

وزارة التعليم والبحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT Génie - Hydraulique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

En vue de l'Obtention du Diplome d'Ingénieur d'Etat

S U J E T

**Etude de Faisabilité d'une retenue
collinaire sur OUED MENAOURA
Wilaya de TIARET**

8 PLANCHES

Proposé par :

D. H. W. T.

Etudié par :

KASMI A.

BOUNOUALA L.

Dirigé par :

ABDERRAHIM D.

PROMOTION : Juin 1986

Ecole Nationale Polytechnique.
Département: Génie-Hydrologique.
Étudiants: Bouhoua L. - KASMI. A.
Promoteur: Abderrahim. D

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
دائرة الري

الطالبان: بونواله - قاسمي

الموضوع: دراسة تصميم لإنشاء حوض مياه بوادي المنورة

المختص: الهدف من مشروعنا هو تنفيذ دراسة زراعية لمنطقة المنورة بكمية كافية من الماء. نختصر في هذا المشروع على دراسة السدود الأولية للقاعدة والاستقرارية والحسابات الهيدرولغرافية للمنشآت الثانوية والكمية المطلوبة لإفجاز خواص الحوض التي يتم الحصول عليها حسب المعطيات الأولية والدراسة هي:

الحوض: - الارتفاع = 14,4 م، الحجم = 248000 م³، الطول في القمة = 258 م
التصريف الذي يسبب الفيضانات في كل مائة سنة = 5,27 م³/س

Sujet: Etude de faisabilité d'une retenue sur oued Menaoura.
Resumé: Le but de notre étude est de satisfaire les besoins en eau pour l'irrigation des terres agricoles de la région de "Menaoura". Notre projet se limite sur l'étude hydrologique du site, stabilité calcul hydrotechnique des ouvrages annexes, coût et estimation des ouvrages. Les caractéristiques de la retenue d'après les données de base et étude sont:

Retenue: Hb = 14,4 m.
longueur en crête: 258 m.
capacité: 248000 m³
debit de crue centennale = 5,27 m³/s

Subject: the study of the design of small dam.
Abstract: the object of our study is to satisfy the need of sufficient water for irrigation of agricultural lands in "Menaoura" region. Our project is limited to the hydrological study and hydrotechnical and stability study for the secondary structures. and the required cost for construction.

Height: Hb = 14,4 m.
dams length: 258 m
capacity = 248000 m³
May flood discharge every 100 years = 5,27 m³/s

Remerciements

Nous tenons à exprimer nos remerciements envers tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce projet et particulièrement à notre promoteur M^S ABDERRAHIM pour sa contribution à l'élaboration de cette thèse

- au corps enseignant de l'école nationale polytechnique d'Alger

- à M^S KADDARI de la D.H.W. de Tiaret pour l'apport inestimable de documentation émanant de son service

Nous ne saurions terminer sans exprimer notre respect aux membres de Jury qui nous feront l'honneur d'apprécier notre travail

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect

- A ma mère et mon père, qui ont tant attendu ce jour
- A mon frère Ahmed, à mes deux frères et à mes deux sœurs
- A ma femme et mon fils
- A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

KASMI - Abdelhadi

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect.

- A ma mère et mon père qui ont tant attendu ce jour
- A mes sœurs et mes frères, à mon frère Mohamed
- A toute ma famille
- A tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à ce travail.

BOUNOUALA - Lakhdar

Table des matieres

<u>Introduction</u>	1
<u>choix du site</u>	3
1. Facteur topographique	3
2. Facteur geologique et geotechnique	4
3. Facteur hydrologique	4
4. Facteur economique	5
Caracteristiques de la digue et de la retenue	6
<u>I. chapitre I : ETUDE - HYDROLOGIQUE</u>	7
1. Etude du bassin versant	8
3. Caracteristiques climatiques	11
4. le rectangle equivalent	14
5. Calcul du temps de concentration	15
6. Calcul de l'apport annuel	16
7. Calcul du module specifique de l'ecoulement	18
8. Variabilite' de l'apport annuel	18
9. Calcul du debit moyen	19
10. Calcul du volume utile	21
11. Calcul de la superficie irriguee	21
12. procede de verification du volume utile	23
13. Hydrogramme des crues	24
14. trace de l'hydrogramme de crue	25
15. Apports Solides - envasement	30
16 - Determination des courbes caracteristiques	31

17. laminage de la crue	
II: CHAPITRE II: ETUDE- GEOTECHNIQUE	37
1. Generalités	38
2. Geologie du site	38
3. Infiltrations et pertes par infiltrations	41
4. Appuis de la digue	42
5. Zones d'emprunt et Carriere des matériaux	42
III: CHAPITRE III: ETUDE DE LA-DIGUE	45
1. Les dimensions de la digue	46
2. Pente des talus de la digue	48
3. détermination de la ligne de saturation	51
4. Protection contre les infiltrations	51
5. Ligne de saturation	53
6. Calcul du débit de fuite	54
7. Etude de la stabilité	54
IV: CHAPITRE IV: LES OUVRAGES - ANNEXES	63
1. évacuateur de crue	70
2. Stabilité de l'évacuateur de crue	74
3. Calcul hydraulique	76
4. Canal évacuateur	77
5. ouvrage de prise et de vidange	88
6. ouvrage de dérivation provisoire	89
7. chantier	90
8. coût estimatif de l'ouvrage	92
conclusion	93
Bibliographie	94

Introduction.

L'eau est l'élément vital, pour le citoyen, elle constitue aujourd'hui, à la fois, le facteur décisif pour l'augmentation de la production agricole et l'élément déterminant pour la croissance du développement socio-économique. Il est indéniable que des efforts importants ont été consentis par l'état durant ces dernières années, pour accroître la mobilisation des ressources en eau, afin de répondre à la satisfaction des besoins de la population, de l'industrie et de l'agriculture.

Dans le cadre économique et financier actuel, la retenue collinaire ne peut être considérée, que comme, un des moyens, peut être, le plus puissant entre les mains de l'administration, pour évoluer les techniques de culture et de ce fait créer des foyers de progrès.

C'est ainsi que le collinaire se place là où, aucune ne peut fournir de l'eau à l'agriculture car, il est la technique la moins coûteuse et celle qui porte en elle le plus de chance de provoquer un bon en avant.

La technique des retenues collinaires permet d'envisager l'irrigation dans les zones de collines, où le procédé classique des grands travaux est inapplicable à cause du relief.

Il s'agit de petits lacs artificiels retenant les eaux de ruissellement d'un bassin versant de faible superficie derrière une digue en terre d'une dizaine de mètres de hauteur, barrant

Un vallon et dominant généralement une zone à irriguer.

En effet les retenues collinaires présentent certains avantages car, elles sont :

- de réalisation simple
- peu coûteuses en raison de leurs tailles réduites et n'exigeant donc pas, la mise en oeuvre de capitaux importants.
- de rentabilité immédiate.
- utilisation des matériaux locaux pour la construction
- possibilité de les construire dans toutes les régions géographiques

Choix du site

Les facteurs qui interviennent dans le choix du site sont:

1. Facteur topographique.
2. Facteur géologique et géotechnique
3. Facteur hydrologique
4. Facteur économique.

1. Facteur topographique.

La topographie est un facteur clé du choix de l'emplacement du petit lac artificiel. Contrairement aux grands lacs, la retenue collinaire, ne sera pas, en général, établie dans une vallée plus ou moins profonde où s'écoule une véritable rivière. Pour pouvoir conserver à l'ouvrage, le caractère rustique qui conditionne avant tout son modeste prix de revient, il importe en effet de ne pas barrer le thalweg principal d'un cours d'eau assez important. On s'efforcera au contraire de choisir dans les collines latérales des petits vallonnements

Un tel choix aura aussi l'avantage de placer la réserve au dessus du périmètre à desservir ce qui peut permettre une distribution gravitaire

2. Facteur géologique et géotechnique

Le site doit être géologiquement favorable à la construction d'une retenue imperméable. Il doit assurer une bonne assise à la digue et pouvoir fournir les matériaux nécessaires à sa construction.

En ce qui concerne l'étanchéité du fond de la cuvette, on évitera le plus possible les roches poreuses ou les roches susceptibles de se

dissoudre (gypse). Les lits d'alluvions récents en grande masse (gravier, sables) peuvent être également la source de difficultés.

En ce qui concerne les fondations de la digue, il conviendra de s'assurer qu'elle présente une stabilité suffisante. En général la zone d'assise étant assez large, les charges unitaires dues au poids de la digue, restent inférieures à celles que peut supporter un terrain.

Enfin, il importe de choisir un site tel qu'on puisse y trouver tous les matériaux nécessaires à la construction de la digue.

Contrairement à ce que l'on peut penser, un terrain trop riche en argile n'est pas l'idéal, car, il assure une bonne imperméabilité, mais il est trop plastique et possède une résistance au cisaillement très faible lorsqu'il est humide, de plus il est sujet au retrait et au gonflement, et se compacte difficilement.

Il est à noter, que du point de vue géologique, les petits barrages en terre offrent le grand avantage de s'adapter assez facilement aux terrains variés rencontrés dans la nature à condition de prendre certaines précautions (compactage suffisant, drainage des infiltrations)

3- Facteur hydrologique

On s'efforcera d'implanter la digue à l'éaval d'un bassin versant dont la superficie sera nécessaire pour assurer l'alimentation régulière de la réserve prévue.

La superficie étant faible, les débits de crue resteront modestes et leur évacuation vers l'éaval de la digue ne nécessite pas d'ouvrages

D'autre part les debits solides par unite de surface sont generalement plus faibles en tete du bassin versant, où, les revins d'erosion, n'ont souvent pas pris naissance.

4. Facteur economique.

Le choix correct doit non seulement assurer la securite de l'ouvrage, mais, encore conduire à un prix de revient raisonnable de l'eau mis à la disposition des utilisateurs.

Dans ce contexte le D.H.KI de Tiaret, nous a propose de faire l'etude de faisabilite de la retenue collinaire de "Oued Menaoun" qui se trouve juste à proximite de la ville de "Rahouia" et à quelques 30 km au nord-ouest de Tiaret

Notre etude est axee essentiellement sur les parties, hydrologique, geologique du site, la conception hydrotechnique de la retenue, les ouvrages annexes et le coût estimatif.

Caractéristiques de la digue et de la retenue collinaire.

Les paramètres de la digue et de la retenue collinaire, sont déterminés à partir des calculs.

Les données caractéristiques les plus importantes sont développées dans le tableau suivant.

Tableau n° 1 :

N°	Données caractéristiques de la digue	Unités	Dimensions
1	hauteur de la digue à partir du terrain	m	11,40
2	Longueur de la crête	m	258,00
3	largeur de la crête	m	6,00
4	côté du terrain dans l'axe de la digue	m	47,28
5	côté de la crête	m	61,68
6	côté du niveau d'eau normal	m	58,08
7	côté du niveau du volume mort.	m	53,53
8	Volume utile	m ³	0,210.10 ⁶
9	Volume mort.	m ³	0,38.10 ⁵
10	Volume total.	m ³	0,248.10 ⁶
11	Volume total du remblais.	m ³	175614

CHAPITRE I:

ETUDE - HYDROLOGIQUE

1. Etude du bassin versant

Pour le présent chapitre qui concerne l'étude hydrologique de la retenue collinaire de "Oued Menabour" nous avons utilisé :

- des cartes topographiques au 1/1000.
- la pluviométrie de la station de "Rahouia"
- l'évaporation d'une surface d'eau libre au niveau de 4 barrages
- le vent: direction et vitesse d'après les stations de Tiaret et Tissemsilt (ex: Viàler)
- Les annuaires d'hydrologie : débits annuels et coefficient de ruissellement.
- le schéma du bassin versant du site de la retenue

Cette étude comprend trois parties

- 1- Les caractéristiques orohydrographiques
- 2- les caractéristiques climatiques
- 3- Les caractéristiques hydrologiques.

2.1: les caractéristiques orohydrographiques

La retenue collinaire de "Oued Menabour" est située dans le Wilaya de Tiaret, tout près de la ville de Rahouia (sur l'axe Tiaret - Oran)

Les coordonnées du site considéré sont les suivantes

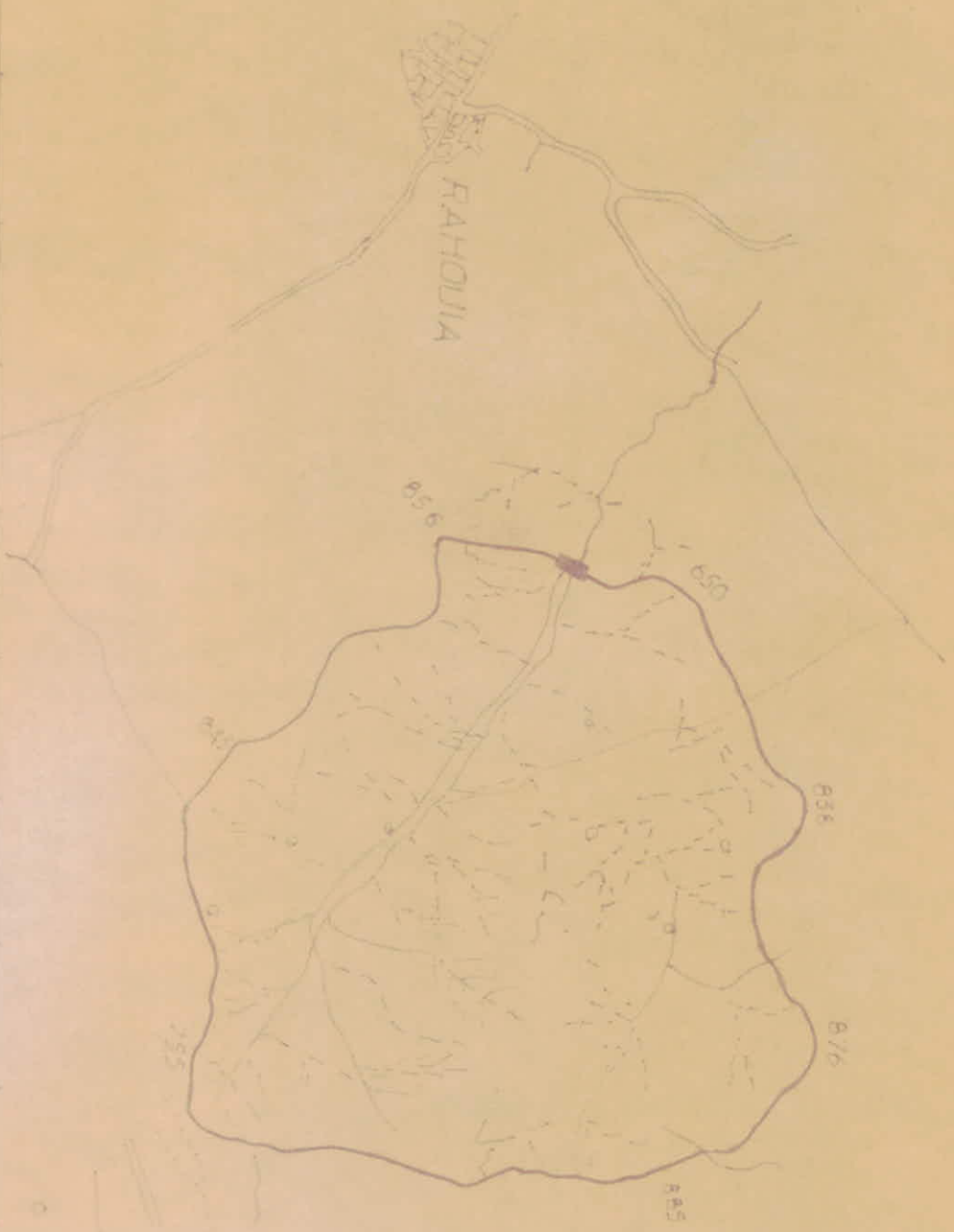
$$X = 249.90 \quad Y = 351.60$$

Les caractéristiques orohydrographiques du site étudié sont résumés dans le tableau récapitulatif n° 2.

BASSIN VERSANT DE L'OUED MENADOURA

RETIENUE COLLINAIRE DE MENADOURA

Ech 1/50000



LEGENDE

- cours d'eau
- - - cours d'eau sec
- route
- route peu importante
- o puit

Tableau n°2

Site	S	Hm	J _{Br}	J _o	L _o
	km ²	m	%	‰	km
Oued Menaoura	15	769	28	20	5

Le bassin versant de oued Menaoura est pourvu de toute végétation à l'exception de quelques rares petites collines variées à une culture aléatoire de céréales.

On constate sur le bassin versant de O.M, des alluvions d'origine argilo-sableuse, à l'ajoutent quelques fois des blocs de gres carbonatés

Le type d'érosion est essentiellement une érosion de surface. Le lit de l'oued semble bien formé, il est à l'état sec en été et au printemps

Les caractéristiques déjà citées ci-dessus ont été déterminées à partir de formules de base qui sont:

a- Altitude : Hm

$$Hm = \frac{\sum Si \cdot Hi}{S} \text{ avec } Hm: \text{altitude moyenne (m)}$$

Hi : altitude moyenne entre 2 horizontales (m)

Si : surface entre deux (2) horizontales (km²)

b- pente du bassin versant: J_{Br}

$$J_{Br} = \frac{\sum H_o \cdot e \cdot 100}{S} \text{ en } \%$$

$\sum H_o$: Somme des horizontales dans le bassin versant (km)

S: Surface du bassin versant (km²)

-e : coefficient de dénivellation entre deux horizontales (km)

C. pente de l'oued : J_0

$$J_0 = \frac{H_{\text{source}} - H_{\text{exutoire}}}{L_0} \cdot 1000$$

H_s : altitude de la source (m)

H_{ex} : altitude de l'exutoire (m)

L_0 : longueur de l'oued (km)

3. Caractéristiques climatiques

Le bassin versant du site se trouve dans la zone méditerranéenne avec des pluies maximales s'étalant de janvier à Mars.

Durant les mois de mai-juin, les pluies diminuent fortement et n'existent pratiquement plus durant les mois de juillet-Août.

Dans notre étude nous avons utilisé les observations de la station pluviométrique de "Rahouia"

3.1: Les pluies moyennes

Une série d'observations sur 21 ans (1960-1981) avec une erreur de 5% (qui est une erreur acceptable), nous donne une pluviométrie moyenne de 445 mm.

Tableau n°3

STATION	nombre d'années	H	Cv	Cs
	-	mm	-	-
Rahouia	21	445	0,25	2 Cv

3.2: les pluies maximales de 24 heures

Nous avons pris en considération les données de la station

de "Rahouia", la serie de 17 années traitées nous donne un coefficient de variation $Cv = 0,35$ avec une erreur de 8% (acceptable) Serie de (1945-1961)

Tableau n° 4

STATION	nombre d'années	H	Cv	Cs
	-	mm	-	-
Rahouia	17	41	0,35	4Cv

3.3: Distribution mensuelle des pluies

Dans le tableau suivant on donne la repartition mensuelle des pluies pour deux années caractéristiques. Une année moyenne et une année sèche à 75%

Tableau n° 5

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
année moyenne	17	45	44	59	53	54	74	54	25	20	0	0	445
%	3,82	10,13	9,88	13,26	11,92	12,13	16,63	12,13	5,61	4,49	0	0	100
année sèche à 75%	0	30	47	58	44	56	71	46	25	13	0	0	390
%	0	7,69	12,05	14,87	11,28	14,36	18,20	11,79	6,43	3,33	0	0	100

3.4: L'évaporation de la surface d'eau libre.

a - les températures

En ce qui concerne la température, la station la plus représentative est celle de Rahouia, cependant comme les données n'existent pas dans cette station, nous prenons en considération les températures de la station la plus proche (celle de Tiaret)

Tableau n° 6 : Repartition mensuelle de la temperature

mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	moyenne
temperatures	6,7	7,7	9,8	12,9	17,7	22,6	27,9	28,0	23,3	17,1	17,1	7,3	16

b- L'évaporation

L'évaporation de la surface d'eau libre est déterminée d'après les données des observations relatives à l'évaporateur "Colorado" publiées dans les recueils climatologiques de la D. E. M. R. H.

Sur le bassin versant du site de la R. C de "Oued Mehaourâ", il n'y a pas de station, ainsi nous sommes obligés d'utiliser les stations des bassins versants voisins.

Tableau n° 7: Repartition des évaporations pour une année moyenne et une année sèche à 75%.

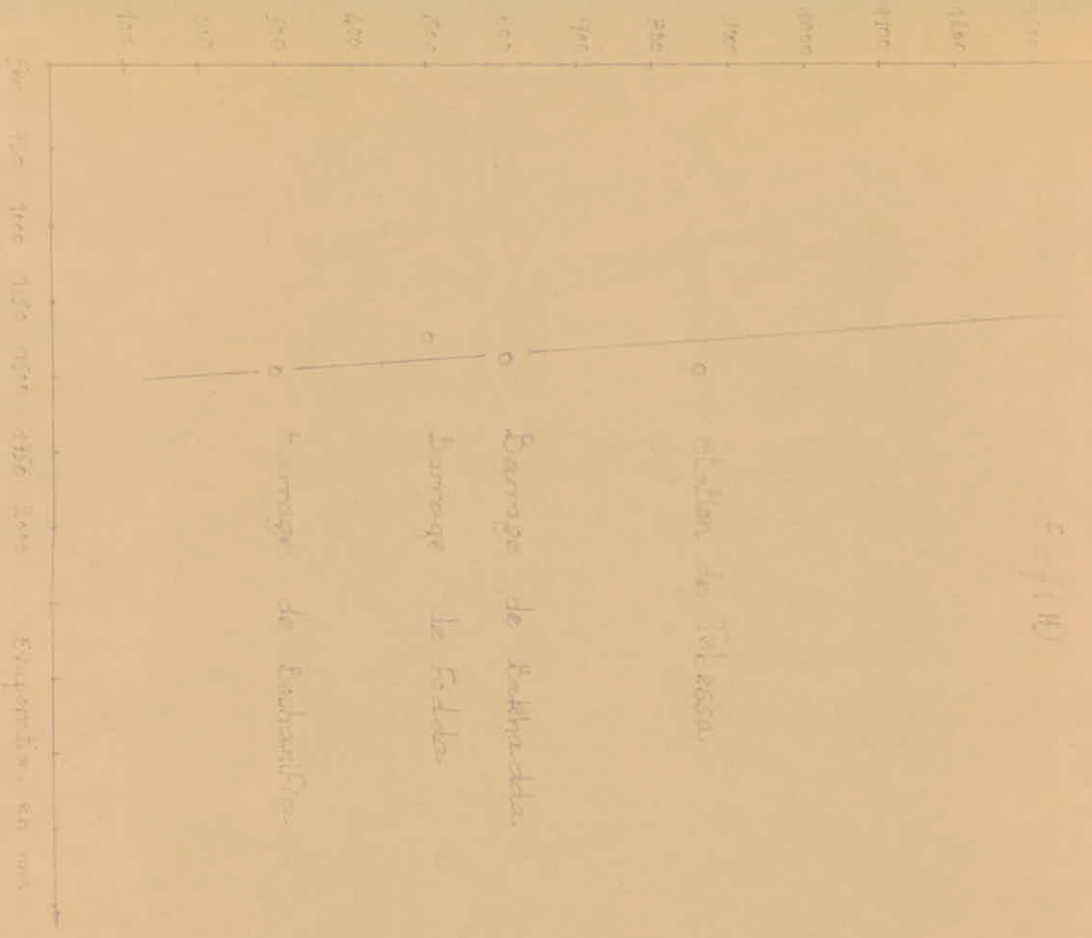
mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	total
année moyenne	177	130	84	54	49	57	75	99	132	171	210	212	1450
année sèche à 75%	194	143	92	59	54	62	83	108	145	188	230	232	1590

3.5: Les vents

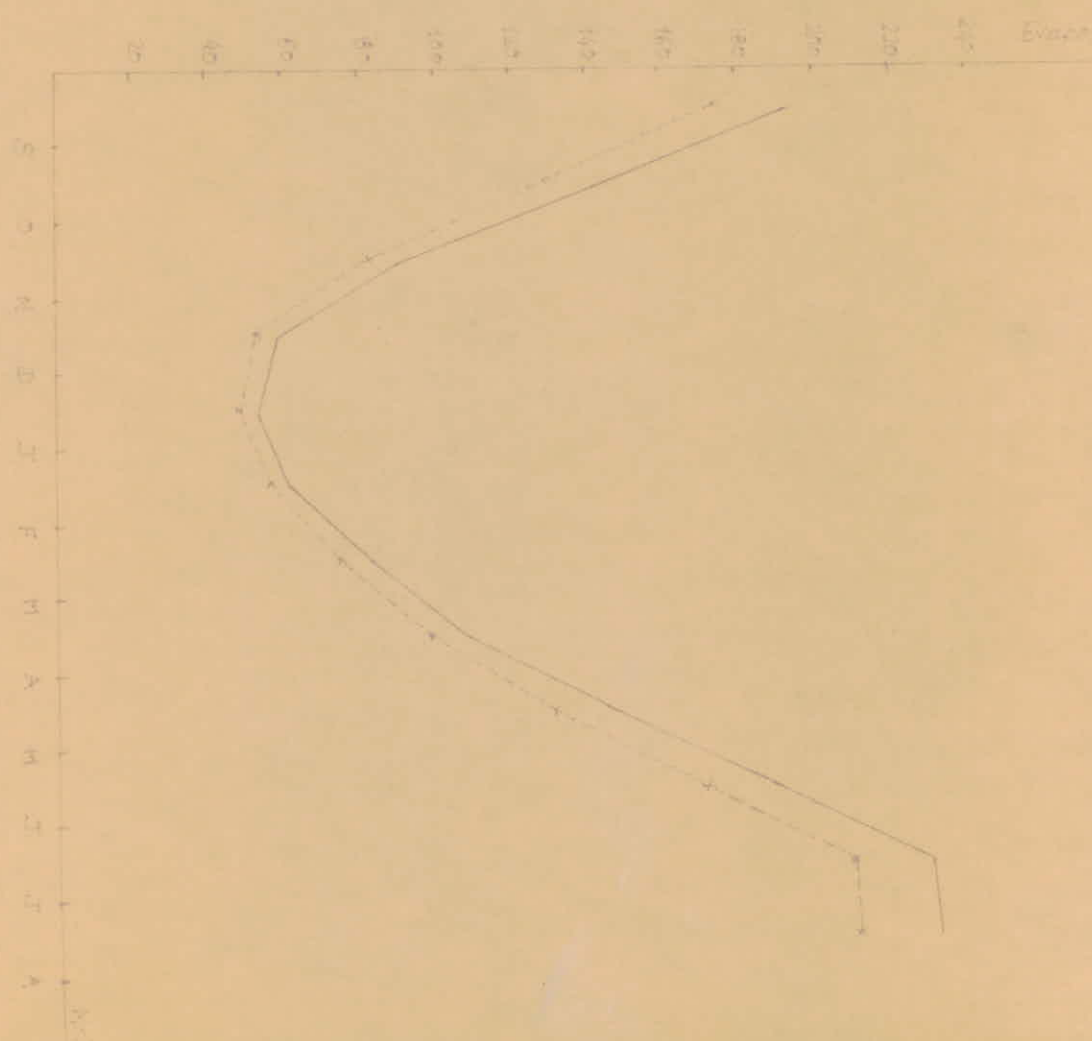
Dans cette région, les vents nord et Nord ouest prédominent. La vitesse maximale mesurée à la station de violer est de 54 m/s, on a estimé les caractéristiques maximales de la vitesse du vent et en particulier le vent de direction sud-est.

