

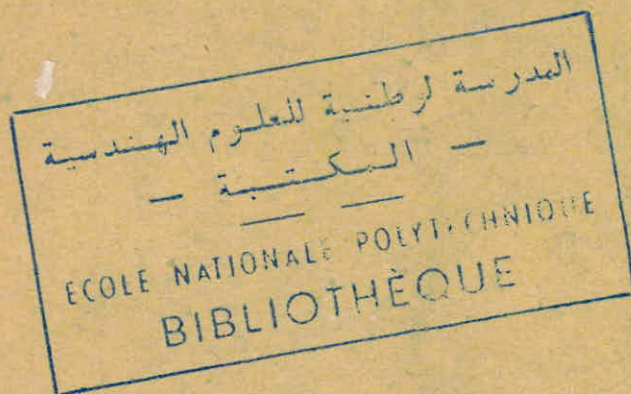
HYDRAULIQUE

1975

3/75

16x

BENNACER

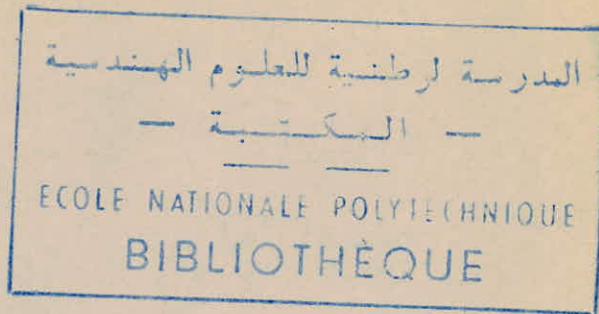


Restructuration de
Oued El-Herrech.

1975

UNIVERSITE D'ALGER

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



RESTRUCTURATION DE
OUED EL-HARRACH

PROMOTEUR : EMERY

ETUDIANT : BENNACER

1974 - 1975

Je dédis ce fascicule à ceux qui m'ont aidés de près ou de loin.

Je commence par remercier l'assistance entre autres Messieurs les membres du jury pour leur participation.

Le sujet, proposé par Monsieur Emery, est la reconstruction de l'Oued El Harrach. Nous allons l'aborder en deux étapes qui sont :

-L'estimation de l'Oued actuel. Cette estimation sera faite à partir des données physique de l'Oued.

-La restructuration de l'Oued en deuxième étape. C'est à dire adapter l'Oued aux exigences des crues. Pour cela, il faut remodeler le lit.

L'Oued considéré se jette par un estuaire dans la mer Méditerranée. Il prend sa source dans les montagnes du Djurdura.

Dans notre étude, nous ne considérons que Oued El Harrach qui est une portion de l'Oued. C'est seulement la partie qui traverse la Ville d'El Harrach. La longueur totale considérée est de l'ordre de six kilomètres. La largeur du lit est égale en moyenne à 100 mètres. Sur les rives, il existe des constructions de part et d'autres de l'Oued. Des ouvrages, tel les ponts, les digues existent également sur l'Oued. Recemment une digue a été installée à l'embouchure. En cet endroit il y a un rétrécissement de la section. Ceci vient de l'action de la mer sur l'Oued. En effet, en période d'étiage, l'eau de la mer remonte et entraîne du sable qui forme une digue.

Les eaux usées des usines environnantes, telles l'usine de levure, l'usine de papier... sont déversées dans l'Oued. Auparavant, elles sont pas traitées. Ceci entraîne une pollution de l'Oued qui se fait sentir toute l'année particulièrement en été, en période d'étiage.

Un projet d'assainissement est en cours. Il consiste à véhiculer toutes les eaux usées vers une usine de traitement.

Ce projet fait partie d'un autre qui est l'assainissement de la Ville d'Alger. Seulement une Partie minime des eaux d'égout se jette dans l'Oued. La plus grande partie est dirigée sur la mer.

Oued El Harrach compte un affluent qui est l'Oued Isser. Il rejoint Oued El Harrach à hauteur de la section 3 qui est un pont en beton armé (Voir plan). Egalement des conduites d'égout y débouche.

Aussi nous allons considerer le problème en général sans considérer les détails.

Nous disposons d'une carte dressé à partie de la borne kilo métrique PK9. Egalement nous avons le plan de huit section portant les numéros suivant : 9, 8, 7, 6, 11, 4 3, 2 dans le sens de l'écoulement.

Les données technique sont :

• Débit centennale $2300 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le débit decennal

Le débit quinquenal

Celui qui revient tous les deux ans et qui est égale à ~~est~~ le débit annuels Le débit d'étéage est de l'ordre de 1 à 2 m/s.

Aussi en cette période il y a risque de pollution. Le problème à considérer étant la restructuration de l'Oued. C'est à dire aménagé le lit pour véhiculer les eaux de crues et éviter les dégats matériels et humains susceptible d'être causes par les inondations.

Comme nous pouvons de remarquer la section n° 10 qui est à l'aval n'existe pas sur le plan dont nous disposons qui est à l'échelle 1/2000.

Nous allons traiter le problème ainsi en premier lieu nous allons estimé les possibilités du lit actuel. Cette estimation de trouver le débit maximum qui peut être véhiculer. Nous emploerons la formule de Manning qui est :

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

V = 1/n R^{2/3} I^{1/2}

ou V est la vitesse, R le ~~périmetre mouille~~, I la pente et $\frac{1}{n}$ la rugosité qui est égale à 50. *raison hydraulique*

Nous allons calculer les débits dans chaque section. Le débit cherché sera le plus petit. D'est celui trouvé dans la section 2 qui est aussi l'embouchure.

