.

## **F) NIVEAU NORMAL DE LA RETENUE**

Il est calculé compte tenu de la capacité utile à stocker majorée par la tranche morte éventuellement prévue au fond de la retenue pour emmagasiner les dépôts solides. Elle correspond au volume engendré par la côte des plus hautes eaux diminuée de la charge (H) sur le déversoir, selon la régularisation :

$$NNR = NHE - H$$

## **G) HAUTEUR DE LA DIGUE**

La hauteur de la digue de la retenue à partir du terrain naturel.

La hauteur de la digue à partir de sa base.

La hauteur de la digue à partir de la dent d'encrage.

⇒ **LONGUEUR DE LA DIGUE**

⇒ **ETUDE DES TALUS**

## **A) PRE DIMENSIONNEMENT DES TALUS**

D'après les recommandations faites sur les barrages en Terre, si la digue est en matériaux argileux homogènes, le talus amont aura une pente de 1/3 et le talus aval aura une pente de 1/2,5. Alors que si la digue est conçue avec un noyau central, le talus amont aura une pente de 1/ 2.5 et le talus aval 1/2.5.

## **B) PROTECTION DES TALUS**

Le parement amont sera protégé souvent par des enrochements ou en béton contre le batillage des vagues. C'est les matériaux les plus couramment utilisés pour la protection du talus amont. Quant au parement aval, il sera protégé soit par la même manière que le talus amont ou par la végétation contre les eaux de ruissellement pluviales.

Par ailleurs, des caniveaux seront prévus sur la crête et sur les deux rives de la digue pour collecter les eaux pluviales et les évacuer dans l'oued ou la cuvette.

Dans le cas de l'enherbement du talus aval, il doit être réalisé immédiatement après l'achèvement des travaux de terrassement, en ayant soin de couvrir le parement d'une couche végétale de 5 à 10 cm d'épaisseur.

Alors que le talus amont est protégé par une couche d'engrochement ou de béton dont l'épaisseur est déterminée par la hauteur des vagues, et de leurs vitesses de propagation. Cette épaisseur (e) peut être obtenue par la formule suivante :

$$e = C \times V^2$$

$V$  : vitesse des vagues en (m/s),  $V = 2.64$  m/s.

$C$  : Coefficient dépendant de la pente du talus (m) et du poids spécifique ( $\theta$ ) de du matériau d'engrochement : ( $\gamma_P=2,65$  g/cm<sup>3</sup>), La valeur de « $C$ » est donnée par le tableau ci-dessous.

(Pour  $m = 3$  et  $\theta = 2,65$  t/m<sup>3</sup>,  $C = 0,025$ ).

### Valeur Du C Pour Différentes Poids Spécifiques

<i>Pente du talus</i>	<i>Valeur de C</i>		
	$\gamma_P = 2,5$	$\gamma_P = 2,65$	$\gamma_P = 2,80$
$\frac{1}{4}$	0,027	0,024	0,022
$\frac{1}{3}$	0,028	<u>0,025</u>	0,023
$\frac{1}{2}$	0,03	0,028	0,026
$\frac{1}{1.5}$	0,036	0,028	0,03
$\frac{1}{1}$	0,047	0,041	0,038

### ⇒ LARGEUR DE LA CRETE

La largeur de la crête du barrage doit être assez large pour :

- ❖ Qu'il n'y ait pas de circulation d'eau dans le barrage, près de son couronnement, lorsque la retenue est pleine.
- ❖ Permettre la circulation des engins pour la finition de l'ouvrage, et ultérieurement pour son entretien.
- ❖ Permettre la communication entre les deux rives du barrage et surtout pour les fellahs de la région.

Pratiquement la largeur de la crête « L » est supérieure à 3 m. D'autres formules empiriques peuvent être utilisées, pour la détermination de la largeur de crête :

$$\text{❖ } L = 1,65 \times H^{0,5} ;$$

$$\text{❖ } L = 3,6 \times H^{1/3} - 3 ;$$

$$\text{❖ } L = 1,1 \times H^{0,5} + 1.$$

La largeur de la crête est au maximum égale à 12 m.

⇒ **LARGEUR DE LA BASE**

## OUVRAGES ANNEXES

### - EVACUATEUR DE CRUE LATERAL EN BETON

Un barrage, s'il retient l'écoulement, doit aussi conserver la faculté d'évacuer les crues exceptionnelles. Mais il faut que cette évacuation ait lieu sans que la lame d'eau ne le submerge car il aurait toute chance d'être gravement endommagé ou détruit. On prévoit alors un organe d'évacuation à fonctionnement automatique appelé évacuateur de crues.

Cet ouvrage est composé des organes suivants :

- ❖ Déversoir,
- ❖ Chenal de transition,
- ❖ Coursier,
- ❖ Bassin d'amortissement,
- ❖ Canal de fuite.

#### ⇒ DEVERSOIR

- ❖ Longueur déversante :  $L_{dev} = !$ ,
- ❖ Charge sur le déversoir :  $H_{dev} = !$ ,
- ❖ Largeur du déversoir :  $B = !$ ,
- ❖ Pente :  $I = !$ ,
- ❖ Débit laminé :  $Q_{dev} = !$ .