Pour la fréquence moyenne du vent pour la période de (1913-1937) pour 2 stations démonstratives de toute la région.

1. Station de Tolosa
 2. Barange de Sakhradja
 3. Barange de Fodda
 4. Barange de Esdjanfira



1. Station de Tolosa
 2. Barange de Sakhradja
 3. Barange de Fodda
 4. Barange de Esdjanfira



REVENUE COLLECTIF DE MENADIQA

RETENUE COLLINAIRE DE MENAOURA

h(mm)

Distribution mensuelle de la pluie annuelle pour deux années
Caractéristiques Une année moyenne - Une année sèche

— année moyenne
- - - année sèche

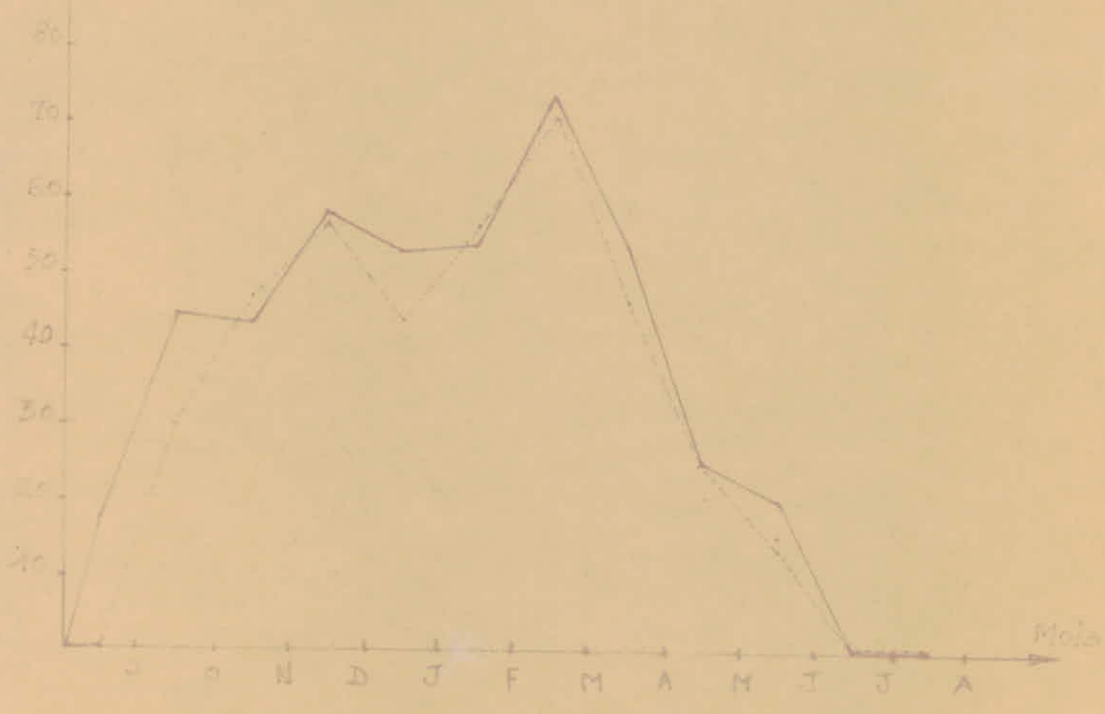


Tableau n° 8

STATION	N	N.E	E	S.N	S	S.E	N.O
TIARET	28%	13%	3%	3%	15%	10%	28%
VIALAR	10%	11%	7%	6%	4%	10%	42%

A.1: Le rectangle equivalent.

L'estimation des dimensions du rectangle equivalent se base sur l'hypothese que l'ecoulement dans un bassin versant reel est presque identique à l'ecoulement d'un bassin versant de forme rectangulaire de mêmes conditions climatiques.

Le dernier garde evidemment les mêmes, indice de compacité, densité de drainage, nature des sols et de la vegetation.

Dans le bassin versant fictif, les courbes de niveau sont disposées parallelement à la longueur. Pour determiner les dimensions du rectangle equivalent (longueur et largeur).

Le calcul de l'indice de compacité K_c est basé sur la comparaison du Perimetre P_c d'un cercle de même superficie S

$$K_c = \frac{P}{P_c} = \frac{P}{2\pi R} \quad \text{avec } R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

$$K_c = \frac{P}{2\pi \sqrt{\frac{S}{\pi}}} = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \frac{P}{\sqrt{S}}$$

L'expression $\frac{1}{2\sqrt{\pi}}$ est une constante égale à 0,28

$$\text{alors } K_c = 0,28 P / \sqrt{S}$$

On obtient, alors, l'indice de compacité de notre bassin versant

$$K_c = 0,28 \cdot 17 / \sqrt{15} = 1,23.$$

En partant de la formule de $K_c = 0,287/\sqrt{S}$, on trouve

$$(1) P = K_c \sqrt{S} / 0,28$$

d'autre part $P = (L + l) \cdot 2$ et $S = L \times l$.

où L et l , sont la longueur et la largeur du rectangle équivalent (respectivement). En remplaçant la valeur de P dans la formule

(1), on obtient l'équation du 2^{ème} degré suivante

$$2L^2 - \frac{L \cdot K_c \cdot \sqrt{S}}{0,28} + 2 \cdot S = 0$$

$$\text{où } L = \frac{\frac{K_c \cdot \sqrt{S}}{0,56} + \sqrt{\left(\frac{K_c \cdot \sqrt{S}}{0,56}\right)^2 - 4 \cdot S}}{2}$$

$$L = \frac{1}{2} \left[\frac{1,23 \cdot \sqrt{15}}{0,56} + \sqrt{\left(\frac{1,23 \cdot \sqrt{15}}{0,56}\right)^2 - 4 \cdot 15} \right] = 6 \text{ km.}$$

on obtient en fin : $l = \frac{S}{L} = \frac{15}{6} = 2,5 \text{ km.}$

$$\text{d'où } \left\{ L = 6 \text{ km et } l = 2,5 \text{ km} \right\}$$

5.1 : Calcul du temps de concentration.

On définit le temps de concentration t_c d'un bassin versant, comme étant la durée nécessaire pour qu'une goutte tombée sur le point le plus, hydrologiquement défavorable, arrive à l'exutoire, pour sa détermination on a utilisé la formule de VENTURA.

$$t_c = 0,1272 \sqrt{\frac{S}{J}}$$

où S : surface du bassin versant ($S = 15 \text{ km}^2$)

J : pente de l'oued ($J = 20\% = 0,2$)

alors $t_c = 3^h 48$

6. Calcul de l'apport annuel

Pour le calcul des apports on a fait recours aux formules empiriques valables pour le cas de l'Algérie

Pour notre étude on a choisit les formules suivantes

- 1- formule de Medinger
- 2- formule de Sarnie
- 3- formule de Turc
- 4- formule de Chauvont
- 5- formule de Contagne

6.1: formule de Medinger

$$Y_0 = 1,024 (P_0 - 0,26)^2 \text{ en (mm)}$$

P_0 : précipitation annuelle en (mm)

$$Y_0 = 1,024 (0,445 - 0,26)^2 = 0,035$$

$$Y_0 = 35 \text{ mm.}$$

6.2: formule de Sarnie

$$Y_0 = 0,784 (P_0 - 0,232)^2$$

$$Y_0 = 0,784 (0,445 - 0,232)^2 = 0,0355 \text{ m}$$

$$Y_0 = 35,5 \text{ mm}$$

6.3: formule de Turc

$$Y_0 = P_0 - \frac{P_0}{\sqrt{0,9 + \frac{P_0^2}{L^2}}}$$

$$\text{avec } L = 300 + 25T + 0,05T$$

T : température moyenne annuelle en ° Celsius

$$T = 16^\circ \text{C}$$

$$L = 300 + 25 \cdot 16 + 0,05 \cdot 16 = 7,008$$

alors $\gamma_0 = 55 \text{ mm}$

6.4: formule de chaumont

$$\gamma_0 = 0,6 P_0 (1 - 10^{0,36 P_0^2})$$

$$\gamma_0 = 40 \text{ mm.}$$

6.5: formule de Contagne

$$\gamma_0 = P_0 - D = P_0 - (P_0 - \lambda P_0^2)$$

$$\text{avec } D = P_0 - \lambda P_0^2$$

$$\gamma_0 = \lambda P_0^2$$

$$\text{avec } \lambda = \frac{1}{0,8 + 0,14 T} = \frac{1}{0,8 + 0,14 \cdot 16} = 0,33$$

$$\gamma_0 = 60 \text{ mm.}$$

Tableau n° 9

N°	Auteur	γ_0 mm
1	Medinger	35
2	Samic	35,5
3	Turc	55
4	Contagne	60
5	Chaumont	40
6	D.H.W	46

Pour notre projet on a fait le calcul des débris à l'aide de la formule de TURAZZA.

$$Q = \frac{S \cdot P \cdot a}{T}$$

S: surface du B.V en m^2

P: pluie annuelle en mm

T: temps d'une année en secondes

α : coefficient de ruissellement $\alpha = 0,05$

$$\text{On a } W = Q \cdot T = S \cdot P \cdot \alpha$$

$$W = 15 \cdot 10^6 \cdot 4,15 \cdot 0,05$$

$$W = 0,34 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

7. Calcul du module spécifique de l'écoulement

$$M_0 = \frac{W_0}{T \cdot S} = \frac{0,34 \cdot 10^6}{31,5 \cdot 10^6 \cdot 15} = 0,7 \text{ l/s/km}^2$$

$$M_0 = 0,7 \text{ l/s/km}^2$$

8. Variabilité de l'apport annuel

Pour la détermination des apports des différentes fréquences il est nécessaire de connaître, l'apport annuel moyen et le coefficient de variation C_v

Dans notre étude nous avons appliqué des formules empiriques valables pour l'Algérie

8.1: formule de UKR64ITRROVDKHOZ

$$C_v = \frac{0,70}{M_0^{0,125}} \quad \text{avec } M_0 = 0,7 \text{ l/s/km}^2$$

$$C_v = 0,70$$

8.2: formule de POBON

$$C_v = \frac{0,93}{M_0^{0,23}} \cdot K$$

avec K : coefficient de réduction variant de $(0,25 \pm 1)$ en fonction de l'apport du bassin versant $K = 0,5$

$$\text{alors } C_v = 0,50$$

8.3: formule de SOKOLOVSKY - CHEVELEY

pour les regions arides et semi-arides

$$Cv = 0,78 - 0,29 \log Mo$$

$$Cv = 0,80$$

Pour notre etude on a pris $Cv = 0,5$ (proposé par D.H.W)

9. Calcul du debit moyen.

$$Q = \frac{W}{T} = \frac{0,34 \cdot 10^6}{31,5 \cdot 10^6} = 11 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{moy}} = 11 \text{ l/s}$$

Tableau n° 10 : Caracteristiques du site

Site de	S	P	α	Q_{moy}	W_{moy}	Cv
oued	km ²	MM	—	l/s	10 ³ m ³	—
Menabura	15	445	0,05	11	0,34	0,5

Tableau n° 11 : repartition des apports mensuels

mois		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	total
année moyenne	%	3,75	10,12	9,88	13,26	14,9	12,13	16,63	11,3	5,65	4,65	0	0	100
	10 ⁶ l	12,9	34,42	33,62	45,13	40,54	41,29	56,5	40,5	19,2	15,8	0	0	340
année seche à 75%	%	0	7,68	12,04	14,86	11,27	14,36	18,2	11,79	6,42	3,38	0	0	100
	10 ⁶ l	0	16,5	26,5	32,7	24,8	31,59	49,05	25,95	14,1	7,33	0	0	220

329.3712 00.00

Tableau n° 12: Répartition des débits mensuels pour deux années caractéristiques, année moyenne et année sèche à 75%.

mois	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	mo yenne
année moyenne	17,28	12,92	17,4	15,64	15,93	21,8	15,6	7,4	6,1	0	0	4,77	11
année sèche à 75%	6,5	19,4	12,6	9,6	12,2	15,4	19,0	5,4	2,8	0	0	0	7

Tableau n° 13: répartition des volumes affluents mensuels et volumes affluents cumulés

mois	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
Q _{aff}	13,3	12,3	17,4	15,6	15,9	21,8	15,6	7,4	6,1	0	0	4,9
V _{aff} 10 ⁶ ℓ	34,4	33,6	45,4	49,5	41,3	56,5	49,5	19,2	15,8	0	0	12,88
V _{aff cum} 10 ⁶ ℓ	47,3	89,9	126,0	166,6	200	206	219	250	254	254	254	306,08

avec $V_{eff} = Q_{aff} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 30$

Tableau n° 14: répartition des volumes, consommés et consommés cumulés

mois	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
V _{c.m} 10 ³ m ³	—	—	—	—	—	—	10,5	31,5	42	50	42	31,5
V _{c.cum} 10 ³ m ³	—	—	—	—	—	—	10,5	42	84	134	176	207,5

avec V_{c.m}: volume consommé mensuel

V_{c.cum}: volume consommé cumulé

10 - Calcul du volume utile de la retenue

Le volume utile = V_u

$$V_u = \text{Max} |\Delta V^+| + \text{Max} |\Delta V^-|$$

Tableau n° 15

Mois	Valeurs cumulées		Différence	
	$V_{\text{eff cum}}$	$V_{\text{cons cum}}$	$ \Delta V^+ $	$ \Delta V^- $
	10^3 m^3	10^3 m^3	10^3 m^3	10^3 m^3
A	219	10,5	208,5	—
M	250	42	208,0	—
J	294	84	210,0	—
J	294	134	160,0	—
A	294	176	118,0	—
S	306,88	207,5	99,4	—

alors le volume utile est $V_u = \text{Max} |\Delta V^+| = 210\ 000 \text{ m}^3$

11 - Calcul de la superficie des terres irriguées

La superficie des terres irriguées par notre retenue est calculée d'après la formule suivante

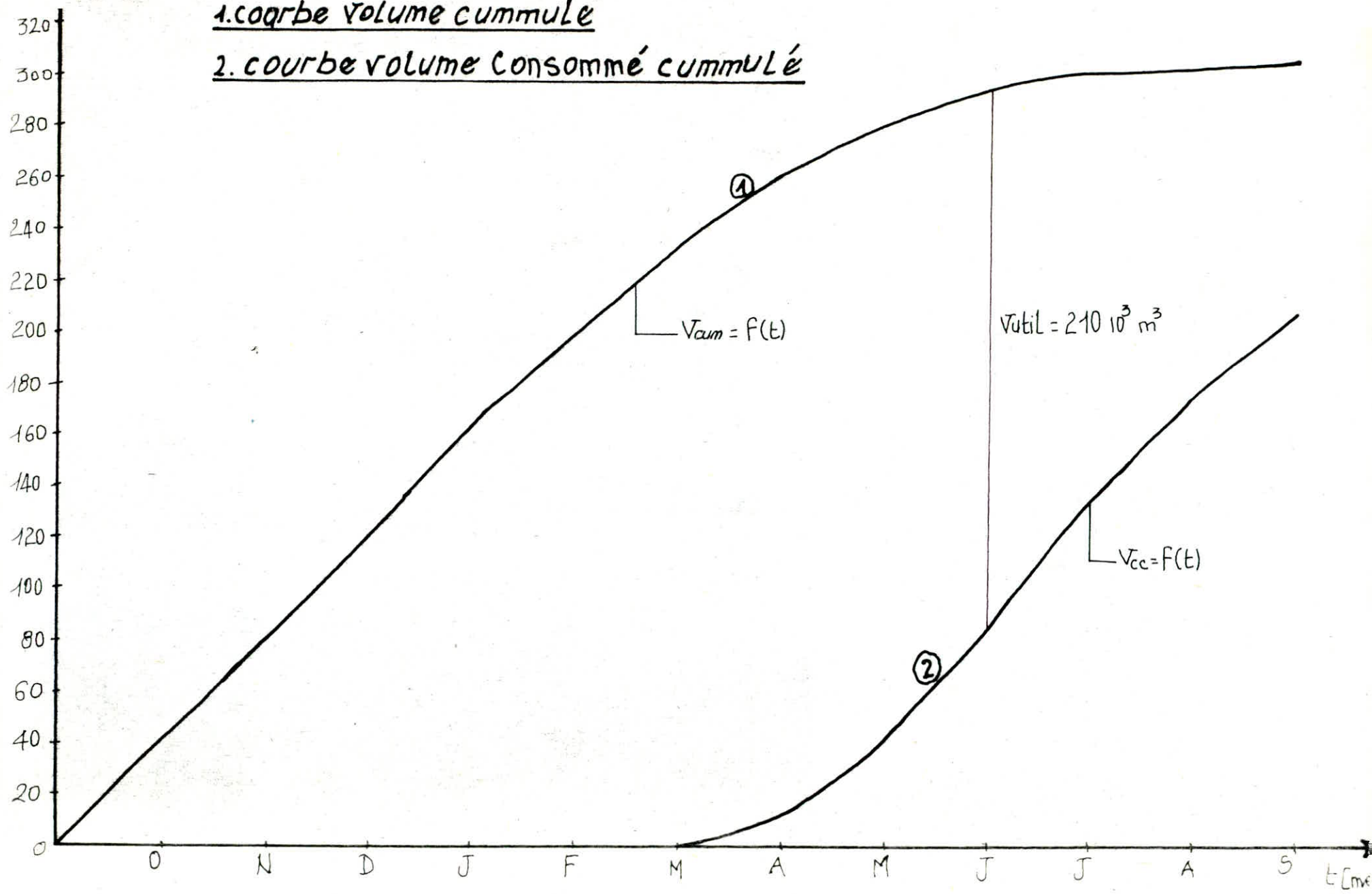
$$S = \frac{V_u \cdot 99\%}{4000} = \frac{210\ 000 \cdot 0,99}{4000} = 52 \text{ ha}$$

$$S = 52 \text{ hectares}$$

où 4000: est le module d'irrigation m^3/ha

1. courbe volume cumulé

2. courbe volume consommé cumulé



ECH: Horiz: 1cm \rightarrow 15J

VERT: 1cm \rightarrow 20 10^3 m^3

12. Procédé de vérification du volume utile

on vérifie le volume utile en utilisant les caractéristiques d'une année sèche à 75% (infiltrations et évaporations)

Tableau n° 16

mois	V _{75%}	Norme d'évaporation	Infiltration F	surface S	évaporation E	F+E	W	Σ W
-	m ³	mm	m ³	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³
O	16899	0143	0	0	0	0	16899	16899
N	26957	0092	312	1200	1104	1416	25541	42440
D	32711	0055	455	17500	1033	1488	31223	74663
J	24805	0054	507	19500	1053	1560	23245	96608
F	31596	0062	416	16000	992	1408	30188	128096
M	40072	0083	418	18500	1535	2077	38055	166151
A	25972	0108	559	21500	2322	2881	23091	188242
M	14100	0145	447	17500	2494	6341	7159	198401
J	7335	0188	260	10000	1880	2140	5191	207596
J	0	0230	221	8500	1955	2176	2176	209772
A	0	0233	0	0	0	0	0	0
S	0	0194	0	0	0	0	0	0

avec $E = \text{Norme d'évaporation} \times S (\text{m}^2)$

et $W = V_{75\%} - (F + E)$

alors le volume utile : $V_U = \Sigma W = 209772 \text{ m}^3$

alors $V_U = 210000 \text{ m}^3$

13: Hydrogramme de crue.13.1: Hydrogramme d'une crue centennale

Pour cela nous déterminons le débit de crue de fréquence voulue ($Q_{\max 1\%}$ en m^3/s) à partir de la formule de TURAZZA.

$$Q_{\max 1\%} = \frac{P_{1\%} \cdot S \cdot \alpha}{3,6 t_c}$$

où t_c : temps de concentration.

S : superficie du bassin versant.

$P_{1\%}$: pluie en (mm) de même fréquence que le débit max

α : coefficient de ruissellement

alors le débit de crue centennale est:

$$Q_{\max 1\%} = \frac{88 \cdot 15 \cdot 0,05}{3,6 \cdot 3,48} = 5,27 m^3/s$$

13.2: Hydrogramme d'une crue decennale.

le débit de crue $Q_{\max 10\%}$ est donné par la même formule de TURAZZA.

$$Q_{\max 10\%} = \frac{P_{10\%} \cdot S \cdot \alpha}{3,6 t_c} = \frac{59 \cdot 15 \cdot 0,05}{3,6 \cdot 3,48}$$

$$Q_{\max 10\%} = 3,53 m^3/s$$

13.3: Estimation de l'hydrogramme de crue millénaire.

Dans nos données nous marquons de la valeur de la pluie de fréquence 0,1% alors nous allons l'estimer comme suit

on prend $\bar{P}_{0,1\%}$ de la carte de chermont.

$$\bar{P} = 461 \text{ mm}$$

Sur la carte de Body $\bar{P}_j = 42,8 \text{ mm}$

la valeur de $cv = 0,34$ (carte de Body)

Pour une période de retour de 1000ans, la fréquence est 0,1%

avec $\mu = 3,009$

$$\text{d'où } P_{j,0,1\%} = \frac{\bar{P}_j}{\sqrt{cv^2 + 1}} e^{-\mu \sqrt{cv^2 + 1}}$$

$$P_{j,0,1\%} = 125,12$$

$$\text{on ajuste } P_{j,0,1\%} = 1,13 \cdot 125,12 = 141,4 \text{ mm}$$

alors on auroit

$$Q_{\max 0,1\%} = \frac{P_{j,0,1\%} \cdot S \cdot \alpha}{3,6 \cdot t_c}$$

$$Q_{\max 0,1\%} = 8,47 \text{ m}^3/\text{s}$$

11.1. Trace de l'hydrogramme de crue

Pour cela on utilise la méthode de Sokolovsky pour reconstituer le tracé de la crue.