Le calcul sera fait à partir de tableau. Les ~~tableaux~~ sections ont été fait ainsi.

L'échelle horizontale est égale à : $L = 1/200$ et verticale à : $1/100$.

Ces tableaux nous donnerons directement le périmètre mouillé, le rayon hydraulique et la section. A partir de ces données et de la pente, nous déduisons la vitesse puis le débit

Pour déterminer la pente nous mesurons directement le lit avec règle puis avec les données nous déduisons la pente en chaque section.

Si S_1 est la section à l'aval, S_0 la section où il faut déterminer la pente S_2 la section juste à l'amont et si I est la pente entre S_1 et S_0 , I_2 entre S_0 et S_2 , la pente en S_0 sera $I = \frac{I_1 + I_2}{2}$

Pour la section initiale et finale la pente sera respectivement la pente à l'aval et à l'amont. Toutes ces pentes étant celle qui existent.

Avec toutes ces considérations nous allons examiner chaque section dans l'ordre suivant : 9-8-7-6-II-4-3-2. cet ordre est celui de l'écoulement. Le débit trouvé est différent pour chaque section. Cette différence vient du faite que le choix des surfaces libre en chaque section a été fait indépendamment des autres. Elle à été défini d'une façon à ce que ni l' habitat, ni l'environnement ne soit endommagé. C'est une limite supérieure.

Point	L	h	L ²	h ²	$\frac{L^2}{L^2+H^2}$	Haut. Cumulées	H _i +H _{i+1}	A _i
5'-5	2,7	1,60	7,29	2,560	3,13	1,60	1,60	2,16
5-6	3,3	3,04	10,89	9,240	4,48	4,64	6,24	10,20
6-7	3,7	0,86	13,69	0,740	3,80	5,50	10,14	21,09
7-8	6,8	0,19	46,24	0,086	6,80	5,21	10,81	36,75
8-9	5,6	0,26	31,36	0,067	5,60	5,57	10,81	36,75
9-10	2,4	0,07	5,76	0,005	2,40	5,50	10,88	30,46
10-II	4,7	0,14	22,09	0,019	4,70	5,36	10,86	24,52
II-12	14,1	0,72	198,81	0,518	14,12	4,64	10,00	70,50
12-13	14,6	1,35	213,16	1,822	14,66	3,29	7,93	157,89
13-14	18,5	1,19	342,25	1,416	18,53	2,10	5,39	49,86
14-14'	4,2	2,10	17,64	4,410	4,69	0,008	2,10	4,41

P = 82,91 A = 321,22 R=380

SECTION 9

Point	L	h	L ²	h ²	(L+h) ²	Hauteur cumulés	Hi+Hi+1	A
9-10	3,70	0,69	13,69	0,476	3,76	0,69	1,278	0,69
10-11	6,60	3,77	43,56	14,213	70,60	5,25	16,995	5,25
11-12	3,70	3,74	18,59	94,8694	34,817	7,60	22,311	12,06
12-13	1,50	1,52	2,25	2,310	2,14	9,12	12,540	16,72
13-14	7,30	0,19	53,29	0,036	7,30	8,92	65,846	10,05
14-15	7,00	0,50	49,00	0,250	7,02	8,43	60,760	17,36
15-16	8,40	0,23	29,16	0,052	5,40	8,20	44,907	16,63
16-17	10,70	0,60	114,49	0,360	10,71	7,60	01,537	15,02
17-18	10,90	1,17	118,81	1,369	10,85	6,43	76,764	14,02
18-19	9,50	3,48	90,25	12,110	10,11	2,95	44,555	9,36
19-20	23,00	0,16	529,00	0,026	23,00	3,11	69,693	6,05
20-21	17,00	0,22	289,00	0,048	17,00	2,89	51,000	6,00
21-22	4,70	2,89	22,09	8,352	5,51	0,00	0,124	4,70

P = 116,36 A = 557,66 R = 0,0

S E C T I O N 8 /

Point	L	h	L ²	h ²	(L+h)	Haut. Cumulées	Hi+hi+1	Ai
8-9	2,60	1,52	6,76	2,3104	3,01	1,52	1,52	1,9760
9-10	4,80	0,41	23,04	0,1681	4,82	1,93	3,45	0,000
10-11	1,90	1,22	3,61	1,4884	2,25	3,15	5,00	4,826
12-12	10,60	0,86	112,36	0,7396	10,63	2,29	5,44	28,833
12-P7	7,30	0,07XX	53,29	0,005	7,30	2,36	4,65	16,092
P7-13	7,50	4X38	56,25	19,184	8,68	6,74	9,10	31,125
13-14	2,50	1,96	6,25	3,724X	3,16	8,67	15,41	19,252
14-15	2,30	0,33	5,29	0,108	2,82	9,00	17,67	20,320
15-16	3,40	0,02	11,56	0,0004	3,40	9,02	18,02	30,631
16-17	1,60	0,42	2,56	0,176	1,65	8,60	17,62	14,096
17-18	2,10	0,24	4,41	0,057	2,11	8,84	17,44	18,312
18-19	3,60	0,56	12,96	0,313	3,64	9,40	18,24	32,032
19-20	8,20	0,04	67,24	0,001	8,20	9,44	18,84	77,244
20-21	6,00	0,18	36,00	0,028	6,00	9,26	18,70	56,100
21-22	7,00	0,15	49,00	0,022	7,00	9,11	13,37	64,295
22-23	6,80	0,34	46,24	0,115	6,80	8,77	17,00	60,792
23-24	9,00	0,00	81,00	0,010	9,00	8,67	17,44	78,400
24-25	4,80	1,79	23,04	3,320	5,12	6,88	15,55	37,320
25-25	8,20	6,88	67,24	47,334	10,70	000	6,88	20,208