#### ⇒ CANAL DE TRANSITION

C'est un organe de pente faible maintenant un écoulement permanent, permettant le contournement de la digue dans les meilleures conditions de sécurité, il permet le passage de l'écoulement du régime fluvial vers le régime torrentiel caractérisant le coursier.

- ❖ Longueur du Canal :  $L = !$ ,
- ❖ Largeur du canal :  $B = !$ ,
- ❖ Pente :  $I = 0,20 \% - 0,50 \%$ .

## ⇒ COURSIER

Le coursier permet d'acheminer l'écoulement d'une crue de l'amont vers l'aval de la retenue, sa longueur et sa perte dépendant de la configuration topographique du terrain, et des disponibilités de raccordement au cours d'eau original.

- ❖ Longueur du Canal :  $L = !$ ,
- ❖ Largeur du canal :  $B = !$ ,
- ❖ Pente :  $I = !$  (fonction TN),
- ❖ Canal rectangulaire.

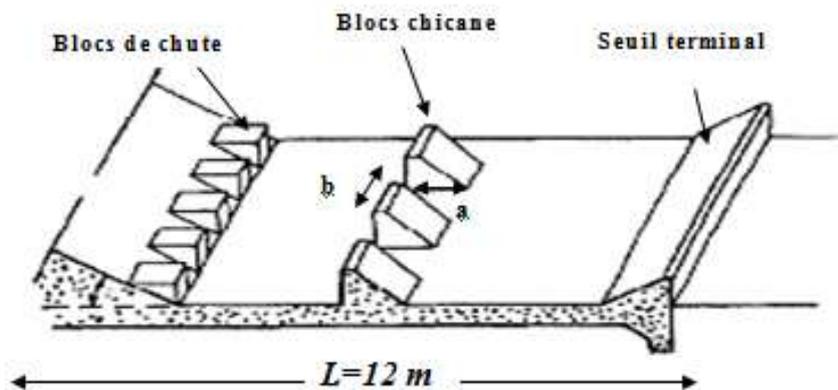
## ⇒ BASSIN D'AMORTISSEMENT

Les bassins d'amortissement sont des structures chargées d'alléger l'importante énergie que l'eau acquiert dans sa chute.

Le saut a lieu lors de l'union de deux régimes d'écoulement: l'un d'arrivée torrentielle et l'autre de sortie sub-critique.

- ❖ Longueur du bassin :  $L = !$ .
- ❖ Largeur du bassin :  $B = !$ .

### Bassin Dissipation



## ⇒ CANAL DE FUITE

C'est un canal de forme rectangulaire de faible pente, d'une distance qui se chargera de restituer au cours d'eau original sans risque d'affouillement.

- ❖ Longueur du Canal :  $L = !$ ,
- ❖ Largeur du canal :  $B = !$ ,
- ❖ Pente :  $I = 0,50\% - 1,00\%$ .

## - PRISE D'EAU ET VIDANGE DE FOND

La prise d'eau et la vidange de fond sont réunies dans un même ouvrage situé au pied amont de la digue sur la rive gauche. Il est équipé de :

- ❖ Vanne d'entrée de la prise d'eau (chambre immergée).
- ❖ Conduite forcée de vidange de fond.
- ❖ Vanne de sortie (vanne robinet) contenant trois robinets l'un pour la prise d'eau, l'autre pour la vidange et le dernier de secours.
- ❖ Bassin d'amortissement pour dissiper l'énergie provenant en temps de vidange de Fond de la retenue.
- ❖ Canal d'évacuation.

## - TOUR DE PRISE

Elle est de forme cylindrique présentant deux sections différentes, une de base et une plus importante de contrôle.

Des vannes de prise et de vidange sont prévu, ainsi qu'une conduite de prise d'eau menée d'un coude dans sa partie basse qui la reliera à la conduite de service passant par la conduite de vidange dans sa partie supérieure.

Le niveau de prises d'eau est à partir de NMR.

## - CONDUITE DE VIDANGE

La conduite forcée de vidange a un diamètre sur la longueur totale de la base. La pente du radier de la conduite est de 1% et le débit dépend des besoins en irrigation. Le niveau de vidange est à partir de la cote de NMR.

## - CHAMBRE DE MANŒUVRE

C'est une chambre en béton à l'extérieur de la conduite de vidange dans sa partie supérieure.

Trois vannes seront installées sur la conduite de prise, vanne de garde, vanne d'exploitation et une vanne sera utilisé lors de la vidange complète de la retenue.

## - BASSIN D'AMORTISSEMENT DE LA VIDANGE

Les dimensions de ce bassin sont reliées au profil de terrain naturel :

- ❖ Débit de vidange  $Q = 0,63 \text{ m}^3/\text{s}$  ; Diamètre de la conduite  $D = 400 \text{ mm}$ .

- ❖  $b = \text{largeur du bassin d'amortissement, } b = D + 2 \times D.$
- ❖  $L = \text{longueur de bassin d'amortissement, } L = X \times D.$
- ❖  $h = \text{hauteur d'eau dans le bassin, } h = 1,1 (D + 2 \times D).$