Cette méthode assimile l'hydrogramme de crue à 2 équations paraboliques, l'une pour la montée de la crue, l'autre pour la décrue

L'équation de la montée de la crue est:

$$Q_{t\%} = Q_{\max\%} \left(\frac{t}{t_m} \right)^2$$

L'équation de la décrue est:

$$Q_{t\%} = Q_{\max\%} \left(\frac{t_d - t}{t_d} \right)^3$$

Où Q_t : débit ponctuel à l'instant "t"

t_m et t_d : les temps de montée de la crue et le temps de décrue

Le temps de montée t_m est égal au temps de concentration t_c
 $t_m = t_c$

le temps de décrue est: t_d avec $t_d = 8 t_m$

où δ : Coefficient qui depend des caracteristiques physiques du cours d'eau et du bassin versant, il est tabulé en fonction de ces parametres d'apres le recueil des communications hydrologiques des retenues collinaires

N° 096 / MHEF / INRH / DHYL / L.K JOUV 86 N° TOUAT

Pour notre cas $\delta = 2$.

d'où on obtient $t_m = t_c = 3,48$ hres

et $t_d = 7$ heures

Tableau n° 17

Estimation de L'hydrogramme de crue pour $Q_{max 10\%} = 3,53 \text{ m}^3/\text{s}$

montée de la crue $Q_t = Q_{max 10\%} \left(\frac{t}{3,48}\right)^2$					décrue $Q_t = Q_{max 10\%} \left(\frac{7-t}{7}\right)^3$				
t	Q_t	V_t	$\frac{V_t + V_{t-1}}{2}$	$\sum \frac{V_t + V_{t-1}}{2}$	t	Q_t	V_t	$\frac{V_t + V_{t-1}}{2}$	$\sum \frac{V_t + V_{t-1}}{2}$
hres	m^3/s	10^3 m^3	10^3 m^3	10^3 m^3	hres	m^3/s	10^3 m^3	10^3 m^3	10^3 m^3
0	0	0	—	—	0	3,53	12,71	—	—
1	0,29	1,05	0,525	0,525	1	2,22	7,59	10,35	10,35
2	1,18	4,25	2,65	3,17	2	1,3	4,68	6,33	16,68
3	2,62	9,44	6,84	10,04	3	0,66	2,38	3,53	20,21
3,48	3,53	12,71	11,07	21,08	4	0,28	1,00	1,69	21,9
—	—	—	—	—	5	0,08	0,29	0,64	22,54
—	—	—	—	—	6	0,01	0,04	0,16	22,7
—	—	—	—	—	7	0	0	0,02	22,72

Le volume de la crue est egal a la somme des volumes pendant la

Tableau n° 19

Estimation de l'hydrogramme de crue pour $Q_{max 0,1\%} = 8,47 m^3/s$

montée de la crue $Q_t = Q_{max} \left(\frac{t}{3,48}\right)^2$					décrue $Q_t = Q_{max} \left(\frac{7-t}{7}\right)^3$				
t	Q_t	V_t	$\frac{V_t + V_{t-1}}{2}$	$\sum \frac{V_t + V_{t-1}}{2}$	t	Q_t	V_t	$\frac{V_t + V_{t-1}}{2}$	$\sum \frac{V_t + V_{t-1}}{2}$
hres	m^3/s	$10^3 m^3$	$10^3 m^3$	$10^3 m^3$	hres	m^3/s	$10^3 m^3$	$10^3 m^3$	$10^3 m^3$
0	0	0	—	—	0	8,47	30,5	—	—
1	0,70	2,52	1,26	1,26	1	5,33	19,19	24,84	24,84
2	2,80	10,08	6,3	7,56	2	3,09	11,12	15,15	39,99
3	6,23	22,64	16,36	23,92	3	1,58	5,69	8,40	48,39
3,48	8,47	39,5	26,57	50,49	4	0,66	2,38	4,03	52,42
—	—	—	—	—	5	0,20	0,72	1,55	53,97
—	—	—	—	—	6	0,02	0,07	0,71	54,68
—	—	—	—	—	7	0	0	0,35	55,03

Le volume de la crue est égal à la somme des volumes pendant la montée de la crue et la décrue

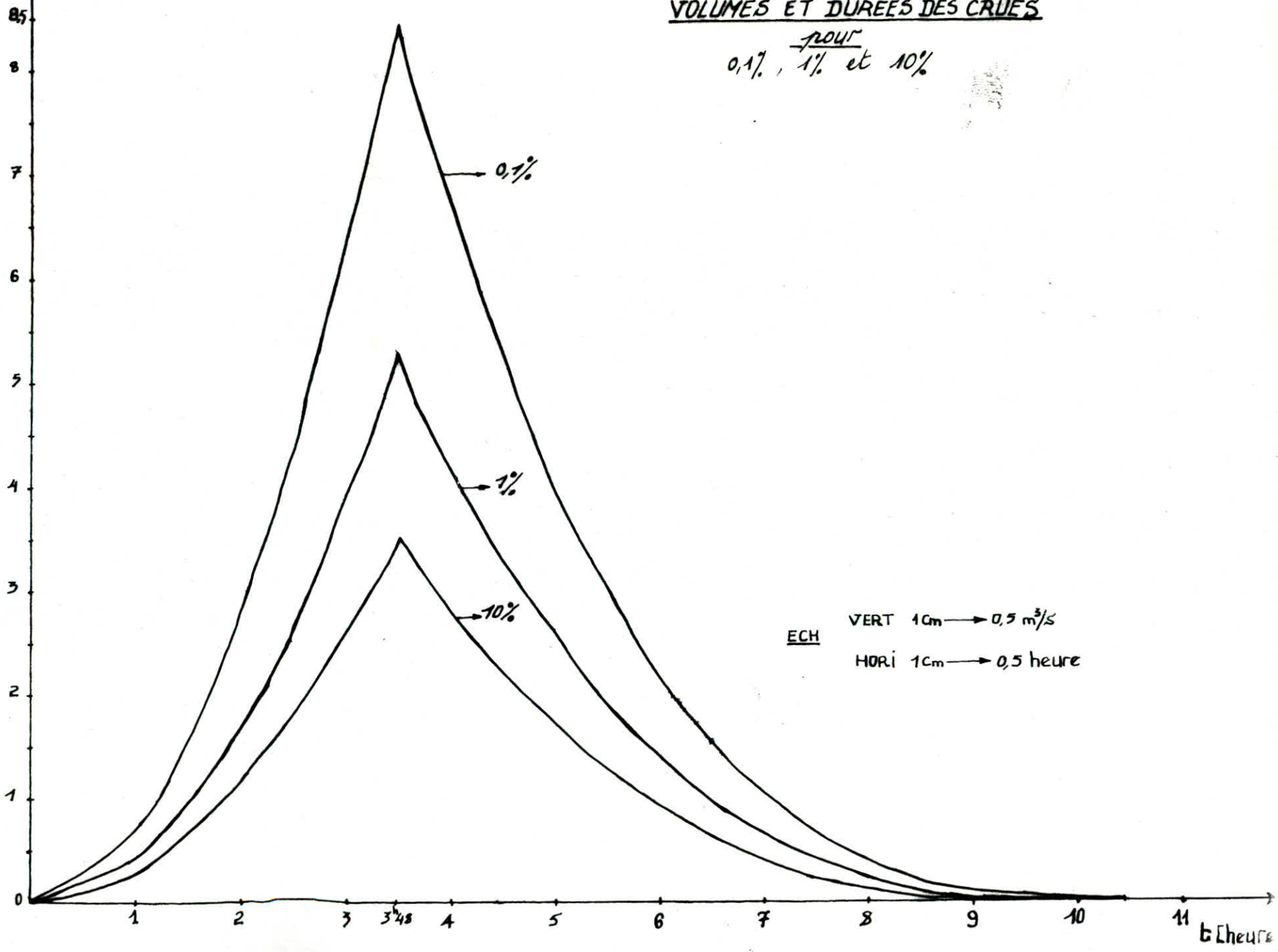
$$V_{crue 0,1\%} = 50,49 + 55,03$$

$$V_{crue 0,1\%} = 105,52 \cdot 10^3 m^3$$

$Q [m^3/p]$

VOLUMES ET DUREES DES CRUES

pour
0,1%, 1% et 10%



15: Apports solides - envasement

D'après les jaugeages de transport solides sur l'oued "Menaour" sur recueil de L'INRA. antenne de Tiaret, nous avons relevé les données suivantes.

$$\text{Teneur moyenne : } \gamma_{\text{fond}} = 1,562 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Teneur au fond de l'oued : } \rho_{\text{fond}} = 0,156 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{transports solides : } \gamma_{\text{flot}} = 1,718 \text{ kg/m}^3$$

15.1: Calcul du volume mort

$$V_{\text{mort}} = \frac{T \cdot W \cdot \rho_{\text{flot}} \cdot \rho}{1000 \cdot \gamma_{\text{flot}}} + \frac{T \cdot W \cdot \rho_{\text{fond}}}{1000 \cdot \gamma_{\text{fond}}}$$

avec $T = 50$ années : durée de vie de la retenue

$W = 340\,000 \text{ m}^3$: volume moyen annuel d'une fréquence de 50%

ρ_{flot} : masse volumique des alluvions flottants

ρ_{fond} : masse volumique des alluvions de fond.

ρ : Coefficient de réduction des alluvions flottants $\rho = 0,98$

$$V_{\text{mort}} = \frac{50 \cdot 34 \cdot 10^4 \cdot 0,98 \cdot 1,718}{0,8 \cdot 10^3} + \frac{50 \cdot 34 \cdot 10^4 \cdot 0,156}{1,562 \cdot 10^3} = 0,38 \cdot 10^5$$

le volume mort est $38\,000 \text{ m}^3$

15.2: Calcul du volume brut de la retenue

$$V_{\text{brut}} = V_{\text{m}} + V_{\text{u}}$$

$$V_{\text{brut}} = 210\,000 + 38\,000 = 248\,000 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{brut}} = 248 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

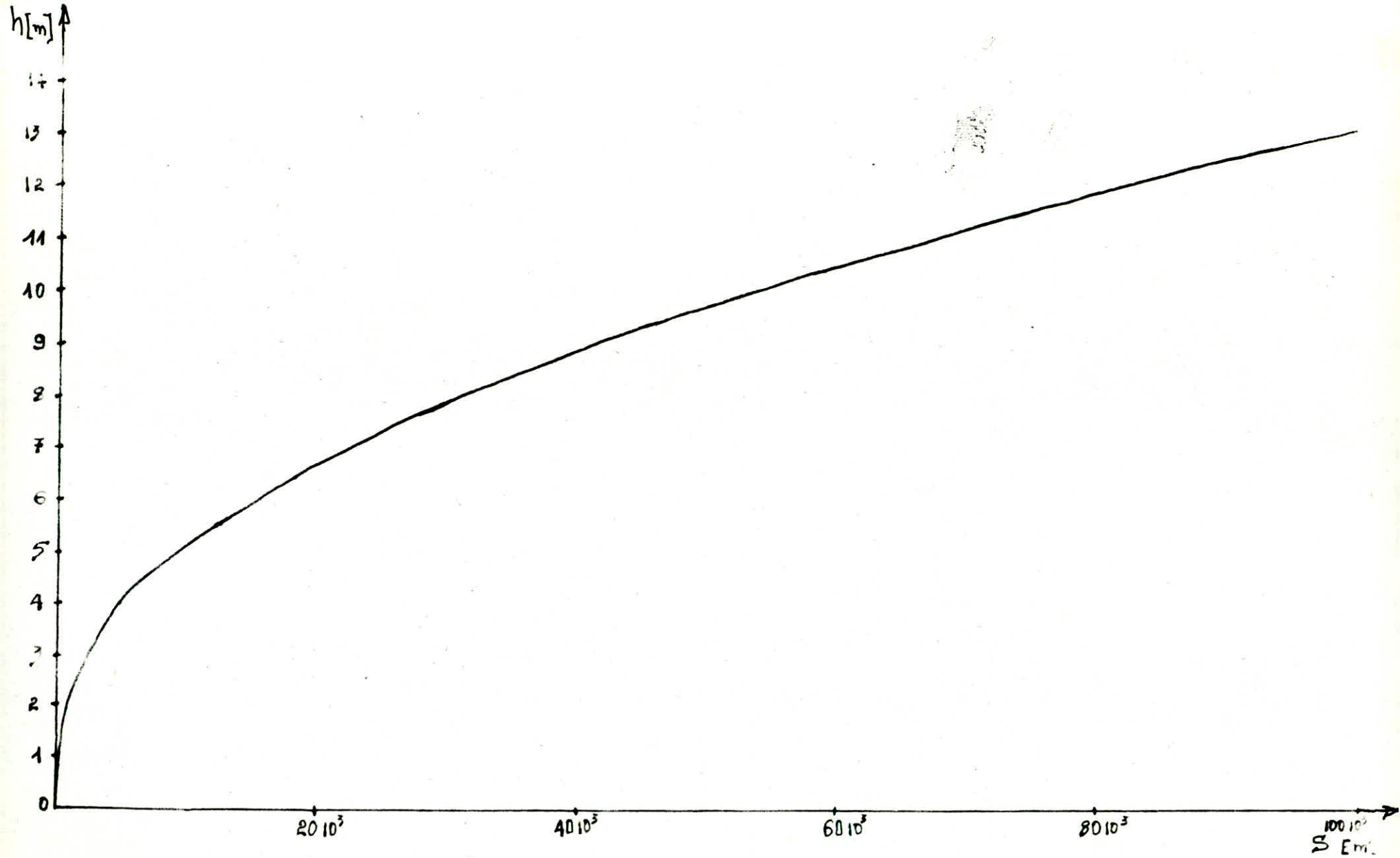
16: Determination des courbes caractéristiques de la retenue

Variation des surfaces et des capacités en fonction de la hauteur.

Les sections (F) sont obtenues par planimétrie, chaque section correspond à 1 m de hauteur.

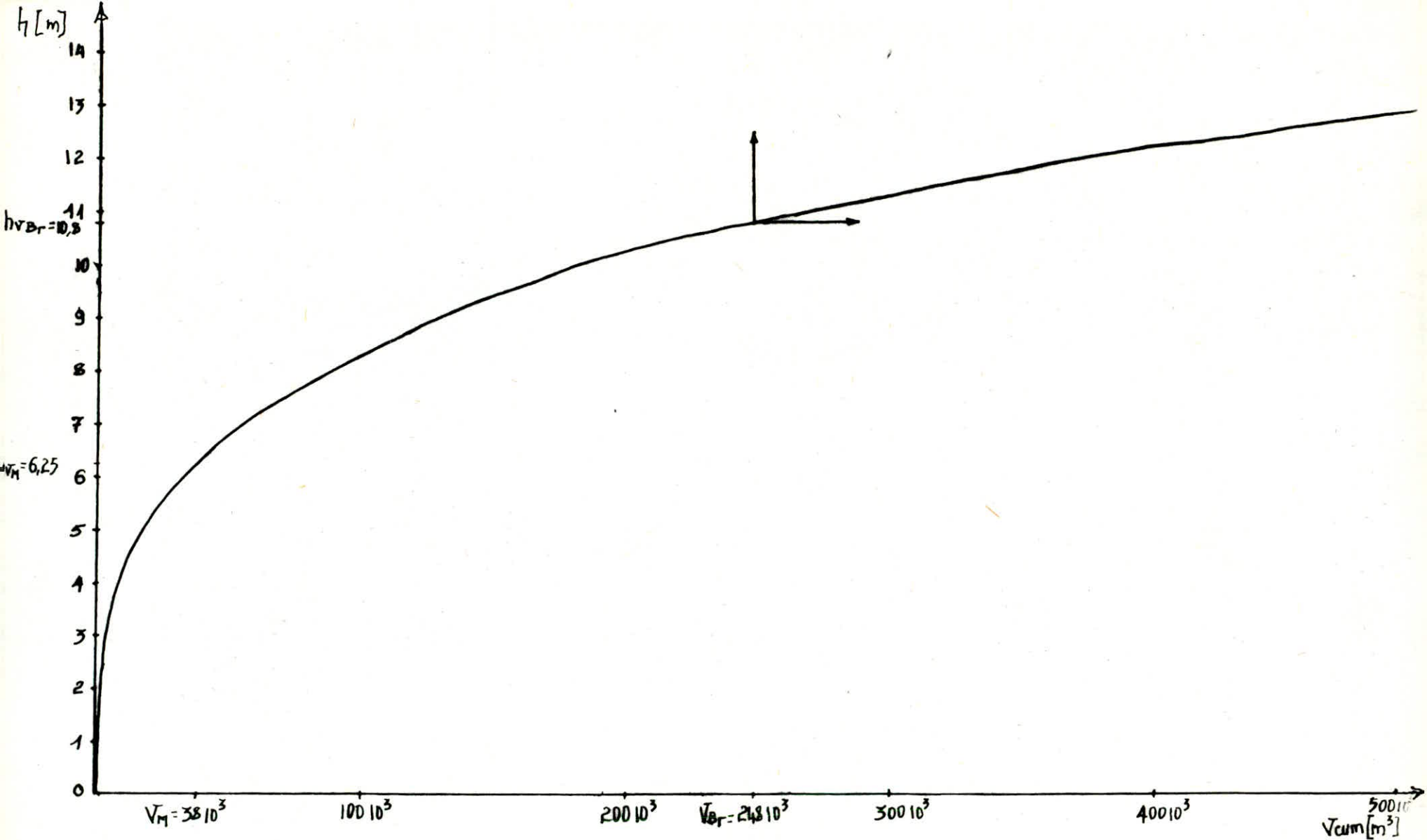
Tableau n° 20

côte	ΔH	F	$\frac{F_i + F_{i+1}}{2}$	W	Σ W	longueur
m	m	m ²	m ²	m ³	m ³	m
47	0	0	0	0	0	0
48	1	340	170	170	170	10
49	1	1060	700	700	870	23
50	1	3340	2200	2200	3070	40
51	1	6000	4670	4670	7740	55
52	1	12600	9300	9300	17040	68
53	1	19300	15950	15950	32990	104
54	1	26200	22750	22750	55740	120
55	1	36500	31300	31300	87040	140
56	1	47200	41800	41800	128840	167
57	1	60200	53700	53700	182540	187
57,8	0,8	72500	66350	66350	248890	197
58	0,2	65100	68800	68800	317690	208
59	1	98900	82000	82000	399690	215
60	1	100000	99000	99000	498690	227



COURBE:- hauteurs SURFACES

ECH: VERT: 1cm \rightarrow 1m
 HORI: 1cm \rightarrow $4 \cdot 10^3 m^2$



COURBE : hauteurs - capacités

ECH:-
 VERTI: 1cm \rightarrow $20 \cdot 10^3 m^3$
 HORI: 1cm \rightarrow 1m

17: Laminage de la crue dans la retenue

17.1: Calcul de la hauteur deversée: h_d .

Ayant fixé la longueur deversante de l'évacuateur de crue on détermine la charge maximale au dessus du seuil du déversoir. Pendant un intervalle de temps (Δt), la variation du volume d'eau stocké peut se traduire par l'expression.

$$\Delta V = \Delta t (Q_c - Q_e)$$

avec Q_c : débit de crue à l'instant considéré

Q_e : débit de l'évacuateur de crue au même instant

17.2: Résolution de l'équation:

On résout cette équation par la méthode grapho-analytique de CREAGER.

Tout d'abord, on calcule le débit de l'évacuateur de crue par la formule suivante:

$$Q_e = m \sqrt{2g} h^{3/2} b$$

où h : hauteur de la lame deversante

b : longueur deversante ($b = 10 \text{ m}$)

g : accélération de la pesanteur ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

m : Coefficient de débit ($m = 0,38$)

Sur une même figure, nous représentons les courbes $Q_e = f(h)$ et à partir du NNR, nous représentons la capacité en fonction de la hauteur $V = f(h)$ ainsi que les courbes $V - \frac{V_e}{2}$ et $V + \frac{V_e}{2}$

17.3: Calcul de $Q_e = f(h)$ et $V = f(h)$

Tableau n° 21

h	Q_e	$\frac{Q_e}{2}$	$\frac{V}{2} = \frac{Q_e}{2} \times 3600$
m	m ³ /s	m ³ /s	10 ³ m ³
0,2	1,5	0,75	2,7
1	16,8	8,4	30,3
1,5	34,9	15,45	55,6
2	47,6	23,75	85,5

Pour déterminer "hd" graphiquement, on calcule tout d'abord le Q_{aff} à partir du diagramme de crue centennale pendant un intervalle de temps déterminé, puis on calcule le V_{aff} (volume affluent correspondant au débit affluent (Q_{aff}), puis du graphe $V = f(h)$, on détermine la hauteur de versée correspondante et le débit maximum Q_e correspondant du graphe $Q_e = f(h)$

Tableau n° 22

Determination de h_d

temps	Q_{off}	V_{off}	h_d	Q_d
heures	m^3	m^3	m	m^3/s
0-1	0,43	1548	0,025	0,05
1-2	1,71	6264	0,08	0,15
2-3	3,92	14142	0,22	0,40
3-3,48	5,27	9106,56	0,29	0,50
3,48-4	1,2	7862,4	0,33	0,57
4-5	2,6	9360	0,38	0,69
5-6	1,92	6912	<u>0,40</u>	0,74
6-7	0,65	2340	0,38	0,70
7-8	0,25	900	0,34	0,45
8-9	0,05	180	0,20	0,30
9-10	0,02	72	0,12	0,15
10-11	0,01	36	0,10	0,12

Sur la figure on trouve $h_d = 0,4m$ représentant la charge maximale au dessus du seuil du déversoir.

Determination De La Hauteur Deversée

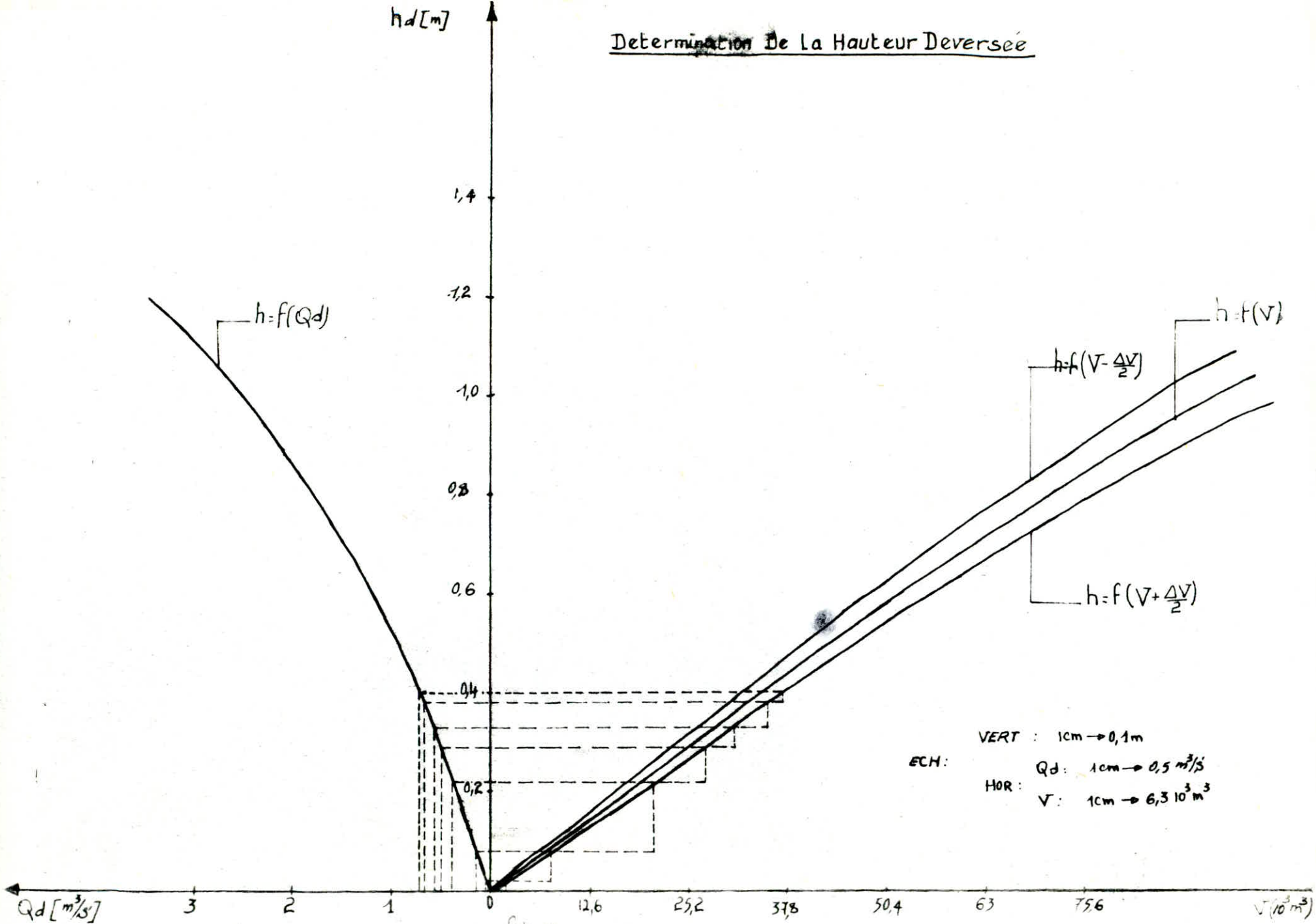


Fig. 33

CHAPITRE II

ETUDE - GEOTECHNIQUE

II.1. Généralités

Concernant l'étude géotechnique de la retenue collinaire de "Menaoura", nous avons consulté le matériel suivant.

- levé topographique dressé par le département topographique de la société d'étude hydraulique d'ORAN (SETHYOR)
- carte de Mongolfier. n° 186.
- étude géologique du site
- relevés des sondages exécutés

Notre site a pour coordonnées ($X = 249,900$, $Y = 251,500$)

Il est situé entre deux djebels qui sont:

- Djebel "Menaoura" à l'ouest et au sud-ouest.
- Djebel "Cherchara" à l'est.

Oued "Menaoura" descend de djebel Cherchara et se jette dans l'oued Ledhern.

II.2. Géologie du site

2.1. Travaux de reconnaissance

Des sondages ont été exécutés par le L.T.P.O unité de Tiaret qui sont au nombre de trois, des échantillons ont été prélevés pour la détermination des caractéristiques des sols.

Ces sondages ont été exécutés sur l'axe de la digue, chaque sondage est de 10m de profondeur.

la description lithologique de chaque sondage est la suivante

2.2: Sondage S1

Le sondage se trouve au niveau du lit de l'oued, il se compose de ce qui suit

profondeur	roches	Aspects
m	—	—
0,1-1,00	dépôt récent, constituée d'alluvions de l'oued	—
1,00-1,75	marnes silto-graveleuse	couleur grisâtre et verdâtre
1,75-2,00	alluvions constituées d'éléments variés	—
2,00-10,00	marnes silteuses compactes	feuilletés vert, grise à bleuâtre

2.3: Sondage S2:

Ce sondage est sur la berge gauche de la retenue, sa lithologie est la suivante

Profondeur	roches	aspects
m	—	—
0,00-0,65	alluvions de l'oued dans une matrice argileuse à peu sableuse	couleur noire
0,65-6,00	marne sableuse à peu graveleuse très coillouteuse, tendre à plastique vers la base $K = 10^{-6} \text{ m/s}$	couleur grise à verdâtre à jaunâtre
6,00-7,61	alluvions dans une matrice sablo-argileuse	gris à jaunâtre
7,61-10,00	marno-silto-schisteuse feuilletés	grisâtre à bleuâtre

2.4: Sondage S₃

Sa lithologie est la suivante

profondeur m	roches	aspects
0,00-3,50	couche heterogene constituee de galets enrobes dans une matrice marneuse argileuse devenant sablo-graveleuse	noiratre devenant jaunatre & verdatre
3,50-10,00	marne silteuses, à l'allure d'une schiste de feuilletés millimetrique ont des surfaces de friction a partir de 8,00 m, $K = 10^{-6} \text{ cm/s}$	jaunatre & verdatre devenant grise à bleuatre

3.1: Infiltrations et pertes par infiltrations

Dans la cuvette pendant la mise en eau se produiront les pertes provisoires, afin que ces pertes soient reduites lors de la mise en place de la digue on recommande

- la parafouille d'etancheite en recoupant l'assise alluviale de la terrasse

Le premier niveau d'alluvions, qui ne depasse pas la profondeur de 2,00 m, cette couche en la deblayant pour mettre fin au danger que peut engendrer les eaux d'infiltrations

Le deuxieme niveau, situe au niveau du sondage S₂, a une profondeur de 6,00 m et avec 1,62 m d'epaisseur, celui-ci est surmontee d'une couche epaisse de 6,00 m, avec une permeabilite insignifiante de $K = 10^{-6} \text{ cm/s}$, ce niveau d'alluvion ne presente aucun danger et ne permettra pas des pertes d'eau.