$$A = 8,28 \quad 632,9 \quad P = 105,79 \quad h = 5,9$$

S E C T I O N ° 7 /

Point	L	h	L ²	H ²	$(L^2 + h^2)$	Hauteurs Cumulées	Hi + Hi +1	Ai
4' -4	3,20	1,67	10,24	1,788	3,46	1,67	1,67	2,672
4 -5	12,00	3,21	144,00	10,304	12,42	8,88	6,55	39,300
5-6	11,20	1,18	125,44	1,392	11,26	6,06	10,94	30,632
6-7	4,70	0,68	22,09	0,452	4,75	6,74	12,80	30,080
7-8	4,58	0,43	20,25	0,184	4,52	7,17	13,91	20,825
8 - 9	5,80	0,02	29,89	0,0002	5,82	0,05	14,32	37,940
9 -10	1,50	0,24	2,25	0,057	1,52	6,91	14,06	10,545
10 - 11	4,00	0,85	16,00	0,722	4,09	6,06	12,97	25,940
11-12	1,20	0,95	1,44	0,902	1,53	5,11	11,17	6,702
12-13	16,00	0,81	256,00	0,656	16,02	4,30	9,41	75,280
13-14	11,30	1,18	127,69	1,392	11,36	3,12	7,42	41,923
14-15	10,00	3,12	100,00	9,734	10,47	0,00	3,12	15,600

$$P = 86,7 \quad / \quad A = 347,447 \quad / \quad R = 4,00$$

S E C T I O N n° 6

Point	L	h	L ²	h ²	$\sqrt{L^2+h^2}$	H _i +h _{i+1}	A _i	Hauteurs cumulées
5 - 6	8,70	3,4	75,69	11,56	9,84	3,4	14,79	3,4
6 - 7	15,70	3,6	246,49	12,96	16,10	10,4	81,64	7,0
7 - 8	16,00	1,1	256,00	1,21	16,03	15,1	120,80	8,1
8 - 8'	5,00	1,3	31,36	1,69	5,74	17,5	49,00	9,4
8'-84'	4,20	00	17,64	000	4,21	18,8	39,48	9,4
8''-9	8,00	1,1	64,00	1,20	8,07	17,7	70,80	10,3
9 - 10	4,70	0,7	22,09	0,49	4,75	17,3	40,65	9,0
10-11	5,00	1,6	25,00	2,56	5,24	19,6	49,00	10,6
11-12	5,00	00	25,00	000	5,00	21,2	93,00	10,6
12-13	7,10	1,5	50,41	2,25	7,52	19,7	69,94	9,1
13-14	2,80	1,9	7,84	3,61	3,38	18,3	22,82	7,2
14-14'	6,00	1,25	000	1,56	1,25	13,15	0000	5,9
14'15	6,40	0,50	40,96	0,25	6,41 6,41	11,85 11,85	37,92 37,92	5,9
15-15'	000	1,80	000	3,24	1,80	10,00	0000	4,1
15'-16	3,40	0,40	12,96	0,16	3,62	7,80	14,04	3,7
16-16'	000	2,70	000	7,29	2,70	4,70	0000	1,0
16'-17	1,30	000	1,69	000	1,30	2,00	13,00	1,0
17-18	000	1,00	000	1,00	1,00	1,00	000	00

P = 103,45

A = 665,18

R = 6,23

S E C T I O N n° II

Poigt	l	h	L^2	h^2	$\frac{L^2-h^2}{L+h}$	Haut Cumulées	A_i	S	$H_i + h_i + 1$
3'-4	0	1,27	0	1,612	1,27	1,27	0,0000		1,27
4-5	4,70	2,31	22,09	5,336	5,23	3,58	11,397		4,85
5-6	3,30	2,88	10,89	8,294	4,38	6,46	16,566		10,04
6-7	5,30	0,66	28,09	0,435	5,34	7,12	35,987		13,58
7-8	5,70	0,67	32,49	0,448	5,74	7,79	42,465		14,91
8 - 9	4,50	0,46	20,25	0,211	4,52	7,33	24,020		15,12
9 - 10	6,00	0,25	36,00	0,062	6,00	7,08	43,330		14,41
10-11	8,80	0,14	77,44	0,019	8,80	6,94	61,688		14,02
11 - 12	6,20	0,48	38,44	0,230	6,22	6,46	41,540		13,40
12- 13	24,80	20,98	609,28	3,920	24,57	4,48	134,015		18,40
14-15	16,30	2,46	265,69	6,0516	16,48	2,02	52,975		6,50
15-16	0,50	1,55	0,25	2,402	1,63	0,47	0,615		2,49
16-P 4	1,70	0,47	2,89	0,220	1,76	0,00	0,399		0,47

$P = 91,94$

$S = 464,398$

$R = 5,05$

S E C T I O N n° 4.

Point	L	h	L ²	H ²	$\frac{L^2}{L+h}$	Hauteur Cumulées	hi+hi+1	Ai
3-4	2,50	0,5	6,25	0,25	2,54	0,5	0,5	0,625
4 - 5	8,50	1,78	72,25	30,08	20,11	2,28	2,78	12,665
5 - 6	11,20	3,56	125,44	126,74	11,75	5,84	8,12	45,472
6 - 7	9,80	0,70	96,04	0,89	8,82	6,54	12,38	60,662
7-8	8,00	2,01	64,00	4,04	8,24	8,55	15,19	60,760
8- XXXXXX	1000	1,27	100,00	1,6129	10,08	9,82	10,37	91,850
9 - 10 XXXXXX	13,00	0,17	169,00	0,0289	13,00	9,64	19,47	126,555
10- 11	1,00	0,50	81,00	0,2500	9,01	9,15	18,80	84,60
11-12	2,00	0,10	4,00	0,010	2,00	9,05	18,20	18,200
12-13	0,80	2,51	0,64	6,300	2,63	6,51	15,59	6,236
13-14	0,20	1,13	0,04	1,276	1,15	5,41	11,95	1,195
14-15	3,00	000	9,00	000	3,00	5,41	10,81	16,215
15-16	1,80	2,98	3,24	8,880	3,48	2,43	7,84	7,056
16-17	9,80	2,88	81,00	3,385	9,18	0,59	3,02	13,590
17-17'	000	0,59	000	0,3481	0,59	000	0,59	000

II E C T I O N° 3

P=96,88

A=545,7

R= 5,6

Point	L	H	L ²	h ²	$\frac{L^2}{L+H}$	Haut. Cumulées	hi+hi+1	A _i
3'-4	000	1,00	000	1,000	1,00	1,00	1,00	0000
4-5	2,00	0,43	4,000	0,1848	2,05	1,43	2,43	2,430
5-6	29,00	2,40	841,000	5,760	29,09	3,83	5,26	76,270
6-7	21,00	0,05	441,000	0,002	21,00	3,88	7,71	80,955
7-8	30,00	0,52	900,000	0,270	30,00	3,36	7,24	108,600
8 - 9	10,00	0,46	100,000	0,211	10,01	2,90	6,26	31,300
9 - 10	16,50	1,47	272,252	2,180	16,56	1,43	4,33	35,723
10 - 11	21,70	0,65	470,890	0,302	21,70	0,88	2,31	24,964
11 - 12	17,00	0,12	289,000	0,000	17,00	0,88	1,88	15,880
12 - 13	15,00	0,02	225,000	0,000	15,00	0,98	1,98	6,850
13 - 13	1,25	0,98	1,562	0,960	1,58	000	0,98	6,125

P= 165 A= 389,19 R = 2,36

S E C T I O N n° 2

Section	I	Seçt	P	A	R	I m	V	Q
9 - 8	0,00070	9	82,91	321,226	380	0,00070	3,23	1037,55
8 - 7	0,00120	8	116,36	557,659	4,80	0,00095	13,50	7751,46
7 - 6	0,00110 0,00110	7	105,79	632,928	5,90	0,00115	17,50	11076,24
6 - 11	0,00004	6	86,7	347,477	4,00	0,00053	2,50	1007,60
II-4	0,00210	4I	103,45	665,180	6,43	0,00107	2,65	29750,27
4 - 3	0,00220	4	91,94	464,398	5,05	0,00005	1,02	473,70
3 - 2	0,00006	3	96,88	545,681	5,60	0,00113	5,30	2892,11
		2	165	389,96	2,36	0,00006	0,09	268,55

I Pente entre deux sections
 P Périmètre mouillé
 A Section mouillée
 R Rayon hydraulique
 Im Pente en chaque section
 V Vitesse en S (Section)
 Q Débit qui traverse S

Les Sections 8,7,II et 3 peuvent évacuer le débit centenal.

Voir plan n° 9

Voir plan n° 8

von plan μ^2 7

Non plan n° 6

Voir plan n° 11

Voir plan n^o 4

Join plan n° 3

Join plan n^o 2.

Voici plan du profil en long

Nous allons entamer la deuxième partie. Elle consiste à refaire le lit. Il faudrait modeler les sections qui ne véhiculent pas le débit centenal qui est de $2070 \text{ m}^3/\text{s}$ à l'aval de la section 3 et de $2300 \text{ m}^3/\text{s}$ à l'aval de la section 3.

En effet, l'Oued Isser participe pour 10 % au débit en la section 3.

Ceux-ci devient nécessaire car il existe des sections telles que la 2 qui ne véhiculent pas le débit centenal. Ceux sont dans l'ordre déjà établi, et qui est celui de l'écoulement 9,6,4,2.

Il a été choisi un profil en long. Entre la section 9 et 3, la pente est de 7×10^{-5} et entre la section 3 et 2 la pente est de 6×10^{-5} .

En la section 2, une digue a été irriguée, elle joue plusieurs rôles.