4: Appuis de la digue

La digue du barrage peut s'appuyer sur des berges stables constituées d'argiles caillouteuses ou de marnes.

4.1: Berge droite

Cette berge est constituée de marne argileuses vertes, appartenant au Senonien, vers le lit de l'oued, on rencontre, une terrasse du lit mineur, et l'autre du lit majeur, les deux terrasses sont constituées de dépôts récents formés d'éléments de galets et de graviers gréseux avec une matrice sablo-argileuse.

4.2: Berge gauche

Cette berge, elle aussi est alluvionnaire et marneuse, elle est loin des mouvements sismiques, il y a quelques failles qui longent le cours d'eau, mais ce sont des failles au sein des marnes plastiques, étanche, ne pouvant en aucun cas constituer un danger pour la stabilité de la digue.

5. Zones d'emprunt et carrière des matériaux

5.1: La prospection géologique des matériaux pour la construction de la digue a été portée sur les deux berges, qui sont constituées, par une marne argileuse à peu sableuse ayant de bonnes caractéristiques géotechniques, forme une excellente couche pour la construction de la digue.

Une retenue collinaire en réalisation au voisinage de notre site sur les berges de son lit son exécutées des fouilles, des échantillons ont été prélevés et les analyses géotechniques ont été réalisées.

afin d'identifier les caractéristiques des sols et qui sont des marnes verdâtres avec petits galets de grès

5.2: Carrière

Selon les sondages, le matériau de la carrière dans la vallée de l'oued Menaoura n'est pas convenable à la construction de la digue.

Sur le territoire de la carrière nouvelle (dans la vallée de oued Hadji) selon les puits de recherche, seule la couche de couverture est argileuse sableuse limoneuse de 1,6 m d'épaisseur et plus profondément on y trouve des cailloux sableux, limoneux et argile

Il y a un puits de recherche sur le territoire voisin, il faut exploiter sa carrière et en connaissance des résultats des essais de laboratoire (Limites d'Atterberg, essais proctor etc...)

5.3 Caractéristiques géotechniques des matériaux

Limites d'Atterberg.

$$W_L = 58\%$$

$$W_p = 26,7\%$$

$$I_p = 30,3$$

$$W = 24,0\%$$

$$W_s = 30\%$$

Perméabilités

$$K(\bar{\sigma} = 1 \text{ bar}) = 8,8 \cdot 10^{-8} \text{ cm/s}$$

$$k(\bar{\sigma} = 2 \text{ bars}) = 1,2 \cdot 10^{-8} \text{ cm/s}$$

Pour l'étude de la stabilité de la digue, nous avons utilisé les paramètres mécaniques des matériaux qui sont les suivantes

- Cohésion :

$$C = 1,3$$

$$C_h = 9,9$$

- angle de frottement

$$\varphi = 20^\circ$$

- poids volumiques du matériau :

$$\gamma_d = 1,75 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_h = 1,85 \text{ kg/m}^3$$

5.A. Conclusion

Notre site présente de bonnes caractéristiques, du point de vue géologique

Comme a été énoncé, ce site ne présente aucun risque pour l'implantation d'un barrage, les berges sont stables ne présentent aucun indice de glissement de terrain.

CHAPITRE III

ETUDE - DE - LA - DIGUE

III la digue

1. Les dimensions de la digue

1.1: la hauteur totale de la digue

Cette hauteur sera égale à la hauteur normale de la retenue des eaux, majorée de la charge maximale au dessus du seuil du déversoir, de la hauteur d'eau d'évaporation (annuelle), de la revanche et de la hauteur de decapage.

1.2: la hauteur normale: h_N

Cette hauteur (normale) est égale à la somme de la hauteur utile et de la tranche morte déterminées par l'étude hydrologique

avec h_N : hauteur normale de la retenue

h_u : hauteur utile $h_u = 4,5 \text{ m}$.

h_m : hauteur de la tranche morte $h_m = 6,3 \text{ m}$.

$$h_N = h_u + h_m$$

alors $h_N = 10,8 \text{ m}$.

1.3 la charge déversée: h_d

La charge maximale au dessus du seuil du déversoir est déterminée par l'étude du laminage de la crue

on $h_d = 0,4 \text{ m}$.

1.4: la hauteur d'évaporation: E

Cette hauteur est calculée comme étant l'évaporation annuelle déterminée par l'étude hydrologique L

$$E = 1590 \text{ mm} \approx 1,6 \text{ m}$$

1.4 La revanche

La revanche est une tranche comprise entre la côte des plus hautes

eaux et la crête du barrage. Elle est déterminée de telle façon que les vagues qui pourraient se former ne submergent pas le digue et constitue de plus une tranche de sécurité en cas de crue catastrophique

Nous calculons la revanche "R" par la formule de STEVENSON

$$R = 0,75 hv + \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{où } V = 1,5 + 2 hv$$

$$\text{avec } hv = 0,76 + 0,032 \sqrt{W \cdot F} - 0,26 \sqrt[4]{F} \quad (\text{hauteur des vagues})$$

$$W: \text{vitesse du vent } (W = 54 \text{ m/s} = 194 \text{ km/h})$$

$$F: \text{longueur du plan d'eau } (F = 0,197 \text{ km})$$

$$\text{alors } hv = 0,78 \text{ m}$$

$$V = 3 \text{ m}$$

$$\text{et } R = 1 \text{ m. (revanche)}$$

1.5: hauteur du décapage: D

on a pris une hauteur de 0,6 m

$$D = 0,6 \text{ m.}$$

donc la hauteur totale de la digue est:

$$H = h_N + h_d + E + R + D$$

$$H = 14,4 \text{ m.}$$

1.6: la largeur en crête de la digue

la largeur en crête de l'ouvrage doit assurer une sécurité suffisante contre tout risque de submersion par les vagues ou cas où la revanche serait trop faible

Cette largeur peut être estimée à partir de deux formules
celle de KNAPPEN et celle de PREECE

- formule de KNAPPEN

$$bc = 1,65 \sqrt{H}$$

$$bc = 1,65 \sqrt{14,4}$$

$$bc = 6,26 \text{ m.}$$

- formule de PREECE

$$bc = 1 + 1,1 \sqrt{H}$$

$$bc = 1 + 1,1 \sqrt{14,4}$$

$$bc = 5,17$$

En tenant compte du fait que la largeur en crête est une bonne garde
contre le tremblement de terre, on prendra pour notre projet
la valeur moyenne : $bc = 5,7 \text{ m}$

$$\text{donc } bc \approx 6 \text{ m.}$$

2.1: Pente des talus de la digue

la pente des parements ainsi que le type de la digue dépendra
des matériaux disponibles pour la construction.

Dans notre cas la digue sera de type homogène mais à fort
pourcentage d'argiles

Pour déterminer la pente des talus, on se donne des pentes
qui paraissent optimales et on vérifie ensuite grâce à une étude
de stabilité avec ces pentes, la digue présente une sécurité
suffisante, nous tirons du tableau n°23 qui donne les pentes
des talus en fonction de la hauteur de la digue et de son type

Tableau n° 23

Pentes des talus en fonction de la hauteur et du type de la digue

hauteur de la digue	Type de la digue	Pentes des talus	
		amont	aval
(3 à 5) m	1. homogène	1/2.5	1/2
	2. à 2 zones	1/2	1/2.
(5 à 10) m	1. homogène, granulométrie étendue	1/2	1/2
	2. homogène, à fort pourcentage d'argile	1/2.5	1/2
	3. à 2 zones	1/2	1/2
(10 à 20) m	1. homogène granulométrie étendue.	1/2.5	1/2
	2. homogène, à fort pourcentage d'argile	1/3	1/2.5
	3. à 2 zones	1/2.5	1/2.5
20 m et plus	1. homogène, granulométrie étendue	1/3	1/2.5
	2. homogène, à fort pourcentage d'argile	1/3.5	1/2.5
	3. à 2 zones	1/3	1/3

Pour notre cas, on prend les pentes suivantes

- Pente amont : 1/3

- Pente aval : 1/2.5

2.2: Protection des talus

Les talus doivent être protégés contre l'érosion provoquée par les vagues et le ruissellement des eaux de pluie.

2.3: Talus amont:

Une protection contre le battillage des vagues est indispensable, elle peut être réalisée en enrochement rangé à la main ou en vrac, cette dernière, par sa facilité de mise en place et pour son économie est plus préférable.

La protection doit reposer sur une couche drainante qui s'oppose à l'entraînement des petites particules du corps de la digue, par le courant liquide, surtout lors de l'abaissement rapide du niveau du réservoir.

L'épaisseur minimale de cette protection peut être calculée par les formules empiriques suivantes

- formule de CHANKIN

$$t_{\min} = 1,7 h_v \frac{\delta}{\delta_p - \delta} \frac{\sqrt{1+m^2}}{m(2+m)}$$

avec t_{\min} : épaisseur minimale de protection en (m)

h_v : hauteur des vagues en (m)

δ : poids volumique de l'eau en (t/m^3)

δ_p : poids volumique des pierres en (t/m^3)

m : fruit du talus amont.

$$\text{alors } t_{\min} = 1,7 \cdot 0,78 \frac{1}{2,2-1} \cdot \frac{\sqrt{1+3^2}}{3(2+3)}$$

$$t_{\min} = 0,23 \text{ m.}$$

formule de PICKIN

$$t_{\min} = \frac{n \cdot 0,78 \text{ hv}}{\gamma_p - \gamma} \sqrt{\frac{1+m^2}{m^2}}$$

avec n : facteur de securite $n = 1,2 \pm 1,5$

$$\text{d'où } t_{\min} = 0,17 \text{ m}$$

On prendra une valeur moyenne de l'épaisseur minimale de protection $t_{\min} = 0,20 \text{ m}$

$$t_{\min} = 20 \text{ cm.}$$

2.4: Talus aval

En pratique, le talus aval est en herbe au fur et à mesure que les travaux avancent, et enherbement contribuera à la consolidation rapide des terres

3. Détermination de la ligne de saturation.

Avant d'entreprendre le calcul de la stabilité, il faut déterminer la position de la ligne de saturation qui délimite la partie sèche de la digue et celle qui est saturée d'eau.

A. Protection contre les infiltrations

Du fait qu'on a créé une charge hydraulique derrière la digue, l'eau aura tendance à s'infiltrer dans le massif même du barrage et dans le terrain d'assise.

Le choix des matériaux de construction et de l'emplacement de la digue aura été fait de telle sorte que les débits d'infiltration

soient négligeables.

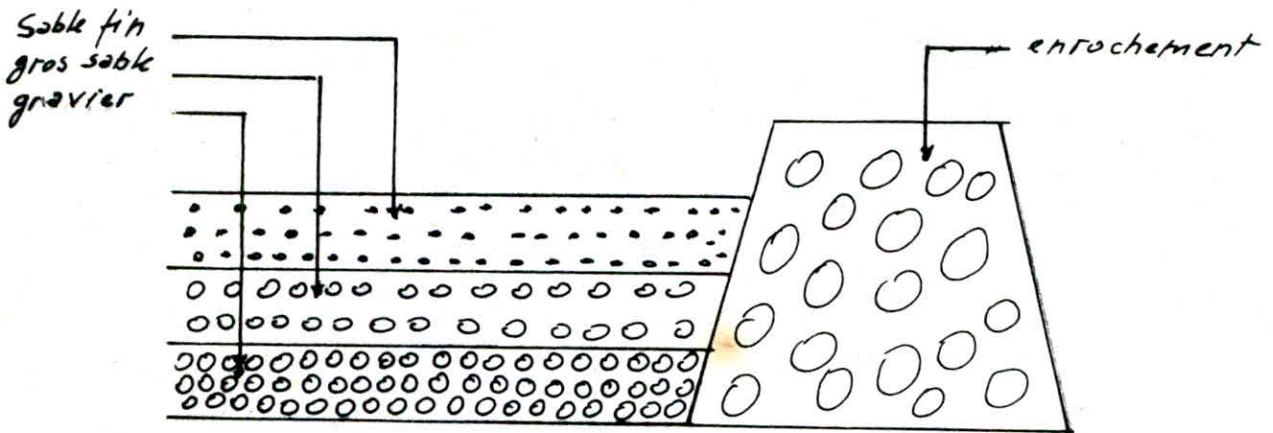
Toutefois, ceux-ci ne sont jamais nuls et il importe de s'assurer que les resurgences, à l'aval, des eaux infiltrées ne nuisent pas à la stabilité de l'ouvrage.

Pour cela il faut éviter d'une part que ces eaux ne causent des destructions locales en entraînant des particules de terre du talus aval, d'autre part, les souspressions en aval ne tendent pas à soulever le pied de la digue.

Donc on aura soin de placer au pied aval du massif un tapis filtrant et un drain de pied qui auront pour effet de ramener la ligne de saturation à l'intérieur de la digue en interceptant les eaux d'infiltrations.

fig n°:

Tapis filtrant avec drain de pied



5. Ligne de saturation

L'allure de la ligne de saturation est une fonction des caractéristiques de perméabilité des matériaux de construction.

Elle est déterminée sur la base de la parabole de Kozeny. Toutefois ces grande apportera quelques précisions en faisant partir la parabole théorique d'un point situé à 0,3 m du point M

où m est la projection de la partie du talus. la ligne de saturation partira d'un point situé à l'intersection du plan d'eau et du parement amont

C'est une parabole d'équation

$$X^2 + Y^2 = (X + Y_0)^2$$

où $X = \frac{Y^2 - Y_0^2}{2Y_0}$

avec $Y_0 = \sqrt{h^2 + d^2} - d$

avec $d = 41,1 \text{ m}$ (calculé graphiquement)

$Y_0 = 1,39 \text{ m}$

La ligne de saturation réelle partira d'un point M situé à l'intersection du parement amont et du plan d'eau, la tangente en M est perpendiculaire au parement. Elle rejoindra ensuite la parabole théorique

Tableau n° 24 : Coordonnées (X, Y) pour le tracé, point par point de la ligne de saturation

abscisses (X)	m	-0,698	0,735	5,03	12,2	22,24	35,14	41,1	23,33
ordonnées (Y)	m	0	2	4	6	8	10	10,8	9

6. calcul du debit de fuite

Nous prenons une valeur approximative de perméabilité K des argiles Soit $K = 1,2 \cdot 10^{-8} \text{ m/p}$

Le debit de fuite est egal à "q" donné par la formule suivante

$$q = K \cdot e$$

$$q = K (\sqrt{h^2 + d^2} - d)$$

$$q = 1,2 \cdot 10^{-8} (\sqrt{(19,8)^2 + (41,1)^2} - 41,1)$$

$$q = 0,167 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{p}$$

7. Etude de la stabilité

7.1: Exposé du problème

Un barrage en terre est un massif étendue, il n'est pas nécessaire de vérifier sa stabilité contre le renversement, mais, il est nécessaire de vérifier la stabilité des talus de la digue

Le glissement peut se produire soudainement ou dans plusieurs mois, voir, plusieurs années.

La cause du glissement évident est due à l'action hydrodynamique de l'eau. Si certaines ruptures de talus présentent une forme circulaire, dans la nature souvent, la ligne de glissement diffère d'un cercle.

Devant un tel cas, nous allons procéder par la méthode des tranches ou méthode Suedoise due à Petterson (1916) développée pour les ruptures circulaires par Fellinius (1927) perfectionnée plus récemment par Bishop (1954) étendue aux ruptures non circulaires par Monveiller (1965).

$$\cos \alpha_n = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha_n}$$

avec α_n l'angle que fait la droite interceptant la tranche $n^{\text{ième}}$ considérée avec la verticale

$$dL = \frac{b}{\cos \alpha_n}$$

alors le coefficient de sécurité K_s se définit comme suit

$$K_s = \frac{\sum (G_n \sqrt{1 - \left(\frac{n}{m}\right)^2} - \frac{h_p \cdot b}{\cos \alpha_n}) \operatorname{tg} \varphi + \sum \frac{c \cdot b}{\cos \alpha_n}}{\sum G_n \frac{n}{m}} = \frac{\sum (N - W) \operatorname{tg} \varphi + \sum c \cdot dL}{\sum T}$$

les cas à considérer.

Talus amont: Vidange rapide

Une vidange peut être considérée comme rapide si elle est faite en moins d'un mois et si la digue est constituée de terrains très imperméables

Talus aval :

- fin de construction (réservoir vide)
- fonctionnement normal (réservoir plein)

Pour tous les cas cités, nous devons aussi tenir compte de l'effet du séisme en faisant intervenir une force due à l'accélération d'un tel mouvement.

le coefficient de sécurité en cas de séisme est :

$$K_{ss} = \frac{\sum (N - W) \operatorname{tg} \varphi + \sum c \cdot dL}{\sum T_n + \frac{1}{R} \sum \alpha G_n d_n}$$

avec α : accélération du séisme

d_n : bras de levier de la tranche n

G_n : poids de la tranche n .

les calculs sont récapitulés dans les tableaux suivants

TALLIS AVAL FIN DE CONSTRUCTION R=18 m

N° de tranche	b [m]	h [m]	$\delta [m^2]$	$G_n [t]$	α_n	$\sin \alpha_n$	$\cos \alpha_n$	$G_n \sin \alpha_n$	$G_n \cos \alpha_n$	$G_n \sin \alpha_n \cdot b$	$d_n [m]$	C_n	$d_n C_n$	$d_n [m]$	$d_n G_n$
-4	1,8	1,5	1,75	2,36	24	0,41	0,91	0,96	2,15	0,78	1,95	1,3	2,53	15,75	6,69
-3	1,8	2,85	1,75	4,49	17,6	0,30	0,95	1,34	4,27	1,55	1,8	1,3	2,34	15,68	12,67
-2	1,8	4,05	1,75	6,38	11,6	0,20	0,98	1,27	6,24	2,27	1,8	1,3	2,34	15,53	17,83
-1	1,8	4,95	1,75	7,79	6	0,10	0,99	0,78	7,75	2,82	1,8	1,3	2,34	15,37	21,55
0	1,8	5,85	1,75	9,21	0	0	1	0	9,21	3,35	1,8	1,3	2,34	15,07	24,98
1	1,8	6,45	1,75	10,16	6	0,10	0,99	1,01	10,05	3,65	1,8	1,3	2,34	14,62	26,73
2	1,8	6,9	1,75	10,86	11,6	0,20	0,98	2,17	10,64	3,87	1,8	1,3	2,34	14,25	27,85
3	1,8	7,2	1,75	11,34	17,6	0,30	0,95	3,40	10,77	3,91	1,95	1,3	2,53	13,74	28,04
4	1,8	7,2	1,75	11,34	24	0,41	0,91	4,64	10,32	3,75	1,95	1,3	2,53	13,74	28,04
5	1,8	6,9	1,75	10,86	30	0,50	0,86	5,43	9,41	3,42	2,10	1,3	2,73	12,15	23,75
6	1,8	6,45	1,75	10,16	37	0,60	0,79	6,09	8,11	2,95	2,25	1,3	2,92	11,33	20,72
7	1,8	5,7	1,75	8,97	45	0,71	0,71	6,37	6,34	2,30	2,40	1,3	3,12	10,05	16,95
8	1,8	4,35	1,75	6,85	54	0,81	0,59	5,54	4,02	1,46	3,00	1,3	3,90	8,62	10,62
9	1,5	1,95	1,75	2,55	65	0,91	0,42	2,32	1,08	0,39	3,90	1,3	5,07	6,82	3,13

$\Sigma=41,3$

$\Sigma=36,47$

$\Sigma=39,39$

$\Sigma=269,55$

$K_s=1,83$

$K_{ss}=1,34$

TALUS AVAL FIN DE CONSTRUCTION R=20,25m

N° de tranche	b[m]	h[m]	γ [t/m ³]	G _n [t]	α_n	Sin α_n	cos α_n	G _n Sin α_n [t]	G _n cos α_n [t]	G _n cos α_n / γ [t]	L _n [m]	C _n	C _n L _n [m]	d _n [m]	a _n d _n
-5	1,5	0,60	1,75	0,78	30	0,5	0,86	0,39	0,67	0,24	1,8	1,3	2,34	17,55	246
-4	2,02	2,40	1,75	4,24	23,5	0,39	0,92	1,65	3,9	1,42	1,4	1,3	1,82	17,4	13,27
-3	2,02	3,90	1,75	6,89	17	0,29	0,95	1,99	6,55	2,38	2,25	1,3	2,92	17,4	21,57
-2	2,02	5,25	1,75	9,28	11,5	0,19	0,98	1,76	9,9	3,60	1,95	1,3	2,53	17,32	28,93
-1	2,02	6,45	1,75	11,40	6	0,1	0,99	1,14	11,28	4,10	2,1	1,3	2,73	17,02	34,92
0	2,02	7,20	1,75	12,72	0	0	1	0	11,22	4,08	1,95	1,3	2,53	16,65	38,12
1	2,02	7,95	1,75	14,05	6	0,1	0,99	1,40	13,91	5,06	2,1	1,3	2,73	16,27	41,14
2	2,02	8,55	1,75	15,11	11,5	0,19	0,98	2,87	14,80	5,38	2,1	1,3	2,73	15,67	42,62
3	2,02	8,70	1,75	15,37	17	0,29	0,95	4,46	14,60	5,31	2,25	1,3	2,92	15	41,49
4	2,02	8,85	1,75	15,64	23,5	0,39	0,92	10,59	14,38	5,23	2,4	1,3	2,92	14,18	39,91
5	2,02	8,55	1,75	15,11	30	0,5	0,86	7,55	12,99	4,72	2,55	1,3	3,12	13,28	36,11
6	2,02	8,10	1,75	14,31	37	0,6	0,79	8,58	11,31	4,11	2,85	1,3	3,31	12,15	31,29
7	2,02	7,20	1,75	12,72	44,5	0,7	0,71	8,89	7,97	2,89	3,33	1,3	3,70	10,95	25,07
8	2,02	4,80	1,75	8,48	53	0,79	0,6	6,7	5,9	2,14	3,80	1,3	4,32	9,75	14,88
9	1,65	1,65	1,75	2,91	63,5	0,89	0,44	2,59	1,28	0,46	3,9	1,3	5,07	8,18	4,28

K_s = 1,59

K_{ss} = 1,19

Σ = 60,56

Σ = 51,12

Σ = 45,73

Σ = 416,06

TALUS AVAL FIN DE CONSTRUCTION R. 21,90m

N° de branche	b [m]	h [m]	γ [t/m ³]	G_n [t]	α_n	$\sin \alpha_n$	$\cos \alpha_n$	$G_n \sin \alpha_n$ [t]	$G_n \cos \alpha_n$ [t]	$G_n \sin \alpha_n \cdot b$ [t]	L_n [m]	C_n	$b_n C_n$	d_n [m]	$2G_n d_n$
-5	2,19	1,35	1,75	2,58	30	0,5	0,86	1,29	2,23	0,81	2,70	1,3	3,51	18,22	8,46
-4	2,19	3,30	1,75	6,32	23	0,39	0,92	2,47	5,82	2,11	2,40	1,3	3,12	18,45	20,98
-3	2,19	5,10	1,75	9,77	17	0,29	0,95	2,85	9,28	3,37	2,25	1,3	2,92	18,25	32,09
-2	2,19	6,45	1,75	12,36	11	0,19	0,98	2,34	12,11	4,40	2,10	1,3	2,73	18,23	40,55
-1	2,19	7,50	1,75	14,37	6	0,10	0,99	1,43	14,22	5,17	2,10	1,3	2,73	18	46,55
0	2,19	7,80	1,75	14,94	0	0	1	0	14,94	5,43	2,10	1,3	2,73	18	48,40
1	2,19	9,30	1,75	17,82	6	0,10	0,99	1,78	17,64	6,42	2,25	1,3	2,92	17,1	54,84
2	2,19	9,75	1,75	18,68	11	0,19	0,98	3,54	18,30	6,66	2,25	1,3	2,92	16,28	54,73
3	2,19	10,05	1,75	19,22	17	0,29	0,95	5,57	18,26	6,64	2,25	1,3	2,92	15,75	54,48
4	2,19	10,2	1,75	19,54	23	0,39	0,92	7,62	17,98	6,54	2,40	1,3	3,12	15,15	53,28
5	2,19	9,90	1,75	18,97	30	0,5	0,86	9,48	16,31	5,93	2,55	1,3	3,31	13,95	47,63
6	2,19	9,30	1,75	17,82	37	0,6	0,79	10,72	14,23	5,17	2,70	1,3	3,51	13,05	41,85
7	2,19	8,10	1,75	15,52	44	0,69	0,72	10,78	11,16	4,06	3,00	1,3	3,90	11,55	32,26
8	2,19	5,7	1,75	10,92	53	0,79	0,60	8,72	6,57	2,39	3,6	1,3	4,68	10,35	20,34
9	1,95	1,35	1,75	2,30	64	0,89	0,44	2,06	1,00	0,36	4,65	1,3	6,04	9,07	3,75