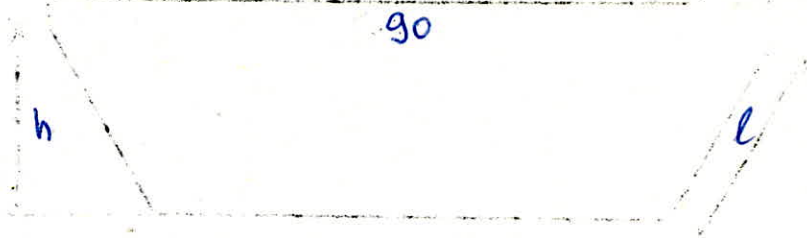
Elle permet de garder un niveau constant. Ce qui est utile en période d'étéage. En effet, celui-ci évite la pollution de l'air dû au déchet déversé par les usines avoisinantes. Cependant de niveau obtenu peut détruire les berges, s'il est maintenu longtemps, et par conséquent entraîne des dégâts matériels. Cette destruction vient du fait qu'avec le temps, les berges sont submergées et s'écoulent. Nous veillerons à ce détail dans la suite.

Par l'intermédiaire de pompe, on peut rabaisser ce niveau jusqu'à la limite inférieure. Cette limite est fonction du débit de l'Oued et des capacités des pompes. Ceux-ci restent utiles en période de restructuration qui pour être économique se fera en période d'étéage. Il permet un bon rendement en adaptant plus aisément les engins de génie civil à leur rôle.

Enfin, c'est au si un barrage déversoir qui transforme l'énergie disponible en énergie cinétique en grande partie. Le choix d'un nouveau profil en long nous permet pas de traiter seulement les sections qui ne véhiculent pas le débit centenal.

Aussi nous allons traiter chaque section comme en la première partie où nous avons estimés les capacités de l'Oued.

Nous choisirons comme section un profil trapézoïdal ainsi



La grande base a été fixé à 90 m environ. C'est la longueur sous le pont. En effet, les ouvrages de cette sorte sont constants. Dans cette condition, il faut adapter le lit restructuré aux ouvrages existants.

Nous allons étudier les sections présentant des particularités. Ce sont les sections II et 3 qui présentent des ponts et la section 2 qui présente une digue.

Dans les sections II et 3, nous ne portons aucune modification de la section pour ne pas défavoriser les ponts. Dans la section n° II, la pente sera de 7×10^{-5} et en la section n° 3 de $6,5 \times 10^{-3}$. Dans la première étape nous remarquons que ces deux sections avec des pentes respectivement égales à 107×10^{-5} et à 113×10^{-5} , véhiculent un débit supérieur à 2350 m/s le débit centenal.

Dans la section 2 qui est l'embeuchure comme il a été dit plus haut peut véhiculer le débit centenal grâce à la digue qui joue le rôle de barrage déversoir. Les autres sections présentent des analogies. Nous allons par conséquent dresser les calculs sous forme de tableau.

Soit P le périmètre mouillé
 H la profondeur d'eau
 B la petite base du profil trapézoïdal choisi.

P' la largeur du plan d'eau fixé à 90 m.

$$P = b + 2 l \quad)$$

$$P' = 90 = \frac{1}{2} + b + \frac{1}{2} \quad) \Rightarrow P = 90 + 1$$

$$\text{et } P = 90 + H \frac{(\sqrt{3})}{2}$$

$$P = 90 + 0,866 h$$

de même

$$A = (90 + b) \frac{h}{2} \quad b = 90 - 0,866 h \quad \Rightarrow \quad A = (90 + 90 - 0,866h) \frac{h}{2}$$

$$\text{et } A = (180 - 0,866h) \frac{h}{2}$$

Le rayon hydraulique sera

$$R = \frac{(180 - 0,866h) h}{(180 + 1,732h) 2}$$

$$\text{car } R = \frac{S}{P}$$

Ainsi le périmètre mouillé, la section mouillée et le rayon hydraulique sont fonction uniquement de h la profondeur de l'eau.

$$Q = \frac{1}{n} R^{\frac{3}{2}} I^{\frac{1}{2}} A$$

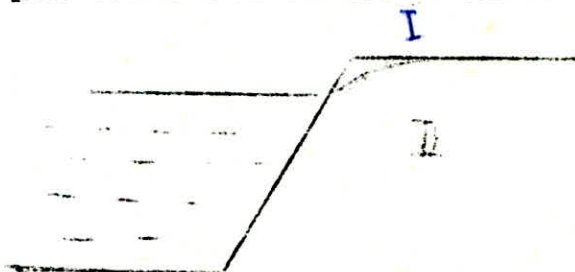
$$\text{Log } Q : \text{Log } \frac{1}{n} + \frac{3}{2} \text{Log } R + \frac{1}{2} \text{Log } I + \text{Log } A$$

Nous allons dresser un tableau pour calculer en chaque section.

n° Section	9	8	7	6	11	4	3
Log $\frac{1}{n}$	1,69897	1,69897	1,69897	1,69897	1,69897	1,69897	1,69897
$\frac{3}{2}$ Log R	1,23423	1,39522	1,39522	1,12923	1,21210	1,29432	1,2227
Log A	2,80774	2,92449	2,92449	2,73352	2,82289	2,85058	2,73695
$-\frac{1}{2}$ Log I	2,07745	2,07745	2,07745	2,07745	2,07745	2,07745	2,11092
Log Q	3,66349	3,94123	3,94123	3,48427	3,65651	3,76642	3,44727
Q	4608	8734	8090	3890	4830	5840	2800

Le Débit centenal est véhiculé.

Le nouveau lit peut véhiculer au maximum sans qu'il y est inondation et puis dégats, un débit de $2800 \frac{m^3}{s}$. Celui ci est bien supérieur au débit centenal qui est $2300 \frac{m^3}{s}$. En conclusion, le lit ainsi restructuré peut être adopter. Cependant, il setait plus interes ant derecouvrir les berges pour eviter leur submersion sui se fait ainsi.



La partie I risque de glisser. Si ceci se produit, la partie II n'offrirait plus aucune resistance. Dans ces conditions, les berges se sont écroulés.

La couverture des berges est presque une nece. sté sur ~~les~~ les ~~me~~ méandres. Aus. i, nous allons étudier succinctement les ~~ber~~ les berges. Nous considérons le débit annuel pourestimer la stabilité des talus. Considérons alors une portion de de berges de longueur unitée.

On suppose le terrain homogène en présence d'eau qui coule. Egalement nous pouvons dire que la cassure se fait selon une ~~droit~~ droite pour un arc de cercle.

Pour un sol hétérogène, ce sera par une suite d'arcs de ~~me~~ cercle et de segments.

La présence d'eau intervient également sur lesdeux cas de terrain.

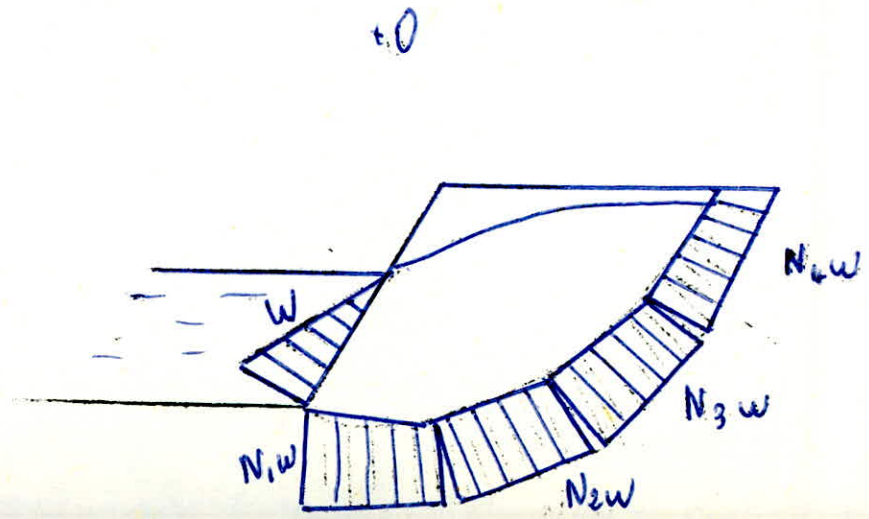
Nous supposons que le terrain se rompe suivant un arc de cercle.



Nous allons exprimer ces forces successivement. Considérons alors le schéma de calcul suivant

- G poids du terrain qui risque de glisser
- T_c force de cohésion,
- N_w Force due à la présence d'eau sur BE
- W Force de pression due à l'Oued.
- R Force due au frottement.

Pour expliciter ces forces, considérons le schéma et l'équation suivante : $P = G + W + N_w$



On devise la ligne de glissement en plusieurs parties
et on approxime par une succession de segment.

quatre

Dans notre cas se sera en partie

Nw -

$$Nw = N1 W + N2w + N3w + N4 W .$$



Etant donné que les Niw et Nw sont normal
à la droite de glissement, alors la direction de Nw passe par O
centre du cercle où se rompt le terrain.

- W

Cette force agit dans l'eau sur la berge. Elle
est située au TIER de H .

Elle ne dépend que du débit véhiculé. Elle
s'applique normalement sur la berge.

Elle est égal à

$$W = \frac{h}{\cos \alpha_1} \times \frac{h}{2} = \frac{W h}{\cos \alpha_1}$$

$$W = \frac{W h}{2 \cos \alpha_1}$$

ayant été fixé à 60° , l'équation devient :

$$W = \frac{W h^2}{2 \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{W h^2}{\sqrt{3}}$$

Nous allons déterminer h la profondeur d'eau. Le
profil trapézoïdale choisit, permet d'écrire que

$$P = (180 - 0,866 h)$$

$$P = 90 + 0,866 h$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{A^{5/2}}{P^{3/2}}$$

$$S = (180 - 0,866 h) \frac{h}{2}$$

Le système devient :

$$h = \frac{P - 90}{0,866}$$

$$P - 270 = \frac{28A}{n}$$

$$Q = 50 \times (\sqrt{7} \times 10^{-5/2} - \frac{A}{P} 3/2)$$

$$\text{ou : } S = \frac{(P - 90) (P - 270)}{1,732}$$

$$Q = 50 \times (\sqrt{7} \times 10^{-5/2} \frac{(P - 90) (P - 270)}{1,732 P^{3/2}})^{5/2}$$

Grace à ces deux équations et connaissant les dimensions volumétriques nous pourrions avoir des dimensions du lit.

Donc W est connu en direction qui est normal à la berge en intensité qui est

$$W = \frac{\bar{W} h^2}{2} \quad \text{ou } \bar{W} \text{ est le poids volumétrique et qui est égal à } 1000 \text{ kg/m}^3$$

G correspond au poids du terrain en présence d'eau qui risque de glisser. Il est connu en direction qui est la verticale et en sens celui de haut en bas.

Nous allons déterminer l'intensité

$$G = G_1 + G_2$$

Où G_1 est le poids du terrain sec

G_2 le poids de l'eau dans le terrain.

Choisissons un repère orthonormé ayant pour origine le centre de la ligne de brisure qui est curculaire.