$\sum C_n$

$\sum b_n C_n$

$\sum G_n \sin \alpha_n \cdot b$

$\sum G_n \cos \alpha_n$

$\sum L_n C_n$

$\sum 2G_n d_n$

TALUS AVAL

FIN DE CONSTRUCCIÓN

R=25,50 m

Nº de branche	b [m]	h [m]	γ [t/m^3]	G_n [t]	α_n	$\sin \alpha_n$	$\cos \alpha_n$	$G_n \sin \alpha_n$ [t]	$G_n \cos \alpha_n$ [t]	$G_n \cos \alpha_n \cdot \gamma$ [t]	l_n [m]	C_n	$C_n l_n$ [m]	d_n [m]	$a G_n d_n$
-3	1,65	4,5	1,75	6,49	18	0,31	0,95	2,01	6,17	2,24	1,8	1,3	2,34	22,2	25,93
-2	2,55	2,1	1,75	4,68	11,5	0,19	0,98	0,89	4,59	1,67	2,55	1,3	3,31	23,85	20,09
-1	2,55	3,45	1,75	7,69	6	0,10	0,99	0,77	7,61	2,76	2,55	1,3	3,31	23,62	32,69
0	2,55	4,8	1,75	10,71	0	0	1	0	10,71	3,89	2,7	1,3	3,51	23,1	44,53
1	2,55	4,8	1,75	10,71	6	0,10	0,9	1,07	9,64	3,50	2,55	1,3	3,31	22,95	44,18
2	2,55	6	1,75	13,38	11,5	0,19	0,95	2,54	13,11	4,77	2,7	1,3	3,51	21	50,57
3	2,55	6,45	1,75	14,39	18	0,31	0,91	4,46	13,67	4,97	2,7	1,3	3,51	20,92	54,18
4	2,55	6,45	1,75	14,39	24	0,41	0,86	5,89	13,09	4,76	2,85	1,3	3,70	20,02	51,85
5	2,55	6,15	1,75	13,72	30,5	0,51	0,78	6,99	11,80	4,29	3,0	1,3	3,9	18,83	46,50
6	2,55	4,65	1,75	10,37	38	0,61	0,76	6,32	8,08	2,94	3,3	1,3	4,29	17,93	33,46
7	2,55	3,45	1,75	7,69	45	0,71	0,71	5,46	5,46	1,98	3,6	1,3	4,68	16,27	22,52
8	2,55	2,1	1,75	4,69	54,5	0,81	0,58	3,79	2,71	0,98	3,75	1,3	4,87	13,95	11,75

 $\Sigma=43,73$ $\Sigma=38,75$ $\Sigma=44,24$ $\Sigma=438,25$ $K_s = 1,89$ $K_{ss} = 1,36$

TALUS AVAL

FONCTIONNEMENT NORMAL

R=18 m

N: de tranche	b [m]	h [m]	h' [m]	δ [$^{\circ}$]	δ_h [$^{\circ}$]	G_n [t]	α_n	$\sin \alpha_n$	$\cos \alpha_n$	$G_n \sin \alpha_n$ [t]	$G_n \cos \alpha_n$	$(G_n \cos \alpha_n - W) / \gamma g \phi$	C_n	f_n [m]	$C_n f_n$ [m]	d_n [m]	$a G_n d_n$
-5	0,9	0,60	0	1,75	1,85	0,47	30	0,50	0,86	0,23	0,40	0,14	1,3	-1,05	1,36	15,45	1,30
-4	1,0	1,65	0	1,75	1,85	2,6	24	0,40	0,91	-1,04	2,36	0,86	1,3	1,95	2,53	15,68	7,33
-3	1,8	3,00	0	1,75	1,85	4,72	17,5	0,30	0,95	-1,42	4,48	1,63	1,3	1,8	2,34	15,75	13,38
-2	1,8	4,20	0	1,75	1,85	6,61	11,5	0,19	0,97	1,32	6,41	2,33	1,3	1,8	2,34	15,6	18,56
-1	1,8	5,25	0	1,75	1,85	8,27	6	0,10	0,99	0,83	8,19	2,98	1,3	1,8	2,34	15,23	22,67
0	1,0	6,00	0	1,75	1,85	9,45	0	0	1	0	9,45	3,44	1,3	1,8	2,34	15	25,59
1	1,8	6,75	0	1,75	1,85	10,63	6	0,10	0,99	-1,10	10,53	3,83	1,3	1,8	2,34	14,63	27,95
2	1,8	6,60	0,45	1,75	1,85	11,38	11,5	0,19	0,97	2,3	11,05	3,85	1,3	1,95	2,53	13,95	28,51
3	1,8	6,60	0,75	1,75	1,85	11,64	17,5	0,30	0,95	3,5	11,06	3,82	1,3	1,95	2,53	13,57	28,45
4	1,8	6,60	0,9	1,75	1,85	11,9	24	0,40	0,91	4,9	10,83	3,61	1,3	2,1	2,53	12,75	27,31
5	1,8	6,75	0,6	1,75	1,85	11,4	30	0,50	0,86	5,7	9,81	3,35	1,3	2,25	2,73	12	24,61
6	1,8	5,85	0	1,75	1,85	10,93	37	0,60	0,79	6,6	8,64	3,14	1,3	2,4	2,92	11,02	21,68
7	1,8	5,80	0	1,75	1,85	9,48	45	0,70	0,70	6,7	6,64	2,42	1,3	3	3,12	9,97	17,01
8	1,8	4,50	0	1,75	1,85	7,3	52	0,78	0,61	5,84	4,45	1,62	1,3	3,2	3,9	8,55	11,21
9	1,8	2,10	0	1,75	1,85	3,4	66	0,91	0,40	3,09	1,36	0,49	1,3	4,65	6,04	6,45	3,94

 $K_s = 1,78$ $K_{ss} = 1,32$ $\Sigma = 44,57$ $\Sigma = 37,51$ $\Sigma = 41,89$ $\Sigma = 279,5$

TALUS AVAL

FONCTIONNEMENT NORMAL

R = 19,5 m

Ni. de tranche	b [m]	h [m]	h' [m]	$\gamma [\frac{t}{m^3}]$	$\gamma' [\frac{t}{m^3}]$	$G_n [t]$	α_n	$\sin \alpha_n$	$\cos \alpha_n$	$G_n \sin \alpha_n$	$G_n \cos \alpha_n$	$G_n \cos \alpha_n \cdot \tan \phi$	C_n	$L_n [m]$	$C_n L_n$	d_n	$a G_n d_n$
-5	1,35	0,45	0	1,75	1,85	0,53	30	0,5	0,86	0,26	0,45	0,16	1,3	1,65	2,14	16,7	1,59
-4	1,95	2,25	0	1,75	1,85	3,83	23,2	0,39	0,91	1,49	3,48	1,26	1,3	1,95	2,53	16,88	11,63
-3	1,95	3,75	0	1,75	1,85	6,39	17,5	0,30	0,95	1,91	6,07	2,21	1,3	1,95	2,53	16,87	19,40
-2	1,95	5,1	0	1,75	1,85	8,70	11,5	0,19	0,97	1,57	8,44	3,07	1,3	1,95	2,53	16,6	25,9
-1	1,95	6,15	0	1,75	1,85	10,49	6	0,10	0,99	1,05	10,37	3,77	1,3	1,95	2,53	16,3	30,7
0	1,95	6,9	0	1,75	1,85	11,77	0	0	1	0	11,77	4,28	1,3	1,95	2,53	16,05	34,0
1	1,95	6,6	1,2	1,75	1,85	13,42	6	0,10	0,99	1,34	13,28	4,83	1,3	2,1	2,73	15,6	37,68
2	1,95	6,45	1,8	1,75	1,85	14,25	11,5	0,19	0,97	2,71	13,82	5,03	1,3	2,1	2,73	15,07	38,6
3	1,95	6,45	1,95	1,75	1,85	14,25	17,5	0,30	0,95	4,35	13,79	5,02	1,3	2,1	2,73	14,55	38,0
4	1,95	6,6	1,95	1,75	1,85	14,77	23,2	0,39	0,91	5,76	13,44	4,89	1,3	2,25	2,92	13,72	36,4
5	1,95	6,75	1,5	1,75	1,85	14,22	30	0,5	0,86	7,11	12,22	4,45	1,3	2,4	3,12	12,97	33,19
6	1,95	7,2	1,95	1,75	1,85	15,80	37	0,60	0,79	9,48	12,48	4,54	1,3	2,4	3,12	11,17	31,7
7	1,95	7,05	0	1,75	1,85	12,02	44	0,69	0,71	8,29	8,53	6,21	1,3	2,7	3,51	10,6	22,9
8	1,95	5,25	0	1,75	1,85	8,95	53	0,79	0,60	7,07	5,37	3,91	1,3	3,45	4,48	9,23	14,8
9	1,95	2,1	0	1,75	1,85	3,58	63,5	0,89	0,44	3,18	1,57	1,14	1,3	4,05	5,26	7,65	4,92

 $K_s = 1,80$ $K_{SS} = 1,33$ $\Sigma = 55,59$ $\Sigma = 54,77$ $\Sigma = 45,39$ $\Sigma = 381,88$

TALLIS AVAL

FONCTIONNEMENT NORMAL

R: 21 m

Tranche	b [m]	H [m]	h [m]	γ [$\frac{t}{m^3}$]	γ_{sat} [$\frac{t}{m^3}$]	G_n [t]	α_n	$\sin \alpha_n$	$\cos \alpha_n$	$G_n \sin \alpha_n$	$G_n \cos \alpha_n$	$\frac{G_n \cos \alpha_n}{\gamma \cdot \tan \phi}$	C_n	d_n [m]	$G_n d_n$ [m]	d_n [m]	$d_n d_n$
5	2,1	1,8	0	1,75	1,85	1,83	29,5	0,49	0,87	0,89	1,59	0,58	1,3	2,4	3,12	17,4	5,73
4	2,1	3,6	0	1,75	1,85	6,61	23,5	0,39	0,91	2,57	6,01	2,2	1,3	2,25	2,92	17,4	20,7
3	2,1	5,25	0	1,75	1,85	9,64	17,5	0,30	0,95	2,89	9,16	3,33	1,3	2,1	2,73	17,4	30,19
2	2,1	6,15	0	1,75	1,85	11,30	11,5	0,19	0,97	2,15	10,96	3,99	1,3	2,1	2,73	17,4	35,39
1	2,1	7,8	0	1,75	1,85	14,33	6	0,10	0,99	1,43	14,2	5,18	1,3	2,1	2,73	17,5	45,13
0	2,1	6,75	1,95	1,75	1,85	16,19	0	0	1	0	16,19	5,18	1,3	2,1	2,73	16,65	48,52
1	2,1	6,6	3	1,75	1,85	17,95	6	0,10	0,99	1,79	17,8	5,40	1,3	2,1	2,73	16,05	51,85
2	2,1	6,45	3,45	1,75	1,85	18,55	11,5	0,19	0,97	3,52	17,99	5,30	1,3	2,25	2,92	15,75	52,58
3	2,1	6,6	3,75	1,75	1,85	19,42	17,5	0,30	0,95	5,82	18,45	5,35	1,3	2,25	2,92	14,93	52,12
4	2,1	6,75	3,6	1,75	1,85	19,39	23,5	0,39	0,91	7,56	17,64	5,11	1,3	2,25	2,92	10,8	37,69
5	2,1	7,05	3	1,75	1,85	18,78	29,5	0,49	0,87	9,20	16,33	4,85	1,3	2,4	3,12	13,28	46,64
6	2,1	7,5	2,25	1,75	1,85	18,15	36,2	0,59	0,80	10,71	14,52	4,46	1,3	2,7	3,51	12,07	39,43
7	2,1	7,65	0,9	1,75	1,85	15,8	44	0,69	0,71	10,9	11,22	3,76	1,3	3	3,9	10,87	30,92
8	2,1	6,15	0	1,75	1,85	11,3	52	0,78	0,61	8,81	6,9	2,51	1,3	3,45	4,5	9,7	19,72
9	2,1	2,85	0	1,75	1,85	5,24	63,5	0,89	0,44	4,66	2,31	0,84	1,3	4,95	6,43	8,03	7,57

 $K_{cs} = 1,10$ $K_{cs} = 1,11$ $\Sigma = 72,19$ $\Sigma = 58,03$ $\Sigma = 49,88$ $\Sigma = 524,2$

TALUS AMONT

VIDANGE RAPIDE

R: 19,05 m

N ^o de tranche	b [m]	h [m]	γh [m]	G_n [T]	α_n	$\sin \alpha_n$	$\cos \alpha_n$	$G_n \sin \alpha_n$	$G_n \cos \alpha_n$	$\frac{G_n \cos \alpha_n - W \phi}{\gamma h}$	C_n	h_n [m]	$C_n h_n$ [m]	d_n [m]	$2 G_n d_n$
-3	1,9	0,75	1,85	1,31	17	0,29	0,95	0,38	1,3	0,17	0,9	2,05	1,80	16,8	3,96
-2	1,9	1,8	1,85	3,16	11	0,19	0,98	0,60	3,1	0,41	0,9	2,0	1,80	17,6	10,01
-1	1,9	2,7	1,85	4,74	5,9	0,10	0,99	0,47	4,7	0,63	0,9	1,95	1,80	17,3	14,76
0	1,9	3,3	1,85	5,80	0	0	1	0	5,8	0,8	0,9	1,95	1,80	17,2	17,95
1	1,9	3,9	1,85	6,85	5,9	0,10	0,99	0,68	6,8	0,90	0,9	1,95	1,80	17	20,96
2	1,9	4,2	1,85	7,38	11	0,19	0,98	1,40	7,3	0,96	0,9	1,95	1,80	16,5	21,91
3	1,9	4,35	1,85	7,64	17	0,29	0,95	2,21	7,3	0,93	0,9	1,95	1,80	16,0	22,00
4	1,9	4,35	1,85	7,64	22	0,37	0,92	2,82	7,3	0,93	0,9	1,95	1,80	15,4	21,17
5	1,9	4,2	1,85	7,38	27,9	0,46	0,88	3,39	6,5	0,72	0,9	2,0	1,80	14,6	19,39
6	1,9	3,75	1,85	6,59	34	0,55	0,82	3,62	5,4	0,51	0,9	2,3	2,1	13,6	16,13
7	1,9	3	1,85	5,27	41,5	0,66	0,74	3,47	3,9	0,3	0,9	2,5	2,3	12,5	11,85
8	1,9	1,8	1,85	3,16	49	0,75	0,65	2,37	2,1	0,9	0,9	2,85	2,6	11,5	6,54
9	0,75	0	1,85	0	57	0,83	0,54	0	0	0	0,9	1,7	1,6	10,5	0

 $\Sigma = 21,41$ $\Sigma = 8,16$ $\Sigma = 96$ $\Sigma = 186,63$ $K_s = 1,55$ $K_{ss} = 1,06$

TALUS AMONT

VIDANGE RAPIDE

R=21 m

Tranche	b [m]	h [m]	δh [m]	G_n [t]	α_n	$\sin \alpha_n$	$\cos \alpha_n$	$G_n \sin \alpha_n$	$G_n \cos \alpha_n$	$\frac{G_n (\cos \alpha_n - W \phi)}{\gamma \phi}$	C_n	d_n [m]	$C_n d_n$ [m]	d_n [m]	$a G_n d_n$	
-3	2,1	1,05	1,85	2,04	17,5	0,30	0,95	0,61	1,93	0,19	0,9	2,25	2,18	18,3	6,71	
-2	2,1	2,25	1,85	4,37	11,5	0,19	0,97	0,83	4,23	0,45	0,9	2,25	2,18	18,2	14,3	
-1	2,1	3,3	1,85	6,41	6	0,10	0,99	0,64	6,34	0,68	0,9	2,1	2,2	18,1	20,88	
0	2,1	4,05	1,85	7,86	0	0	1	0	7,86	0,85	0,9	2,1	2,2	18	25,46	
1	2,1	4,8	1,85	9,30	6	0,10	0,99	0,93	9,22	1,00	0,9	2,1	2,2	17,75	29,77	
2	2,1	5,1	1,85	10,19	11,5	0,19	0,97	1,88	9,60	1,01	0,9	2,1	2,2	17,0	30,29	
3	2,1	5,25	1,85	9,90	17,5	0,30	0,95	3,05	9,68	1,00	0,9	2,1	2,2	16,5	30,26	
4	2,1	5,1	1,85	9,90	23	0,39	0,92	3,86	9,11	0,90	0,9	2,25	2,18	15,5	27,6	
5	2,1	4,8	1,85	9,32	29,5	0,49	0,87	4,56	8,10	0,75	0,9	2,4	2,7	14,4	24,15	
6	2,1	3,3	1,85	6,41	36,5	0,59	0,80	3,78	5,12	0,40	0,9	2,55	2,81	14,1	16,26	
7	2,1	2,85	1,85	5,53	44	0,69	0,71	3,81	3,92	0,23	0,9	3	2,9	12,1	12,04	
8	2,1	1,2	1,85	2,33	53	0,79	0,60	1,84	1,39	0,04	0,9	3,6	3,2	10,6	4,44	
					$\Sigma = 25,79$		$\Sigma = 7,5$					$\Sigma = 30,2$		$\Sigma = 242,16$		

$K_s = 1,46$

$K_{ss} = 1,01$

TALUS AMONT

VIDANGE RAPIDE

R=21,15 m

N° de tranche	b [m]	h [m]	χ_n [m]	G_n [t]	α_n	$\sin \alpha_n$	$\cos \alpha_n$	$G_n \sin \alpha_n$	$G_n \cos \alpha_n$	$G_n \cos \alpha_n - W_n \times \tan \phi$	C_n	f_n [m]	$C_n f_n$ [m]	d_n [m]	$d_n \alpha_n$
-4	1,5	0,3	1,85	0,41	23,5	0,39	0,91	0,16	0,37	0,02	0,9	1,65	1,48	14,9	1,09
-3	2,11	1,8	1,85	3,51	17,5	0,30	0,95	1,05	3,33	0,47	0,9	2,25	2,02	15	9,85
-2	2,11	3	1,85	5,85	11,5	0,19	0,97	1,11	5,68	0,82	0,9	2,1	1,90	15,5	16,32
-1	2,11	4,05	1,85	7,90	6	0,10	0,99	0,79	7,82	1,16	0,9	2,1	1,90	16	22,75
0	2,11	4,8	1,85	9,36	0	0	1	0	9,36	1,40	0,9	2,1	1,90	16,2	27,29
1	2,11	5,4	1,85	10,53	6	0,10	0,99	1,05	10,43	1,56	0,9	2,1	1,90	16,1	28,71
2	2,11	5,7	1,85	11,12	11,5	0,19	0,97	2,11	10,79	1,6	0,9	2,1	1,90	14,2	28,42
3	2,11	5,85	1,85	11,41	17,5	0,30	0,95	2,12	10,84	1,53	0,9	2,1	1,90	14,1	28,95
4	2,11	5,7	1,85	11,12	23,5	0,39	0,91	3,08	10,12	1,35	0,9	2,25	2,02	14,05	26,02
5	2,11	5,25	1,85	10,24	30	0,5	0,86	4,12	8,81	1,1	0,9	2,4	2,16	14	24,38
6	2,11	5,25	1,85	10,24	37	0,60	0,79	4,14	8,09	0,87	0,9	2,55	2,30	12,1	22,14
7	2,11	3,45	1,85	6,73	44,5	0,70	0,71	3,71	4,77	0,41	0,9	2,85	2,56	10,2	12,71
8	2,11	1,8	1,85	3,51	53,5	0,80	0,59	2,30	2,07	0,08	0,9	3,6	3,24	8,7	5,49
						$\Sigma=25,79$	$\Sigma=12,4$				$\Sigma=27,18$	$\Sigma=255,42$			

 $K_s = 1,53$ $K_{ss} = 1,04$

A: Evacuateur de crue

1.1: But

La submersion est un danger permanent pour les barrages en terre en période de crue, pour que l'ouvrage soit garanti contre un tel danger, la projection d'un ouvrage d'évacuation est indispensable.

Comme son nom l'indique, sa principale fonction est de permettre l'évacuation des débits de crues sans que les autres ouvrages ne puissent être endommagés par submersion ou par affouillement.

1.2: Choix de l'évacuateur de crue

Le choix de l'emplacement de l'ouvrage est guidé par de multiples considérations.

Une étude hydrologique est nécessaire pour décider des capacités d'évacuation de l'ouvrage.

La topographie et la géologie du site jouent un rôle important dans un choix guidé par des facilités d'exécution, enfin un tel choix dépend l'exploitation en toute sécurité de l'ouvrage.

En prenant en considération tous ces facteurs, nous allons passer en revue les différentes solutions possibles pour notre cas.

- L'évacuateur par le fond est déconseillé pour les risques d'obstruction par les corps flottants charriés au moment des crues.

- L'évacuateur de crue sur la digue pose des problèmes de jonction entre le béton et la terre, donc, il y aura inévitablement tassement de la terre formant la digue, ce qui entraîne deux risques

- décollement entre le béton et la terre qui il immédiatement obstruer.

- Affaïssement de la cote en crête de la digue qu'il faut très vite relever.

L'évacuateur le plus convenable à notre digue est l'évacuateur frontal en tranchée creusé sur le sol en place de l'une des deux rives qui offrent les mêmes possibilités géologiques

Pour un emplacement en rive droite du site le tracé sera plus court et par conséquent plus économique, de plus cette rive offre des pentes qui ne sont pas trop fortes

Ce type d'évacuateur comporte

- Un deversoir
- Un canal évacuateur
- Un dissipateur d'énergie

1.3: Le deversoir

Le deversoir sera à profil pratique de type CREAGER, qui, rappelons le, est le profil qui s'adapte le mieux à la lame d'eau de façon à ce que celle-ci ne puisse se décoller

1.1: Elaboration du tracé du type CREAGER.

Puisque le profil du coursier pour une charge H a été déterminé, pour déduire le profil correspondant à une charge H_1 , nous allons procéder à l'aide de la loi de similitude.

De cette façon en se servant des coordonnées X et Y correspondants à la charge H , nous allons exécuter le tracé du profil de notre coursier point par point

Tableau n° 25

Les coordonnées X et Y correspondants au tracé de notre coursier

Profil H = 1,0 m		Profil H ₁ = 0,4 m	
X	Y	X ₁	Y ₁
0,00	0,126	0,00	0,05
0,1	0,036	0,04	0,014
0,2	0,007	0,08	0,0028
0,3	0,000	0,12	0,000
0,4	0,006	0,16	0,0024
0,5	0,0027	0,20	0,0108
0,6	0,060	0,24	0,024
0,7	0,100	0,28	0,04
0,8	0,146	0,32	0,0584
0,9	0,198	0,36	0,0792
1,0	0,256	0,40	0,1024
1,1	0,321	0,44	0,1284
1,2	0,394	0,48	0,1576
1,3	0,475	0,52	0,19
1,4	0,564	0,56	0,2256
1,5	0,661	0,60	0,2644
1,6	0,764	0,64	0,3056
1,7	0,873	0,68	0,3492
1,8	0,987	0,72	0,3948
1,9	1,108	0,76	0,4432
2,0	1,235	0,80	0,494
2,1	1,369	0,84	0,5476

2. : Stabilité de l'évacuateur de crue

Pendant son exploitation, l'ouvrage est soumis à divers sollicitations qui sont variables dans le temps, nous devons prévoir son comportement dans plusieurs cas de charge afin d'apporter les solutions et modifications nécessaires à sa sécurité

Dans notre présente étude nous vérifierons la stabilité contre:

- le glissement
- le renversement
- le soulèvement

2.1: Stabilité contre le glissement

Le coefficient de sécurité contre le glissement est "Kg"

$$K_g = \frac{\sum \text{Forces stabilisatrices}}{\sum \text{Forces d'entraînement}}$$

$$K_g = \frac{f(G - W\phi)}{P}$$

où f : coefficient de frottement ($f = 0,25$ pour argile)

G : poids de l'ouvrage

$W\phi$: pression de l'eau d'infiltration

P : poussée due à la pression de l'eau.

avec $G = \frac{1}{2} \gamma_b \cdot h \cdot b$

où γ_b : poids spécifique du béton ($\gamma_b = 2,47 \text{ t/m}^3$)

b : base du déversoir ($b = 11 \text{ m}$)

h : hauteur du déversoir ($h = 1,0 \text{ m}$)

alors $G = 13,2 \text{ t/ml}$

$$P = \frac{1}{2} \sigma h^2$$

$$P = 0,5 \text{ t/ml}$$

et $W\phi = \frac{1}{2} \alpha \cdot \gamma \cdot h \cdot b$ avec α : coefficient de reduction (0,5 ÷ 1)

$$W\phi = 2,75 \text{ t/ml}$$

$$\text{alors } K_g = \frac{8 \left(\frac{1}{3} \sigma b \cdot h \cdot b - \frac{1}{2} \alpha \cdot \gamma \cdot h \cdot b \right)}{\frac{1}{2} \sigma h^2}$$

$$K_g = 5,22 > 1,3$$

2.2: Stabilité contre le renversement : K_r

$$K_r = \frac{\sum \text{Moments retenants}}{\sum \text{Moments renversants}}$$

$$K_r = \frac{G \cdot \frac{2}{3} b - W\phi \cdot \frac{2}{3} b}{\frac{1}{3} P \cdot h}$$

$$K_r = \frac{76,6}{0,166} > 1,3$$

2.3: Stabilité contre le soulèvement

le coefficient de sécurité contre le soulèvement est K_s

$$K_s = \frac{\sum \text{Forces empêchant le soulèvement}}{\sum \text{Forces provoquant le soulèvement}}$$

$$K_s = \frac{G + P_1}{W\phi}$$

P_1 : poids de l'eau sous la console à la base du déversoir

$$P_1 = b_1 \cdot h$$

avec $b_1 = 1 \text{ m}$ (largeur de la console de la base)

alors $P_1 = 1 \text{ t}$.

$$K_s = 5,16 > 1,3$$

Dans ces cas, la stabilité de l'ouvrage n'est pas menacée par conséquent aucune modification importante n'est à apporter

3: Calcul hydraulique

3.1: Hypotheses

- la hauteur du déversoir est égale à 1,0 m
- la largeur en crête est égale à 10,0 m
- le débit de pointe à évacuer $Q = 5,27 \text{ m}^3/\text{s}$
- cote en crête (déversoir) : 58,08 m.