L'équation sera :

$$n^2 + l^2 = r^2 \quad (1)$$

L'équation de la ligne de remous sera :

Si K = perméabilité

Q_1 = Débit qui s'infiltré

et i le gradient hydraulique.

Nous avons :

$$Q^i = K i A = K \frac{dh}{dl} S$$

ou en passant au débit unitaire :

$$q' = \frac{Q'}{L} = K \frac{dh}{dL} \times h$$

ou L est la longueur de la berge. En intégrant nous avons :

$$q' dL = K h dh$$

$$q' L + cte = \frac{K h^2}{2}$$

$$\text{pour } H = 0 \quad L = H / (\sqrt{3})$$

$$\text{et } cte = - q' \frac{h}{(\sqrt{3})}$$

$$\text{et } \frac{K h^2}{2} + q' \frac{H}{\sqrt{3}} - q' L = 0 \quad (2)$$

qui est l'équation de la ligne de remous dans un repère ayant pour origine le point B

A partir des équations 1 et 2, on peut facilement déterminer G_1 et G_2 sachant que la densité moyenne est de 2;4

Donc on a :

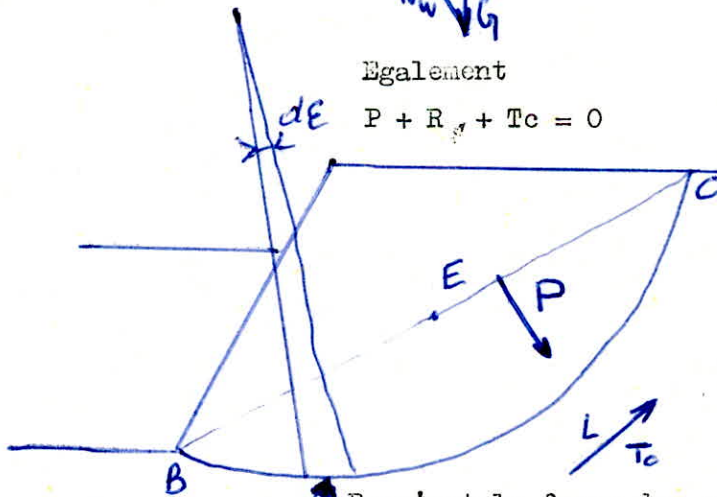
$$P' = G + Mv + W$$

P est le poids déjaugé.



Egalement

$$P + R_{\varphi} + T_c = 0$$



R_{φ} c'est la force due au frottement

$$R_{\varphi} = \int p_{\varphi} ds$$

Mais $p_{\varphi} = \frac{\sigma_g}{\cos \varphi}$ ou angle de frottement interne

$$\text{et } R_{\varphi} = \frac{1}{\cos \varphi} \int \sigma_g ds$$

aux limite ou q : $\sigma_g = 0$ en B et C donc G_y passe par un maximum entre B et C.

La direction du p_g est tangente au cercle de frottement de centre O et de rayon $r \sin \varphi$

Pour une répartition parabolique

$$\sigma_g = \sigma_{g_0} \left[1 - \left(\frac{\varepsilon}{\alpha} \right)^2 \right]$$

La résultante de toutes les p_g passera par un point extérieur au cercle de frottement. Elle sera tangente à un cercle de rayon plus grand que celui du cercle de frottement mais il garde le même centre. C'est le cercle de frottement modifié. Il a pour rayon $R \sin \varphi$

Calculons le coefficient V pour cela cherchons le moment par rapport à O des p_g

$$R \sin \varphi \cdot r \sin \varphi = \int_{-\infty}^{+\infty} p_g ds \cdot r \sin \varphi$$

simplifiant

$$R \sin^2 \varphi = \frac{1}{\cos \varphi} \int_{-\infty}^{+\infty} \sigma_g r ds$$

puisque $ds = \frac{r d\varepsilon}{\cos \varphi}$ et $ds = r d\varepsilon$

$$\text{et } R \sin^2 \varphi = \frac{r}{\cos \varphi} \int_{-\infty}^{+\infty} \sigma_g d\varepsilon$$

$$R \sin^2 \varphi = \frac{1}{\cos \varphi} \int_{-\infty}^{+\infty} \sigma_g \cos \varepsilon ds$$

$$R \sin^2 \varphi = \frac{1}{\cos \varphi} \int_{-\infty}^{+\infty} \sigma_g r \cos \varepsilon d\varepsilon$$

$$R \sin^2 \varphi = \frac{r}{\cos \varphi} \int_{-\infty}^{+\infty} \sigma_g \cos \varepsilon d\varepsilon$$

Des équations I et II on tire la valeur de V pour une répartition quelconque des p_g

$$V = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} \sigma_g d\varepsilon}{\int_{-\infty}^{+\infty} \sigma_g \cos \varepsilon d\varepsilon}$$

et pour une répartition parabolique

$$V = \frac{\alpha^3}{3 (\sin \alpha - \alpha \cos \alpha)}$$

On a donc déterminé $R \sin^2 \varphi$

-Tc. Cette force due à la cohésion forme le polygone des forces. Toutefois, elle est égale à :

$$T_c = \int_{BC} c ds = c \int_{BC} ds = c \cdot BC$$

Tc est parallèle à BE car

$$tc = 2 c BE = 2 cr \sin \alpha$$

$$T_c \cdot OL = \int_{BC} c ds \cdot r$$

$$T_c \cdot OL = cr \text{ arc } BC$$

$$\text{arc } BC = 2 \alpha r$$

$$\text{et } T_c \cdot OL = 2 \alpha cr^2$$

$$\text{comme } T_c = 2 cr \sin \alpha$$

Alors

$$OL = \frac{2 \alpha cr^2}{2 cr \sin \alpha} = \frac{r \alpha}{\sin \alpha} > r$$

La ligne d'action est située à l'extérieur du cercle délimitant la ligne de rupture.

$$\text{On a : } P + R + T_c = 0$$

Nous allons définir les coefficients de sécurité.