En appliquant la méthode et le principe de calcul de M^{rs} G. LAPRAY on aura :

3.2: la hauteur critique : K.

la hauteur critique K au dessus du seuil du déversoir est :

$$K = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

avec : q : débit unitaire (m^2/s)

$$q = \frac{Q}{b}$$

b : largeur du déversoir ($b = 10 \text{ m}$)

Q : débit de crue laminé ($Q = 5,27 \text{ m}^3/\text{s}$)

alors $K = 0,30 \text{ m}$.

3.3: Calcul de la charge à l'amont : H_m

$$H_m = H_k + \alpha$$

avec $\alpha = 1,00 \text{ m}$

$$\text{et } H_k = \frac{2}{3} K$$

$$H_k = 0,40 \text{ m}$$

alors $H_m = 1,40 \text{ m}$

3.4: Calcul de la charge au pied aval du déversoir

Le paramètre adimensionnel H_{m+} sera

$$H_{m+} = \frac{H_m}{K} = 4,66$$

et de l'abaque 18 on tire $h_{t+} = 0,34$

$$\text{d'où } h_t = K h_{t+}$$

$$\text{alors } h_t = 0,30 \cdot 0,34 = 0,102 \text{ m}$$

$$h_t = 0,1 \text{ m}$$

3.5: Calcul de la vitesse de l'eau à l'aval:

$$V = \frac{q}{h_t} = \frac{0,527}{0,1}$$

$$\text{alors } V = 5,27 \text{ m/s}$$

4: Canal évacuateur

Le canal évacuateur sert à véhiculer le débit déversé par le déversoir vers l'oued, on détermine d'après la topographie sa longueur et sa pente sur une carte topographique à l'échelle 1/1000

La longueur du canal est $L = 70 \text{ m}$.

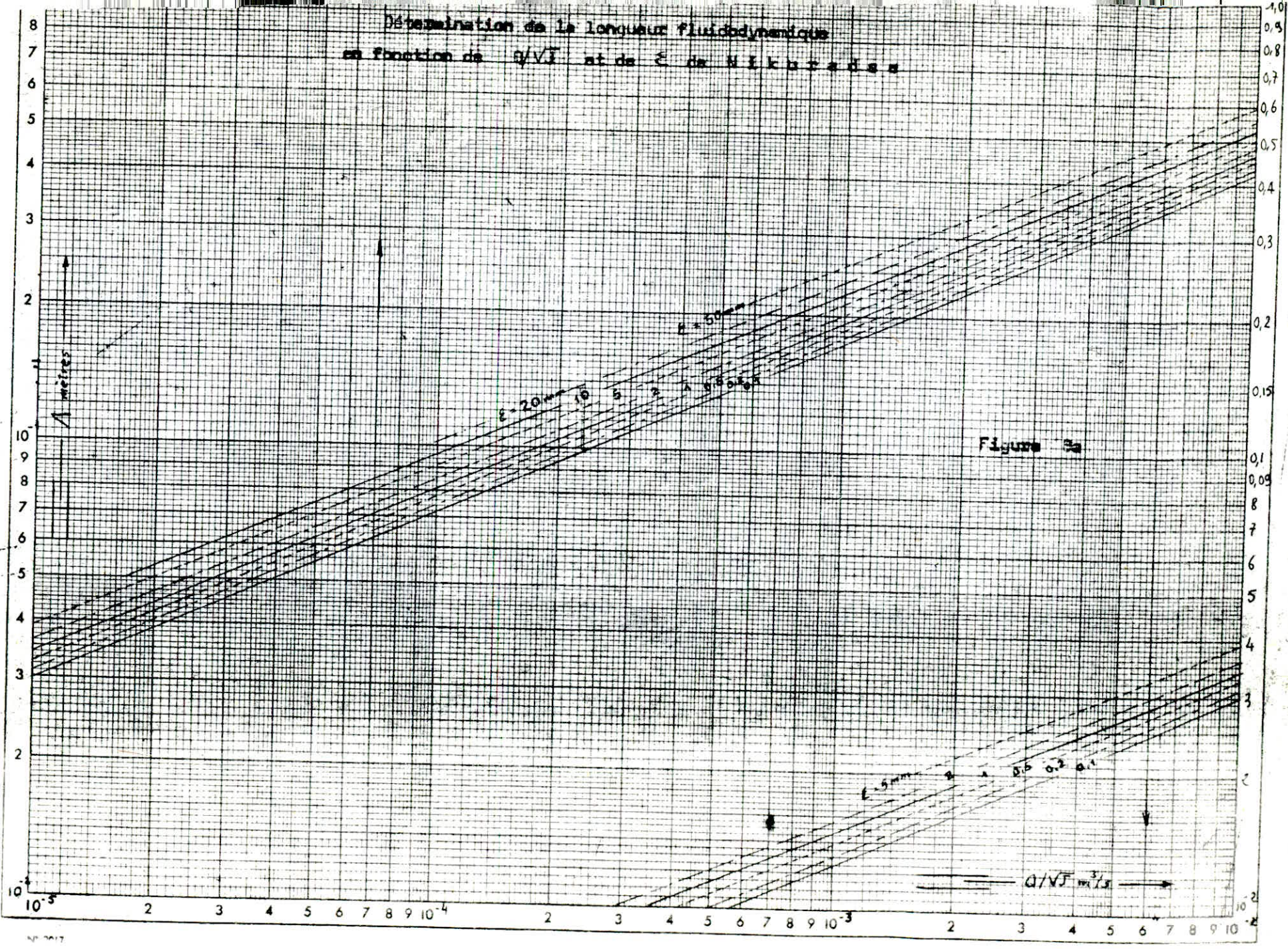
La pente est $I = 16\%$

Le canal est de forme trapézoïdal, il est linéairement convergent et du type 'graduellement varié', la présentation des calculs sera sous forme de programme établi par M^E G. LAPRAY

4.1: Etude de l'écoulement dans le canal.

Dans le canal, l'écoulement est 'graduellement varié' caractérisé par une variation progressive des divers paramètres hydrauliques

Détermination de la longueur fluidodynamique
 en fonction de Q/\sqrt{V} et de ϵ de Nikuradse

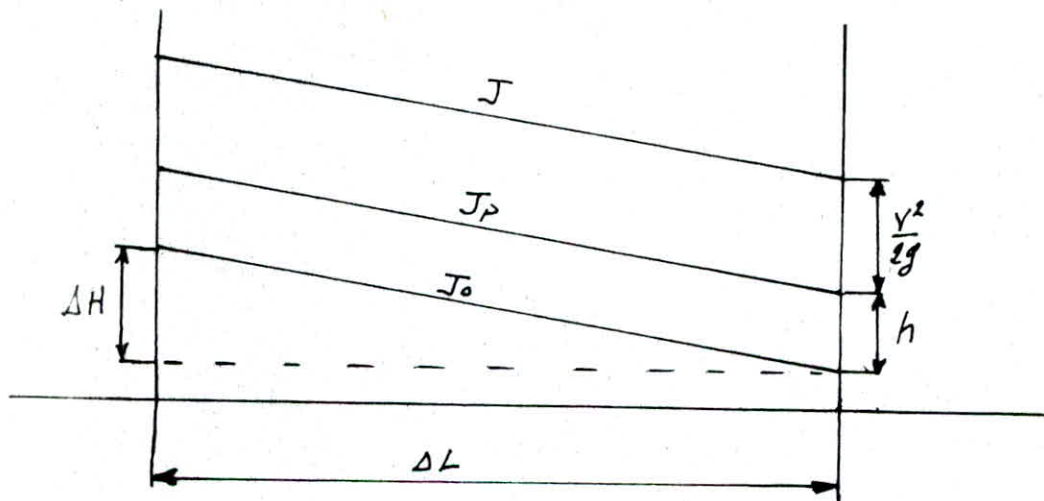


4.2: Methode de calcul (par integration numerique)

Le calcul est basé sur une equation differentielle établie entre la longueur, L , reliant deux sections, et la hauteur d'eau h .

En faisant tendre ΔL vers zero, la variation de la charge totale par unité de longueur se confond avec le gradient de la perte de charge, J

$$J = -\frac{b}{\Delta L} \left(\frac{v^2}{2g} + z_0 - J_0 \cdot L + h \right) \quad (1) \quad \text{voir fig.}$$



$$J = -\frac{v}{g} \frac{dv}{dL} + J_0 - \frac{dh}{dL} \quad (2)$$

L'equation de continuité pour un écoulement permanent est:

$$VA = Q = \text{constante} \quad (3)$$

En dérivant (3) suivant L , on tire

$$A \frac{dv}{dL} + v \frac{dA}{dL} = 0 \quad (4)$$

En posant $dA = e \cdot dh$ avec e : largeur du plan d'eau

$$\frac{dv}{dL} = -\frac{v \cdot e}{A} \cdot \frac{dh}{dL} = -\frac{Q \cdot e}{A^2} \cdot \frac{dh}{dL} \quad (5)$$

En éliminant $\frac{dv}{dL}$ entre (2) et (5) et en exprimant v , par l'équation

de continuité, il ressort

$$J = \frac{Q^2 \cdot e}{g \cdot A^3} \frac{dh}{dL} + J_0 - \frac{dh}{dL} \quad (6)$$

En tirant dL de l'équation (6) on aura

$$dL = \frac{1 - Q^2 \cdot e / g \cdot A^3}{J_0 - J} \quad (7)$$

L'équation (7) est l'équation différentielle du mouvement graduellement varié avec :

dL : distance entre deux sections consécutives (m)

Q : débit véhiculé (m^3/s)

e : largeur du plan d'eau (m)

g : accélération de la pesanteur (m/s^2)

A : section mouillée (m^2)

J_0 : pente géométrique du canal

J : gradient de perte de charge

dh : différence des profondeurs d'eau des deux sections

A.3. Profil en long de l'écoulement :

La détermination de la courbe de remous se fait par intégration de l'équation (7). Les calculs sont basés sur les formules suivantes

$$b_i^{L-1} = b_0 + \frac{b_n - b_0}{L_n} \left(L_i + \frac{dL}{2} \right)$$

avec b_i^{L-1} : largeur moyenne du tronçon.

b_0 : largeur initiale du canal

b_n : largeur finale du canal

L_i : longueur développée jusqu'au début du tronçon

$$- A_i = \left(h_i + \frac{\Delta h_i}{2} \right) \left[b_i^{i-1} + X^2 \left(h_i + \frac{\Delta h_i}{2} \right) \right]$$

avec A_i : section mouillée du tronçon

h_i : profondeur d'eau au début du tronçon

Δh_i : décroissement du plan d'eau entre les sections initiale et finale du tronçon

X : inclinaison du talus ; $X = \cot \alpha$.

$$- P_i = b_i^{i-1} + X \left(h_i + \frac{\Delta h_i}{2} \right)$$

avec P_i : périmètre mouillé moyen du tronçon

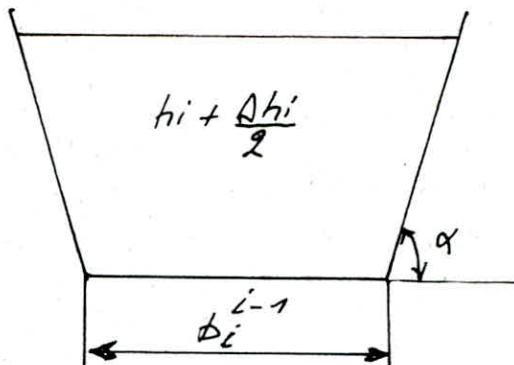
$X = 2 \sqrt{1 + I^2}$: paramètre du talus égal au rapport entre la longueur de l'ensemble du talus et la profondeur moyenne du tronçon

$$- Fr = \left(1,14 - 0,86 \ln \frac{E}{D_h} \right)^{-2} : \text{Coefficient de frottement de Nikuradze}$$

$E = 0,005$: rugosité absolue

$D_h = \frac{A_i}{P_i}$: rayon hydraulique

alors $J = \frac{Fr - Q^2}{\Delta h - A^2 - 2g}$: gradient de perte de charge



la profondeur normale $h_u = \Lambda^{1,606}$

$$\left. \begin{array}{l} \text{alors } \frac{q}{\sqrt{J_0}} = 1,32 \\ \varepsilon = 0,005 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{abaque 8a on tire } \Lambda = 0,238$$

d'où $h_u = 0,238^{1,606} = 0,099 \text{ m.}$

4A: Execution du programme

- Données à introduire

$V = 10^{-6}$ STO.00

$Q = 5,27$ STO.01

$\varepsilon = 0,005$ STO.02

$J_0 = 0,16$ STO.03

$I = 10^{-6}$ STO.04

$L_0 = 0$ STO.05

$H_0 = 0,10$ STO.06

$b_h = 5$ STO.16

$b_0 = 10$ STO.18

$L_h = 70$ STO.20

Δh (varie par tronche) STO.17

$\Delta L = 2$ STO.15

$K_0 = 0,30$ STO.27

$h_{u_0} = 0,099$ STO.37

$X \rightleftharpoons 0,01$

4.5: Programme donnant le profil en long de la surface libre. Remous en canal trapézoïdal linéairement convergent.

LRN 2nd LBA RCL 05 X²+1 = √X + 2 = STO.09 RCL 08 + RCL 17 ÷ 2 STO 07 R/S
 025 2nd LBL B RCL 15 STO 1A ÷ 2 + RCL 06 = ÷ RCL 20 x (RCL 16 - RCL 18) + RCL 18 = STO 04
 054 x RCL 07 + RCL 05 x RCL 07 X² = STO 10 x 4 + (RCL 04 + RCL 09 x RCL 07) = STO 11
 083 1/x x RCL 02 = STO 29 Ln X.X. 86 - 1,14 = X² 1/x STO 12 1 - RCL 01 X² x (RCL 04 + 2x RCL 06
 119 x RCL 07) ÷ 9,8 ÷ RCL 10 Y^X 3 = STO 13 ÷ (RCL 03 - RCL 12 x (RCL 01 ÷ RCL 10) X² ÷ RCL 11 +
 145 19,6) x RCL 17 = STO 15 - RCL 14 = 2nd/x | x 2nd x, + B RCL 15 2nd/x | SUM 06 RCL 17 SUM
 181 08 RCL 08 + RCL 17 ÷ 2 = STO 07 RCL 01 ÷ RCL 10 x RCL 11 ÷ RCL 00 = STO 19 RCL 06 R/S

Allure de la profondeur critique hypothétique

209 2nd LBL C RCL 04 + 2x RCL 05 x RCL 27 = STO 31 RCL 04 + RCL 05 x RCL 27 =
 233 x RCL 27 = STO 30 1/x Y^X 3 x RCL 31 x RCL 01 X² ÷ 9,8 = STO 28 Y^X 3
 259 x RCL 27 = STO 27 RCL 28 - 1 = 2nd/x | x 2nd x, L C RCL 09 x RCL 27 + RCL 04
 291 = STO 26 1/x x RCL 30 x 4 = STO 23 1/x x RCL 02 = STO 21 Ln X.X. 86 -
 306 1,14 = X² 1/x STO 24 ÷ RCL 23 x RCL 01 X² ÷ RCL 30 X² + 19,6 = STO 22
 334 ÷ RCL 03 = 1/x STO 25 RCL 27 R/S

Allure de la profondeur normale hypothétique

344 2nd LBL D RCL 04 + RCL 05 x RCL 37 = X RCL 37 = STO 40 RCL 04 + RCL 37 x RCL 05
 369 = STO 36 1/x x 4 x RCL 40 = STO 33 ÷ RCL 02 = 1/x STO 39 Ln X.X. 86 - 1,14
 398 = X² 1/x STO 35 ÷ RCL 33 x RCL 01 X² ÷ RCL 40 X² ÷ 19,6 = STO 32 ÷ RCL 03 =
 426 Y^X 3 x RCL 37 = STO 37 RCL 32. RCL 03 = 2nd/x | x 2nd x, L D RCL 01 ÷ RCL 40 =
 450 STO 34 x RCL 33 ÷ RCL 00 = STO 38 RCL 37 R/S

Appuyer sur A — $hI_1 = h_1 + \frac{\Delta h}{2}$ — 07

RCL 09 — $x = \sqrt{1+I^2}$

Appuyer sur B — $L_{i-1} =$ — 06

RCL 08 — $h_i =$

RCL 04 — $b_i =$

RCL 29 — $E/Dh = 0,0127$

RCL 19 — $R = 2064582,9$

RCL 12 — $Fr = 0,04178$

Appuyer sur C — $K_i =$

Appuyer sur D — h_{ui}

Pour obtenir les valeurs à rapporter sur les tableaux suivants il faut appuyer respectivement sur B, C et D tant que $L_i \leq L_n$ tableau n° 26

L_i	h_i	b_i^{L-1}	K_i	h_{ui}	Δh
0	0,1001	10,01	0,3046	0,0982	+0,0001
0,2853	0,1002	9,989	0,3050	0,0983	
0,5744	0,1003	9,969	0,3055	0,0984	
0,8679	0,1004	9,948	0,3059	0,0985	
1,1662	0,1005	9,927	0,3063	0,0987	
1,4698	0,1006	9,906	0,3068	0,0988	
1,779	0,1007	9,884	0,3072	0,0989	
2,096	0,1008	9,961	0,3077	0,0991	
2,42	0,1009	9,839	0,3081	0,0992	

Suite du Tableau n° 26

L_i	f_{ui}	b_i^{i-1}	K_i	h_{ui}	Δh
2,753	0,101	9,961	0,3086	0,0993	
3,096	0,1011	9,839	0,3091	0,0995	
3,452	0,1012	9,815	0,3097	0,0997	
3,822	0,1013	9,791	0,3102	0,0998	
4,209	0,1014	9,766	0,3108	0,1000	
4,618	0,1015	9,740	0,3114	0,1002	
5,053	0,1016	9,713	0,3120	0,1003	
5,522	0,1017	9,6856	0,3127	0,1006	
6,043	0,1018	9,655	0,3135	0,1008	
6,632	0,1019	9,623	0,3143	0,1010	
7,332	0,102	9,589	0,3152	0,1013	
8,242	0,103	9,551	0,3137	0,1018	
12,938	0,104	9,508	0,3282	0,1051	+0,001
16,481	0,105	9,579	0,3338	0,1067	
19,127	0,106	8,949	0,3384	0,1081	
21,462	0,107	8,728	0,3427	0,1094	
23,620	0,108	8,550	0,3468	0,1106	
25,661	0,109	8,389	0,3509	0,1118	
27,612	0,111	8,239	0,3549	0,1130	
29,491	0,1111	8,097	0,3589	0,1141	
31,309	0,112	7,960	0,3628	0,1153	
33,074	0,113	7,828	0,3668	0,1165	

Tabelou n: 26 (suite)

L_i	h_i	h_i^{i-1}	K_i	h_{ui}	Δh
34,789	0,114	7,7005	0,3708	0,1176	
36,4607	0,115	7,5762	0,3747	0,1188	
38,0901	0,116	7,4553	0,3787	0,1200	
39,6802	0,117	7,3374	0,3827	0,1211	
41,233	0,118	7,2224	0,3866	0,1223	
42,750	0,119	7,1102	0,3906	0,1235	
44,233	0,120	7,0005	0,3947	0,1247	
45,684	0,121	6,8934	0,3987	0,1258	
47,102	0,122	6,7886	0,4027	0,1270	
48,491	0,123	6,6861	0,4068	0,1282	
49,850	0,124	6,5859	0,4108	0,1294	
51,180	0,125	6,4877	0,4149	0,1306	
52,483	0,126	6,3917	0,4190	0,1318	
53,760	0,127	6,2976	0,4231	0,1331	
55,010	0,128	6,2055	0,4272	0,1343	
56,235	0,129	6,1153	0,4314	0,1355	
57,436	0,130	6,0229	0,4356	0,1367	
58,613	0,131	5,9402	0,4397	0,1380	
59,767	0,132	5,8553	0,4439	0,1392	
60,899	0,133	5,7720	0,4481	0,1405	
62,009	0,134	5,6904	0,4524	0,1417	
63,098	0,135	5,6103	0,4566	0,1430	

Tableau n°26 suite 3

L_i	f_i	b_i^{i-1}	K_i	h_{ui}	Δh
64,166	0,136	5,3318	0,4609	0,1443	
65,215	0,137	5,4548	0,4652	0,1455	
66,244	0,138	5,3792	0,4695	0,1468	
67,254	0,139	5,3050	0,4738	0,1481	
68,245	0,140	5,1607	0,4782	0,1494	
69,218	0,141	5,0905	0,4825	0,1507	
70,17	0,142	5,021	0,4864	0,1520	

4.5: Saut de ski

À la fin du coursier, l'eau sera projetée vers le haut du saut de ski et tombera sur les blocs d'enrochement afin de dissiper l'énergie cinétique de l'eau.

La vitesse de l'eau sera

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{h \cdot b} = \frac{5,27}{0,142 \cdot 5,021} = 7,44 \text{ m/s}$$

trace du jet

on a $X = (V \cos \alpha) t$ d'où $t = \frac{X}{V \cos \alpha}$ où α : angle de portée
 $\alpha = 30^\circ$

$$Y = V \sin \alpha t - \frac{1}{2} g t^2$$

En éliminant t dans y , on obtient

$$Y = \frac{X}{V \cos \alpha} V \sin \alpha - \frac{1}{2} g \left(\frac{X}{V \cos \alpha} \right)^2$$

La portée est égale

$$X = 1,8 \left(\frac{h+V^2}{2g} \right) \sin 2\alpha$$

avec v : vitesse au départ du saut de ski

$$v = 7,44 \text{ m/s}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\text{dors } X = 1,8 \left[\frac{0,141 + (7,44)^2}{2 \cdot 9,81} \right] \sin 60$$

$$X = 4,40 \text{ m}$$

Le rayon de l'ouvrage de saut de ski doit être supérieur à $(5 \times h)$

$$R > 5 \times h$$

$$5 \times h = 5 \times 0,141 = 0,705 \text{ m}$$

on prendra $R = 3 \text{ m}$

5. Ouvrage de prise et de vidange

L'ouvrage de prise et de vidange est une conduite ancrée dans l'axe de la vallée sous la digue

Pour cela on creuse dans le terrain en place une tranchée de 0,30 m de large et de 1 m de profondeur

Perpendiculairement à cette fouille, on amorce de petites tranchées latérales de 0,30 m de large et distantes de () l'une de l'autre dans ces tranchées latérales, prendront place des masques d'étanchéité en béton.

La conduite de prise en acier est ensuite calée dans la tranchée principale et enrobée de béton coulé en pleine fouille. Le béton enrobe la conduite de façon uniforme sous une épaisseur minimale de 0,20 m.

Le diamètre de la conduite est calculé de telle façon à assurer une vidange rapide de la réserve.

On prévoit pour cette conduite une vanne amont dont l'ouverture est commandée à partir d'une chambre à vannes placée au pied aval de la digue.

Pour les calculs, on sait que la vitesse admissible est comprise entre $(0,2 \div 3) \text{ m/s}$

on prendra en 1^{ère} approximation $V = 0,6 \text{ m/s}$
et on calcule le diamètre (D) de la conduite

$$\text{on a } V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}}$$

avec $Q =$ débit de la vidange rapide

$A =$ section de la conduite

$$\text{alors } Q = \frac{210000}{21,24 \times 3600} = 0,1157 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{avec } V = \frac{A \cdot Q}{\pi D^2} = \frac{A \cdot 0,1157}{\pi D^2}$$

de là on tire D

$$D = \sqrt{\frac{A \cdot 0,1157}{\pi \cdot 0,6}} = 0,495 \text{ m.}$$

alors on prend le (D) normalisé

$$D = 0,5 \text{ m.}$$

on vérifie la vitesse

$$V = \frac{A \cdot 0,1157}{\pi \cdot (0,5)^2} = 0,589 \in (0,2 \div 3) \text{ m/s}$$

6: Ouvrage de dérivation provisoire

Notre digue en terre est construite pendant la saison sèche et doit être terminée avant l'arrivée des pluies

Le problème de l'évacuation des eaux du ruissellement pendant la construction ne se passera donc pas souvent.

Neanmoins, il peut être utile de prévoir une solution provisoire capable d'évacuer les petites cuves susceptibles de se produire durant la mise en œuvre.

Dans ce cas, la solution la plus simple consiste à réaliser en amont un petit batardeau.

7: Chantier

7.1 Organisation du chantier

Avant d'installer le chantier, on devra effectuer une reconnaissance des zones de fondation de la digue, de la cuvette et des ballastières pour reconnaître ces terrains, on doit se munir d'une tarière à main qui permettra éventuellement quelques prélèvements et quelques essais il est indispensable de connaître les terrains où se déroulera la construction ainsi que les matériaux qui seront manipulés afin de choisir le plus rationnellement possible les engins appropriés à chaque carrière, compte tenu des caractéristiques des matériaux, des distances à parcourir et de la nature des terrains où vont évoluer les engins, et un planning des travaux sera établi.

La construction de petits lots collinaires (comme dans notre cas) nécessite pas d'installations fixes importantes, un petit camion de laboratoire pour apporter de précieuses indications en cours de construction. Un chantier de retenue collinaire peut se composer au minimum des machines suivantes:

- Un tracteur à chenilles de grande puissance (160-180 CV) équipé d'une lame frontale et un scarper.
- Un tracteur à pneus pouvant traîner un ou plusieurs éléments de compacteur.
- Une niveleuse
- En outre, il est bon de pouvoir adapter à ce tracteur divers appareils accessoires tels que: pompe aspirante, compresseur, foreur vibreur, bétonneuse, groupe de sondage etc...

- Une camionnette tout terrain assurera les liaisons et les approvisionnements

conclusion: bien entendu, c'est là un schéma grossier d'organisation de notre chantier.

7.2: Travaux de finition

Le massif étant réalisé, il faut finir à la main ou à la machine les parements amont et aval. Ce nivellement est effectué avec des nivelleuses. Une fois les pentes correctement réalisées, on exécute le revêtement pierreux sur le parement amont, et herbeux en aval, puis on procède à un engazonnement sur ce dernier. On aménage la crête, qui sera ensuite recouverte de sable et de graviers, de façon à éviter les fissures.

7.3: Travaux d'entretien.

- la retenue étant mise en eau, on surveillera de près le comportement de la digue au début de son existence.
- on vérifiera en particulier qu'il n'apparaît pas en aval les débits d'infiltration trop importants.
- au bout de 2 ans la digue sera stabilisée et les débits de fuite seront moins importants.
- après les crues, il importera de visiter l'évacuateur de crues
- on devra aussi, de temps à autre inspecter les talus de la digue

conclusion: En résumé, une digue bien conçue et bien exécutée ne devrait pas exiger d'entretiens importants

8: Coût estimatif de l'ouvrage

9.1: La digue

Designation	unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total
decapage des terres au dessus de la digue d'une épaisseur de 0,6m (excavation)	m ³	27783	30,00	833490,00
excavation de la tranchée d'un crage	m ³	1060	30,00	31800,00
Construction de la digue remblai, arrosage et compactage	m ³	175614	35,00	6146490,00
Construction de tapis filtrant et drain compactage et transport	m ³	7400	20,00	148000,00
revetement du talus amont de la digue épaisseur 0,2m	m ³	4980	30,00	149400,00
				Σ = 7309180,00

8.2: L'evacuateur

Designation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total
Seuil CREAGER en beton	m ³	37	1800	66600,00
excavation d'une tranchée de 70,0m	m ³	262	30,00	7860,00
beton de protection et de fondation dosé 25 kg CPA325	m ³	35	1400	49000,00
				Σ = 123460,00

8.3: Prise d'eau et vidange

Designation	unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total
conduite en acier: $\phi = 2,5m$ et sa pose	m	66	8000	52800,00
ouvrages en beton armé	m ³	65	1800	117000,00
Vannes et accessoires	-			15000,00
				$\Sigma = 184800,00$

le coût total de l'ouvrage est estimé à : 7617440,00

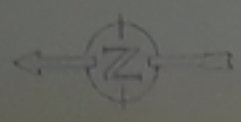
Conclusion :

cette retenue collinaire est destinée à L'irrigation des terres environnantes
La teneur de ce projet a été basé sur les données hydrologiques
et géologiques délivrés par la D.H.XI de Tiaret.

Du point de vue hydrologique la retenue peut assurer le de
debit nécessaire à L'irrigation.

Du point de vue géologique, la cuvette repose sur des argiles
alluvionnaires, les pertes par infiltration sont faibles, il donc inutile
de prévoir des voiles d'étanchéité.

topographiquement la faisabilité est possible-, nous estimons
qu'une étude uniquement théorique s'avère incomplète et que
cela nécessite des apports pratiques importants qui sont indispen-
sables pour la réalisation de ce projet.



الجهة الوطنية لتسوية التراب
BUREAU NATIONAL
des Travaux Publics

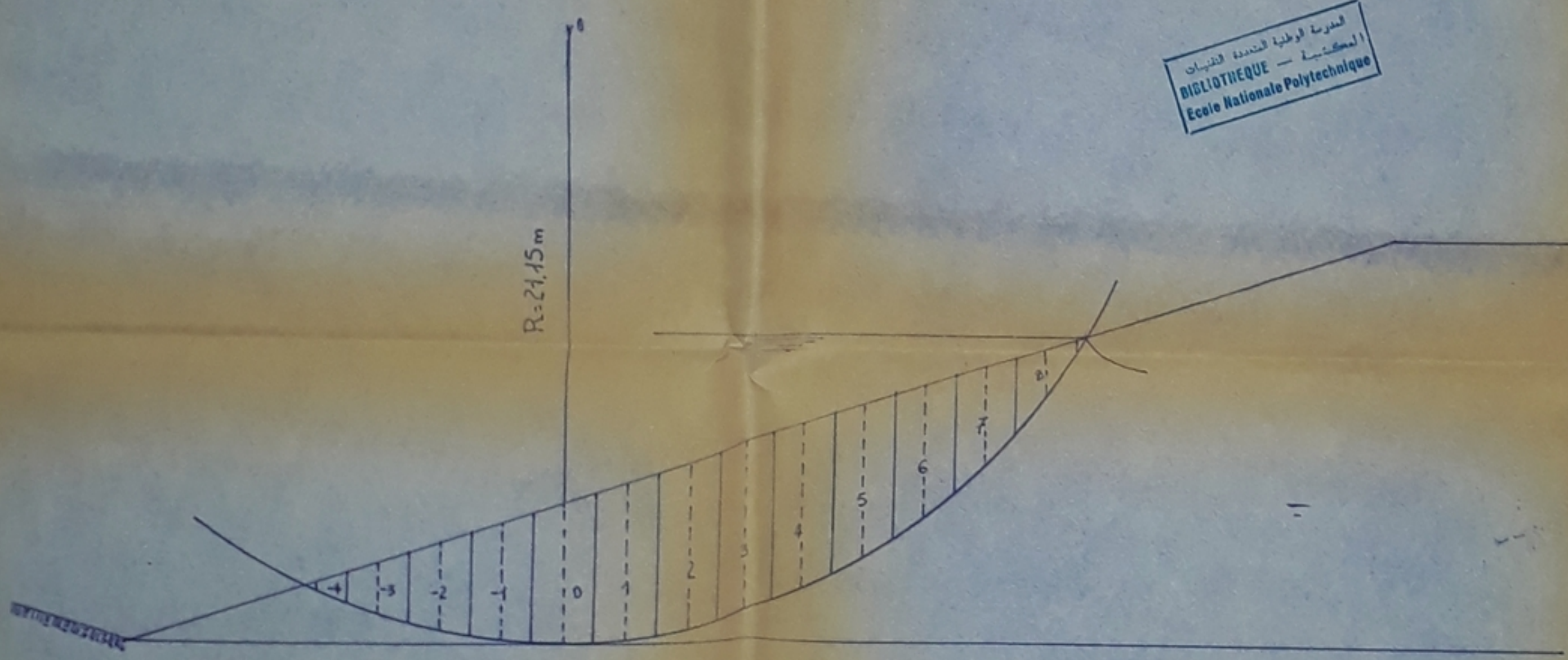
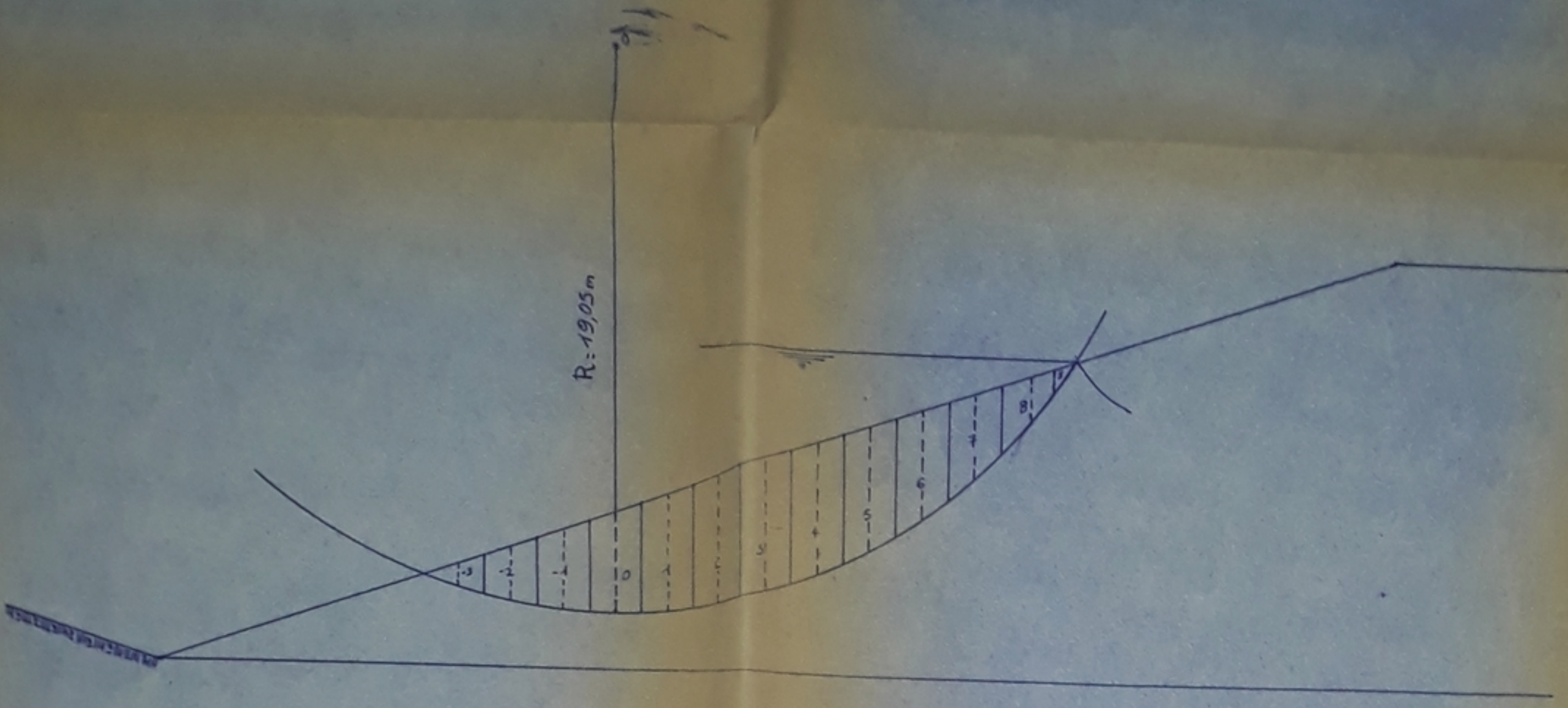
الجهة الوطنية لتسوية التراب
BUREAU NATIONAL
des Travaux Publics

الجهة الوطنية لتسوية التراب
BUREAU NATIONAL
des Travaux Publics

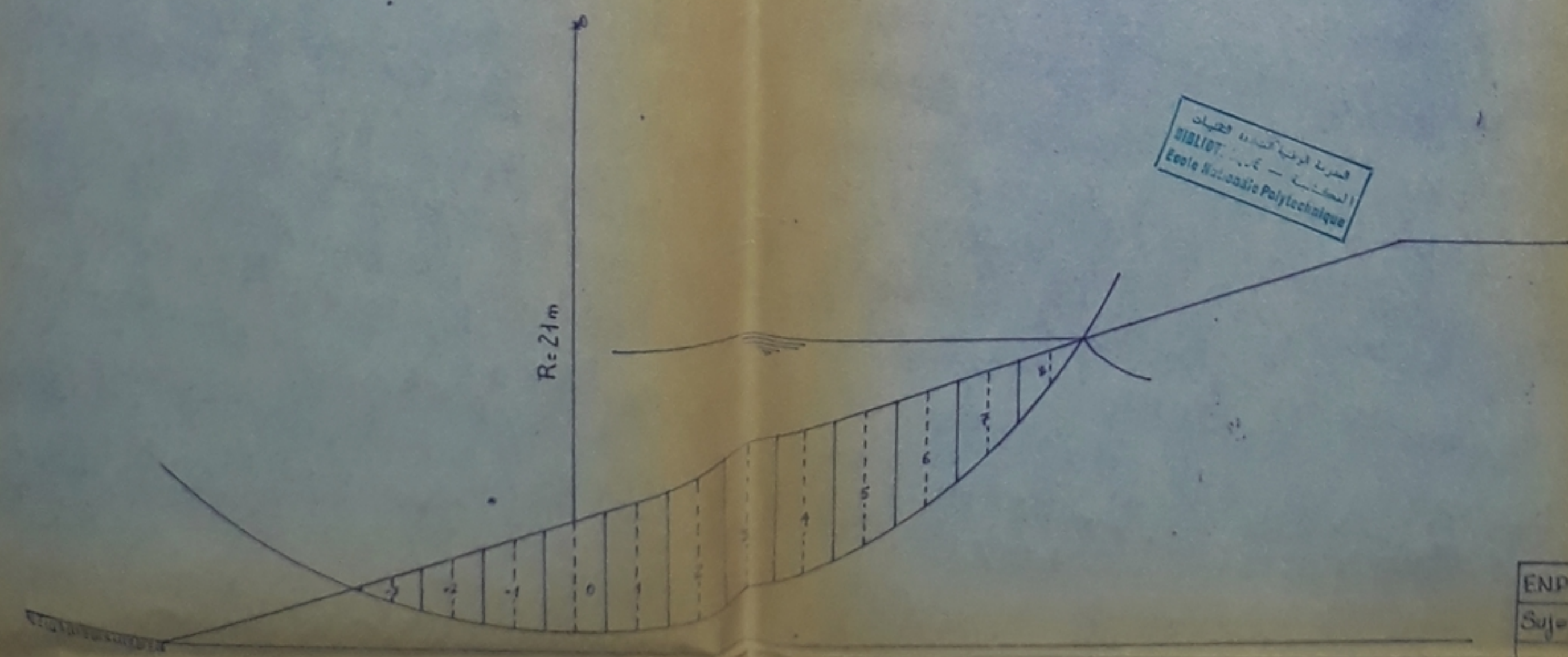
PH 037 86
-A-

ENP	الجهة الوطنية لتسوية التراب
SUJET	RETENUE COLLINAIRE PLEIN W/TIARET
PLANCHE	N° 1
ECHELLE	1/1000
PROPOSE PAR	DH VV TIARET
ETUDIE PAR	Bouyoula I KASMI-A
DIRIGE PAR	M. ABDERRAHIM

ETUDE DE STABILITÉ



المدرسة الوطنية للتكنولوجيا
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique



المدرسة الوطنية للتكنولوجيا
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

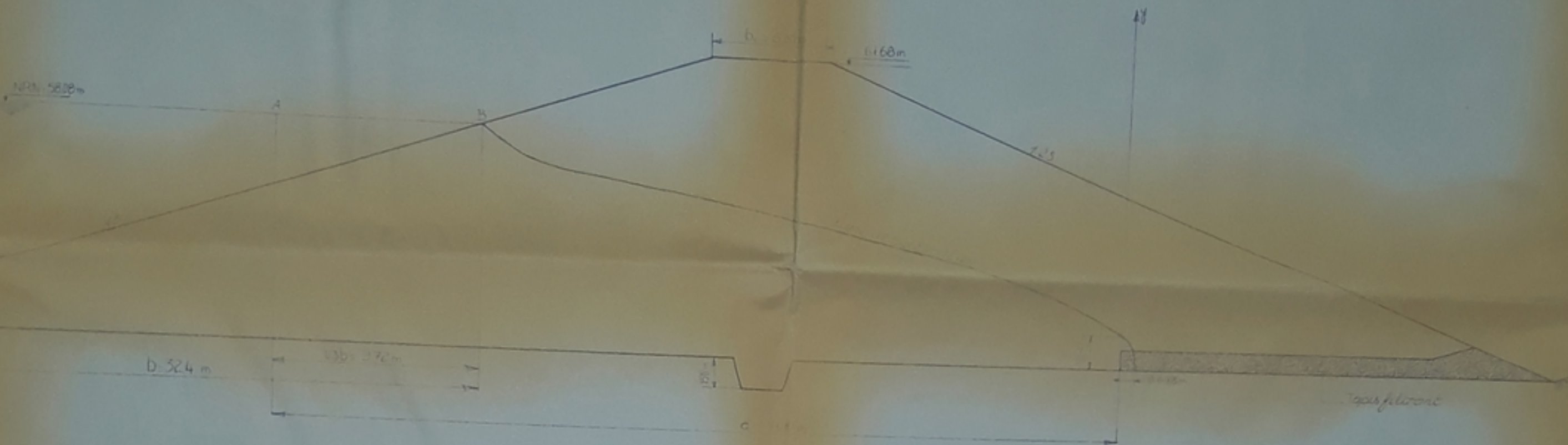
PH 03786

- 2 -

END	الغلاف النهائي
Sujet	Retention Collinaire
stabilité	stabilité
Echelle	Vitesse Rapide
dessiné par	Benmoula L - Karam A

TRACÉ DE LA LIGNE DE SATURATION

المدرسة الوطنية للتكنولوجيا
المكتبة
BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

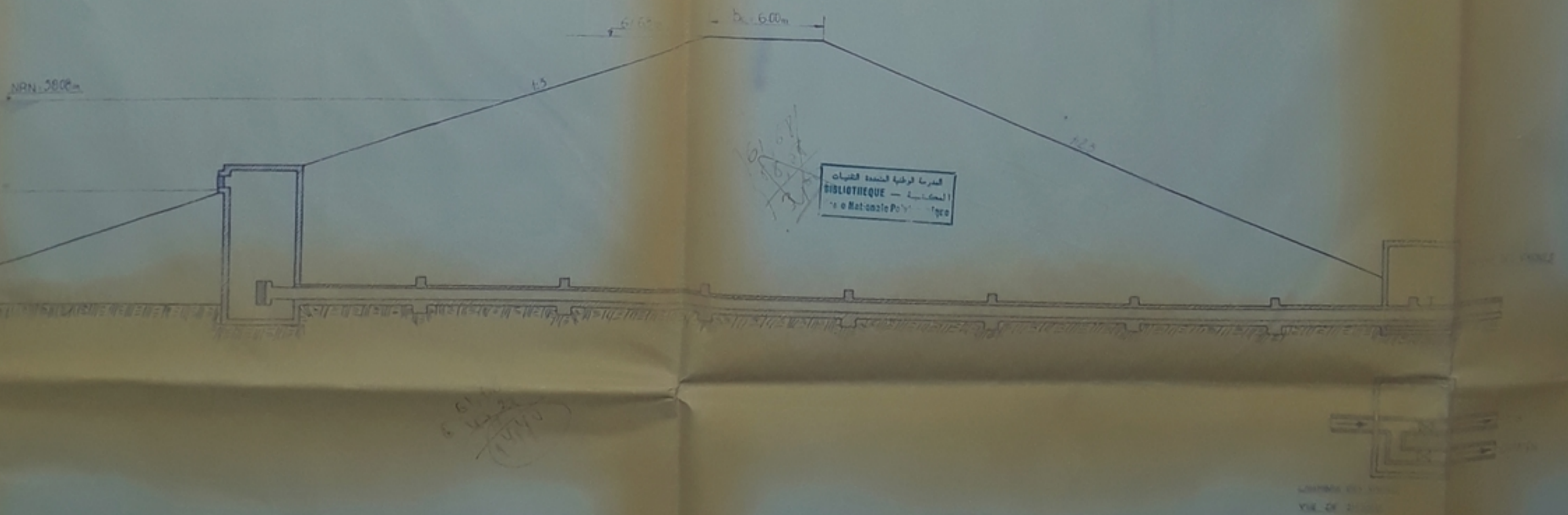


équation de la ligne de saturation

$$x = \frac{y^2 - y_0^2}{2y_0}, \quad y_0 = \sqrt{2.75} = 1.659$$

$$x = \frac{y^2 - 2.75}{2.75}$$

OUVRAGES DE PRISE ET DE VIDANGE



المدرسة الوطنية للتكنولوجيا
المكتبة
BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

المدرسة الوطنية للتكنولوجيا
المكتبة
BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

ENP	
Sujet	Retenue Collinaire
Planche	N° 4
Echelle	1/150
Propose par	DHW
Etude par	BOUNOUALA KASMI - A
Dirige par	M. ABDERRHIM

PH 03786

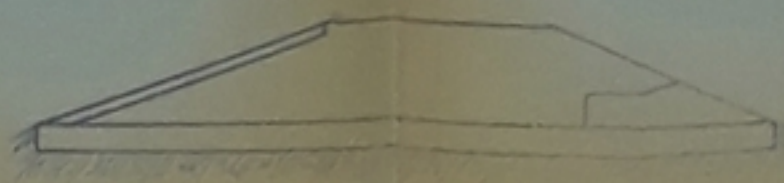
COUPES TRANSVERSALES

calcul du volume

المدرسة الوطنية لتكنولوجيا
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

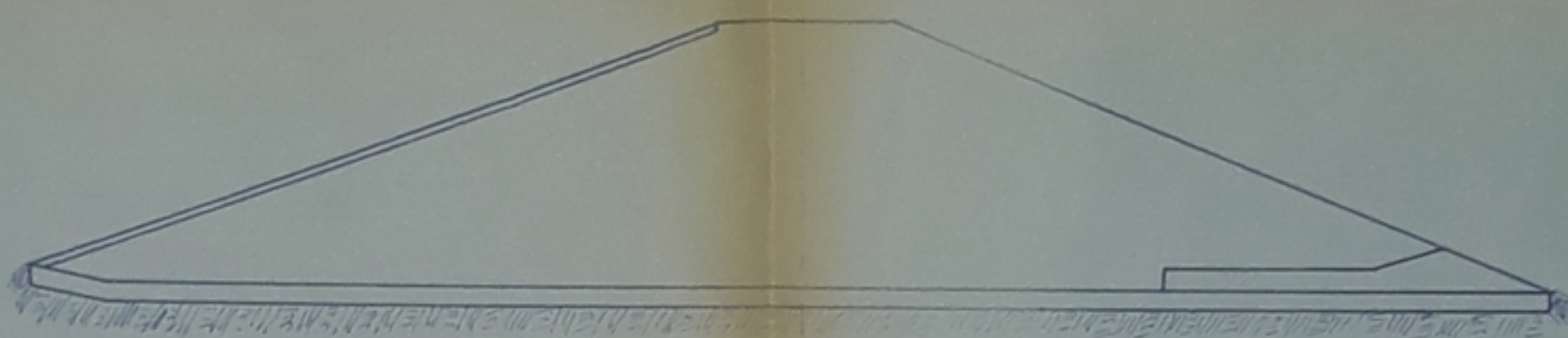
coupe I-I

61.68
59.53
57.38



coupe II-II

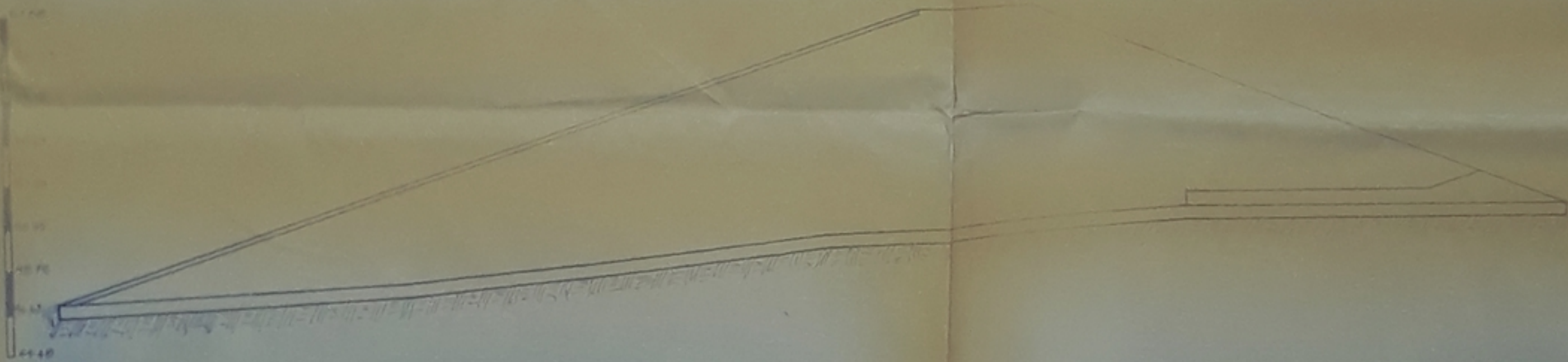
61.68
59.53
57.38
55.23
53.08
50.93



المدرسة الوطنية لتكنولوجيا
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

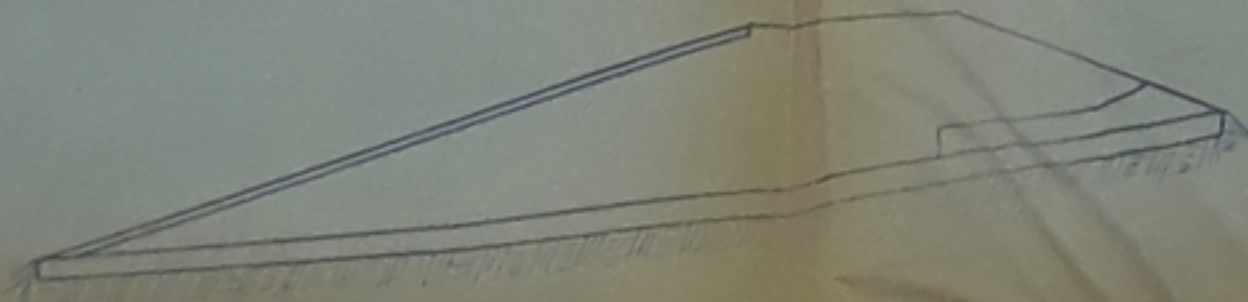
coupe III-III

61.68
59.53
57.38
55.23
53.08
50.93



coupe IV-IV

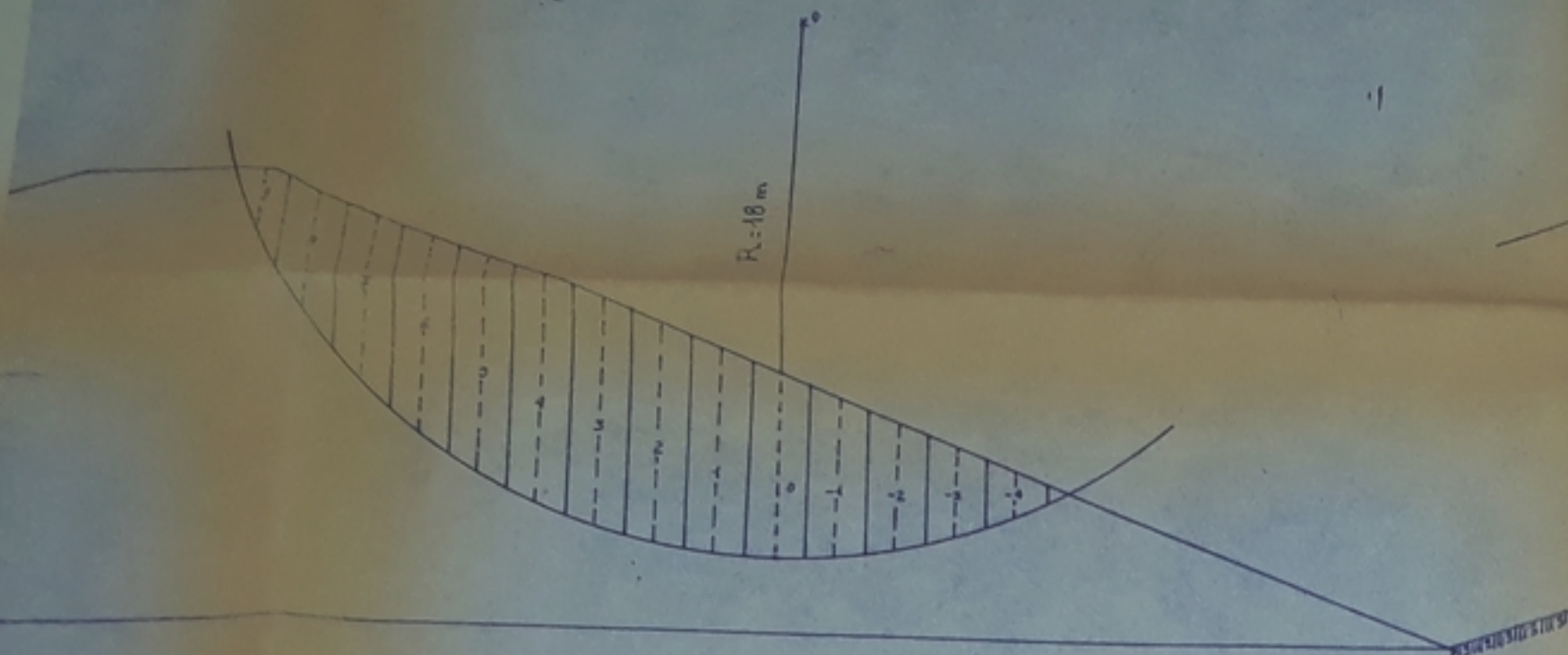
61.68
59.53
57.38
55.23
53.08



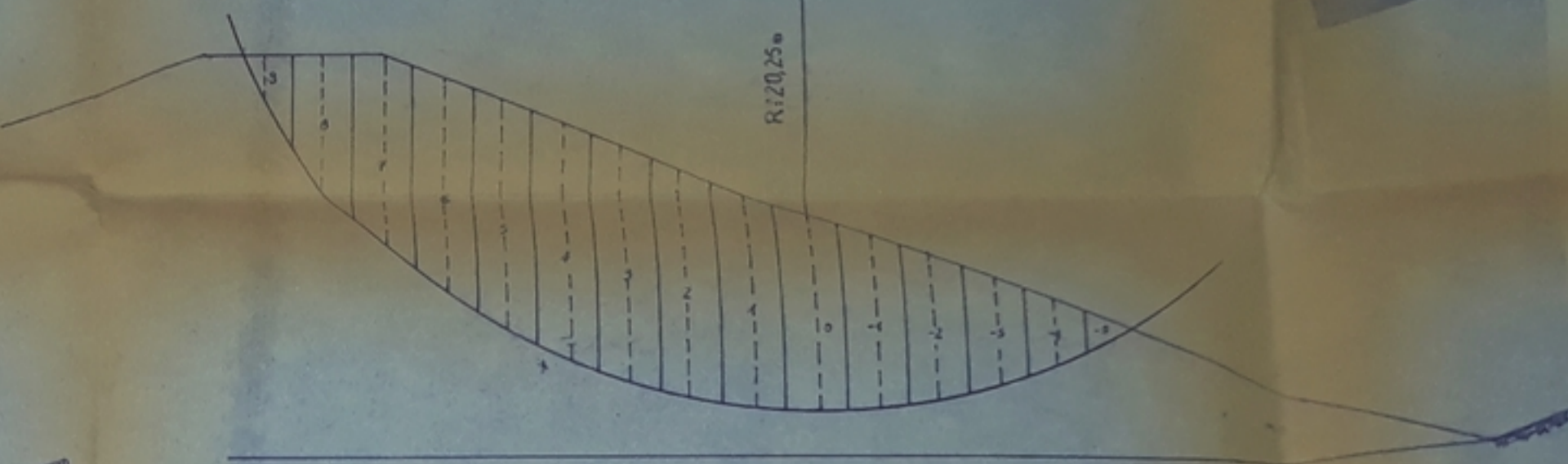
END	الدراسة انتهت
Sujet	Retenue Collinaire
Planche	N°6
Echelle	1/200
Proposé par	D.H.W. Tiaet
Etudié par	Bououala - L Kasmi - A
Dirigé par	MC ABDERRAHIM - D

PH 03786

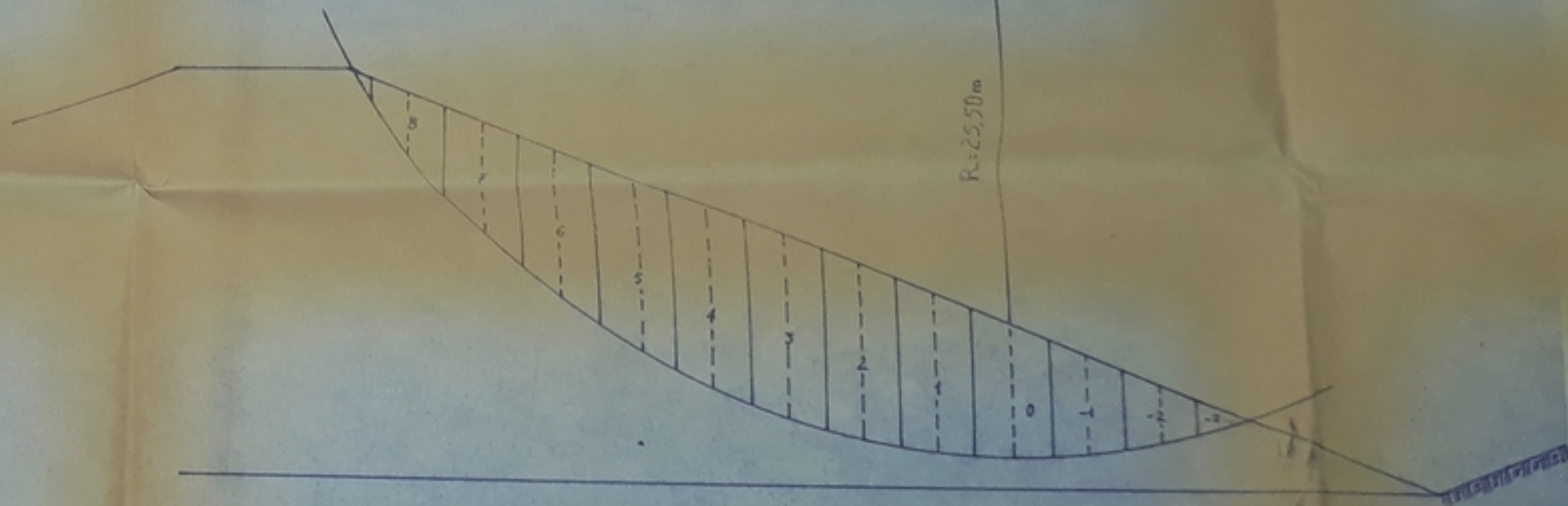
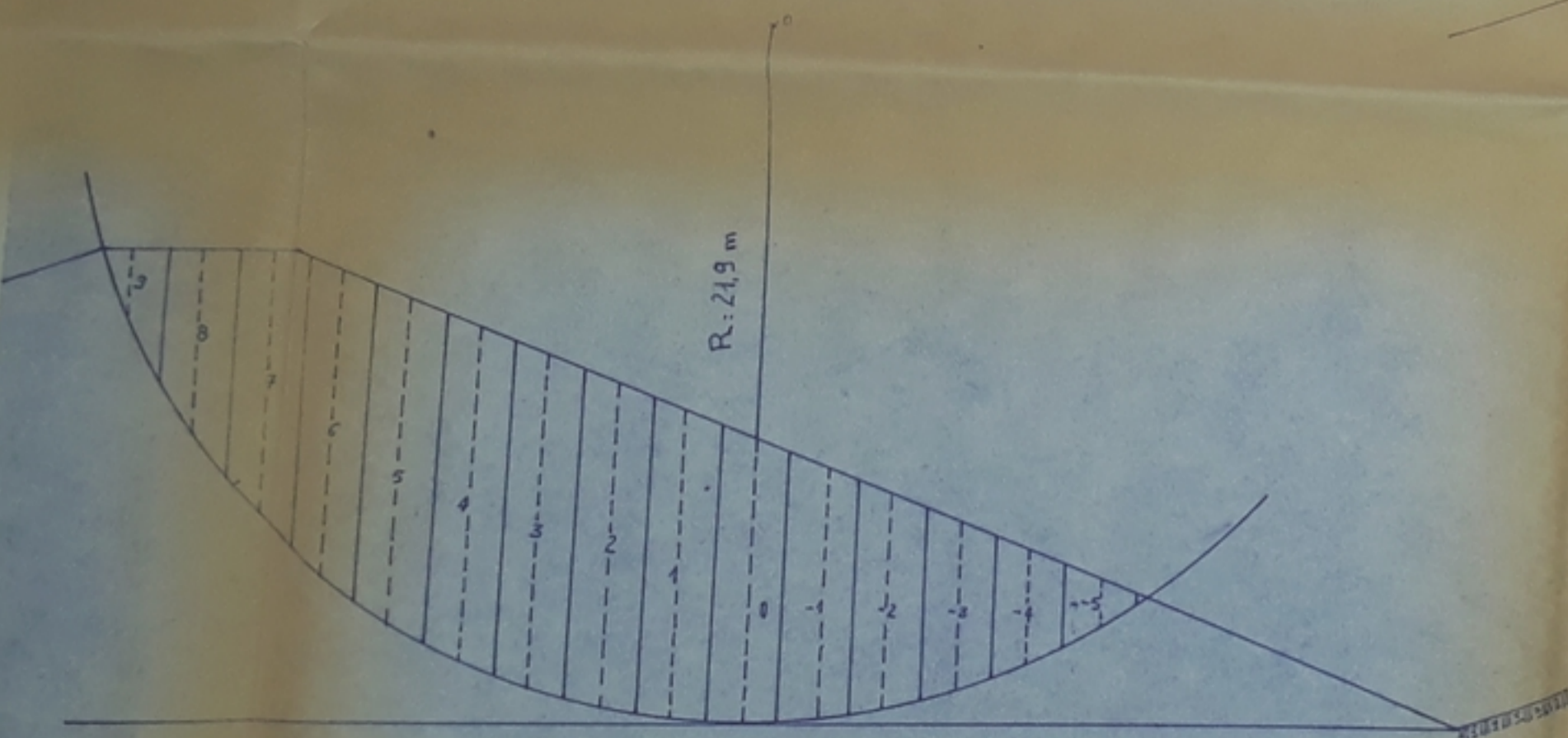
ETUDE DE STABILITE



المكتبة - المكتبة
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique



المكتبة - المكتبة
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

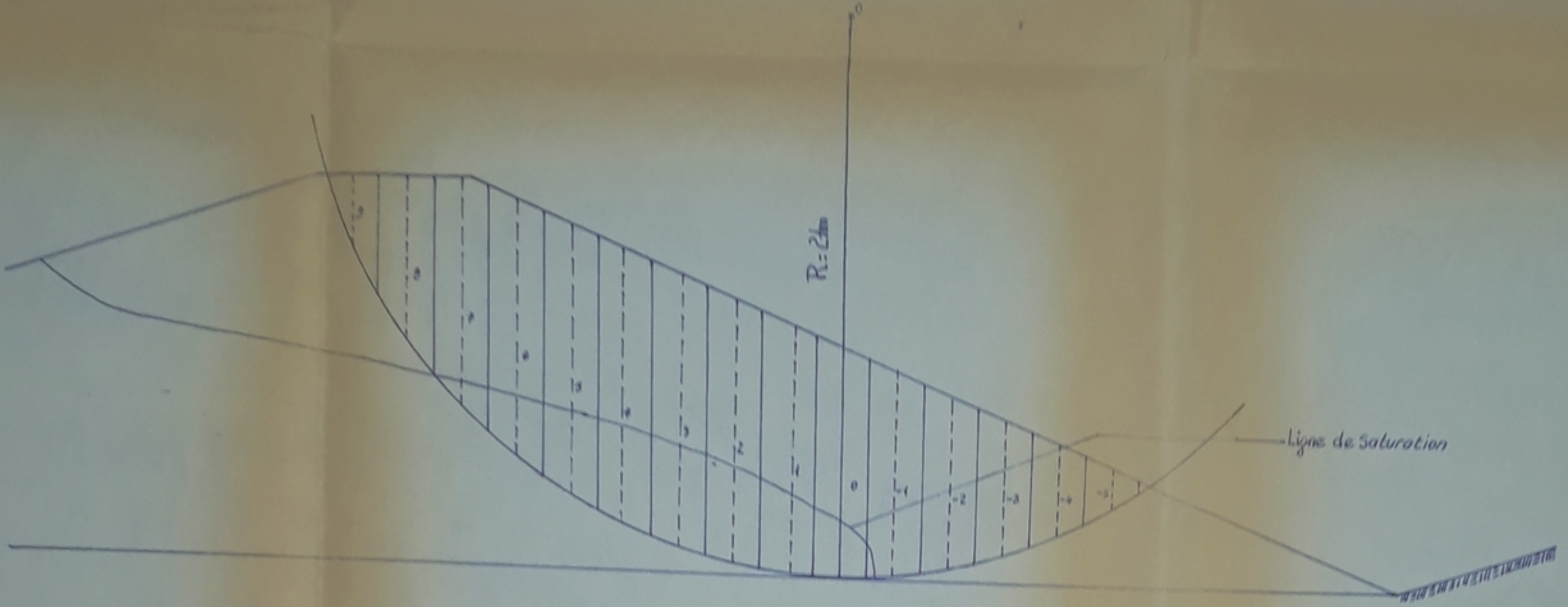


PH 03786

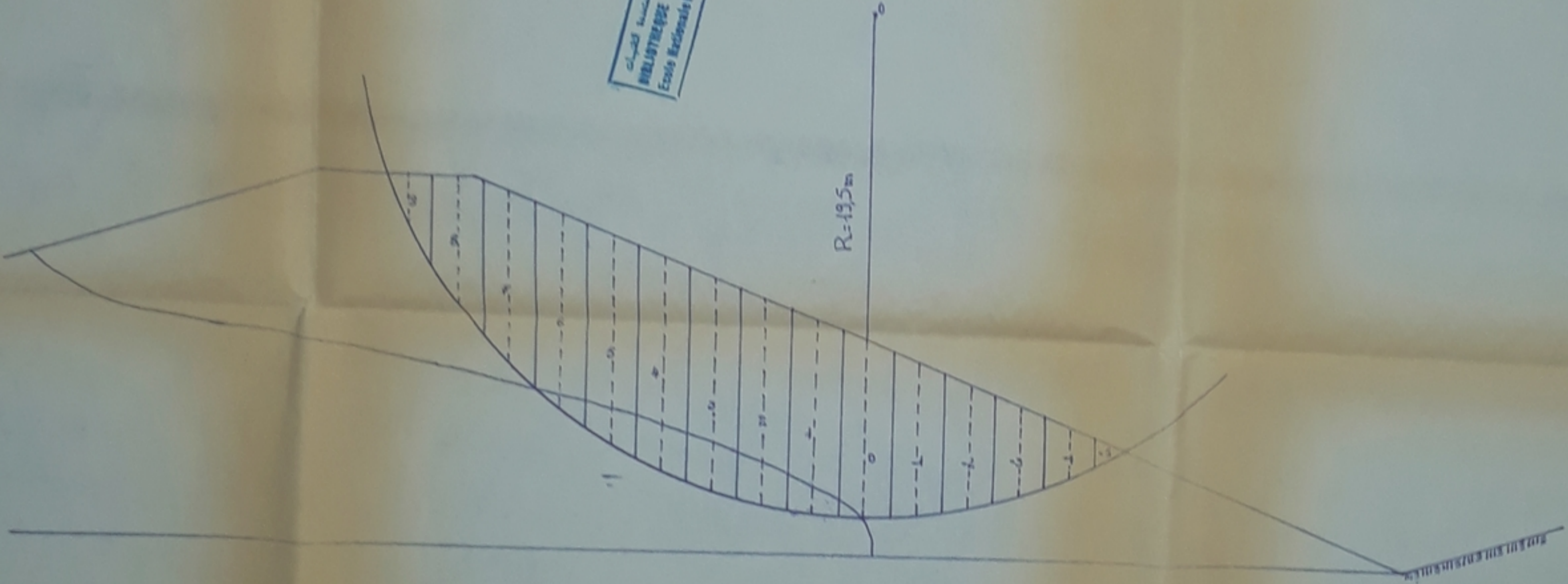
- 6 -

ENP	المعهد الوطني للدراسات والتقنيات
Sujet	Rotone Collinaire
Stabilité	Talus Aval fin de Construction
Echelle	1/150
étudié par	Boumoula L - Kasmi A

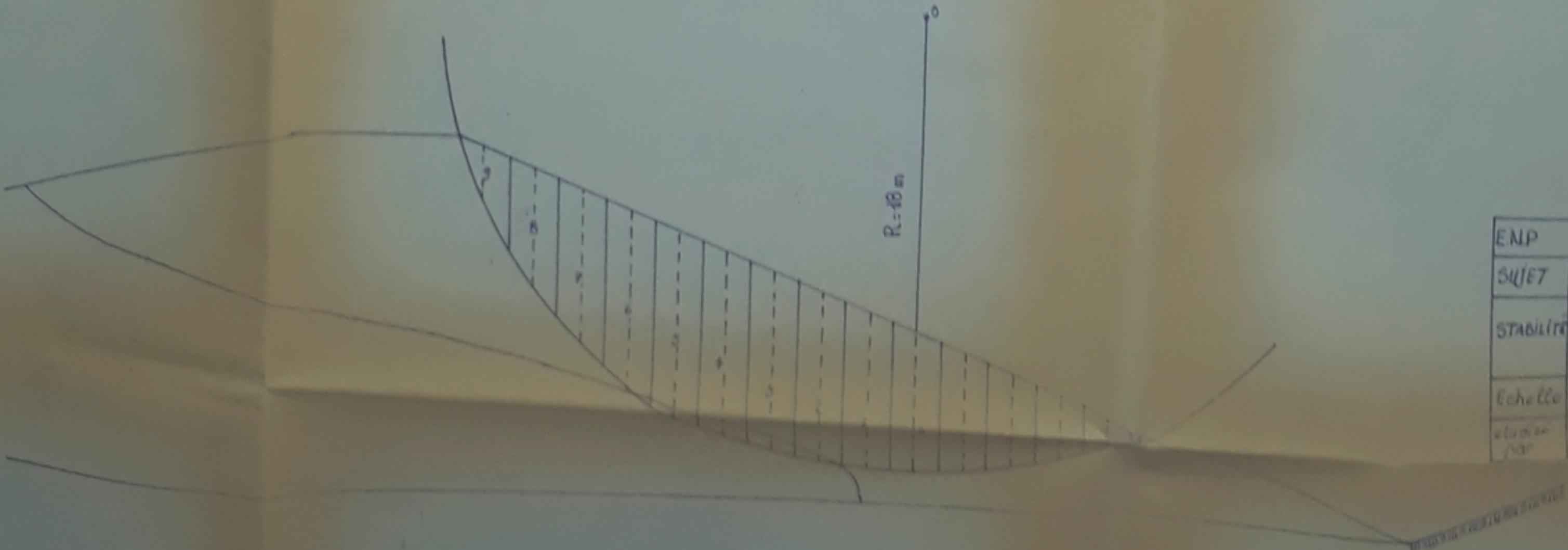
ETUDE DE STABILITE



المعهد الوطني للتكنولوجيا
 INSTITUTE NATIONAL
 Ecole Nationale Polytechnique

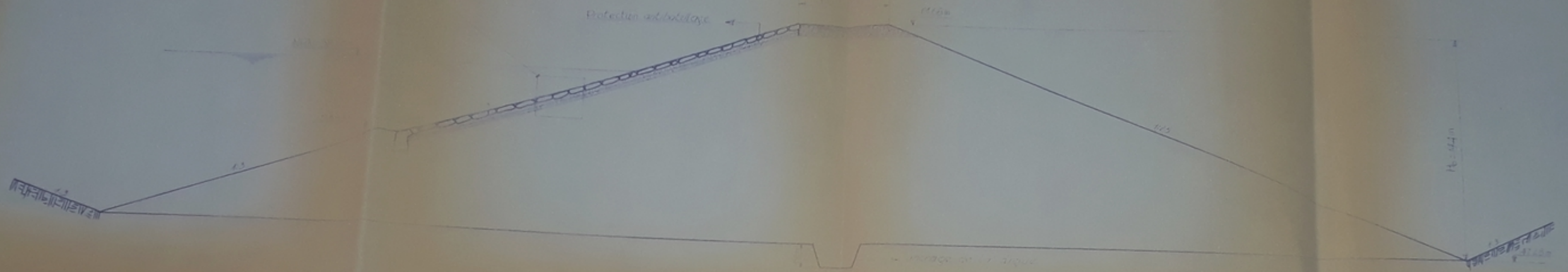
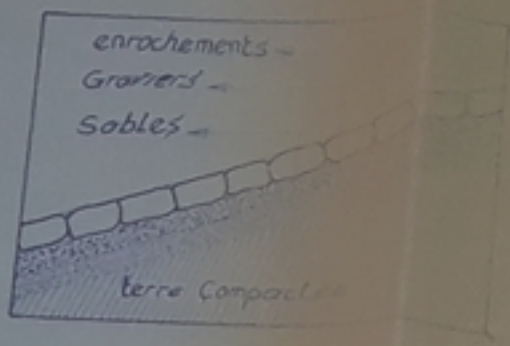


المعهد الوطني للتكنولوجيا
 INSTITUTE NATIONAL
 Ecole Nationale Polytechnique



ENP	المعهد الوطني للتكنولوجيا
SUJET	Retenue Collinaire
STABILITE	Talus oval - fonctionnement normal
Echelle	1/150
etude par	Bouassal - Henri A

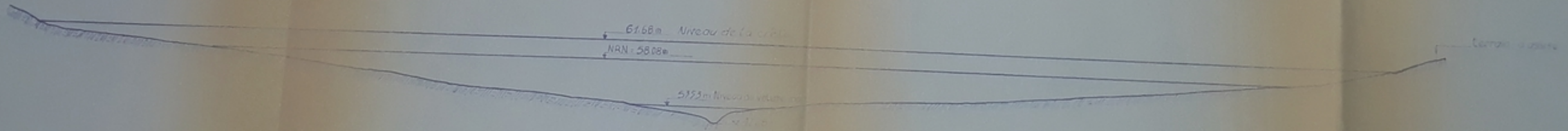
PROFIL TRASVERSAL DE LA DIGUE



PROFIL LONGITUDINAL DE LA DIGUE

المدرسة الوطنية للتكنولوجيا
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

المدرسة الوطنية للتكنولوجيا
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique



03786
-8-

E.N.P. المدرسة الوطنية للتكنولوجيا	
PROJET DE FIN D'ETUDES	
SUJET	RETENUE COLLINAIRE W/TIARET
PLANCHE	N° 2
ECHELLE P. TRASVERSAL	1/150
P. LONGITUDINAL	1/500
PROPOSE PAR	DHW. TIARET
ETUDIE PAR	BOUNOUALA L. KASMI - A
DIRIGE PAR	ME ABDERRAHIM D