- Sur la cohésion

$$S_c = \frac{c}{c_b}$$

c_b cohésion strictement nécessaire

c " que l'on a

-sur le frottement :

$$S_\varphi = \frac{\tan \varphi_b}{\tan \varphi}$$

φ_b angles de frottements minimale que l'on aura :
 φ angle de frottement que l'on a

$S_\varphi c$ coefficient de sécurité

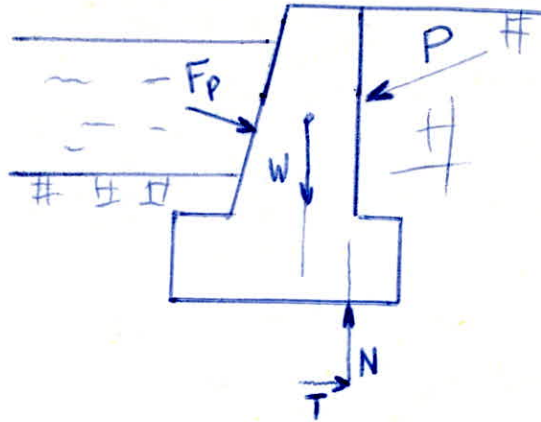
$$S_\varphi c = S_\varphi = S_c$$

Dans le cas où le coefficient de sécurité, S est inférieur à 1. Il y a risque de rupture des berges aussi est-il nécessaire de les fortifier.

Nous prévoyons alors un mur de soutènement. Une protection par gabions devient insuffisante surtout sur les méandres où le charriage use les grillages.

Dans des conditions pareilles, il est nécessaire de revêtir les berges pour éviter leur détérioration.

Au si nous allons considérer le problème suivant. Il consiste à déterminer le mur de soutènement :



Soit alors les forces suivantes qui agissent sur le mur :

- \$W\$ poids du mur
- \$P\$ poussée des terres
- \$N\$ réaction du sol sur le mur
- \$T\$ force tangentielle (frottement)
- \$F_p\$ force exercée par l'eau, en écoulement, sur le mur.

Avec ces données, nous allons vérifier le mur à la rotation et au glissement :

Le mur risque de tourner autour de \$O\$. Pour éviter ceci, il faut que le rapport des moments des forces stabilisantes sur le moment des forces renversantes soit supérieur à 1,5

$$\frac{\text{Moment des forces stabilisantes}}{\text{Moment des forces renversantes}} \gg 1,5$$

Egalement, le mur de soutènement peut glisser. Pour palier à cet inconvénient, il faut qu'il vérifie l'équation suivante :

$$\frac{N \operatorname{tg} \varphi + C \cdot OB \cdot 1}{T} \gg 1,5$$

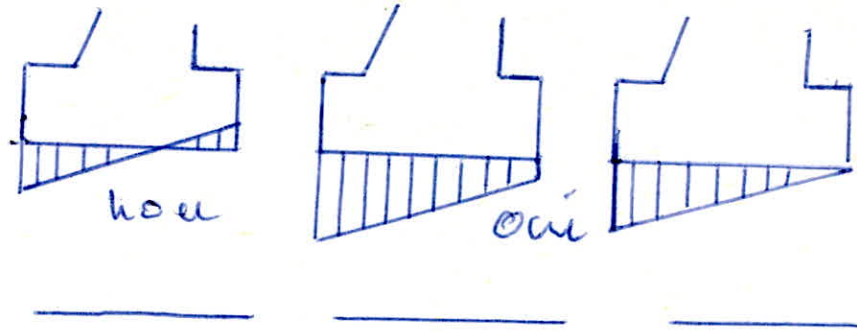
Où \$\varphi\$ est l'angle de frottement béton terrain et \$c\$ la cohésion du sol.

Son effet est caractérisé par la force \$C \cdot OB \cdot 1\$ (pour une longueur unité).

Les forces s'exerçant sur le terrain par l'intermédiaire du mur sont souvent importantes.

Aussi, en présence de mauvais sol, le terrain de fondation se rompt soit superficiellement, soit en profondeur.

On exige alors que \$N\$ doit rester dans le tiers central. Il faut éviter de transmettre au sol des contraintes négatives.



L'équation $\sigma > \sigma_{\max}$ évite la rupture du sol.

l'expression de la contrainte maximale est

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{OB \times l} \left(1 + \frac{6e}{OB} \right)$$

Comme nous l'avons déjà vu, la digue en la section 2 est aussi un barrage déversoir en période de crue. Dans ces conditions, avec le débit centenal, nous allons calculer la hauteur de la digue. Elle sera déterminée à partir du fond.

Le débit centenal en la section 2 est de 2300 M³/S. La largeur du lit est de 108,50 m. La profondeur d'eau qui éviterait l'inondation est de 3,71 m. Ces données ont été prise sur le plan de la section entre les points 4 et 10 à droite du point 10 nous remblayons le terrain comme ce sera indiqué sur la figure.

Soit q le débit unitaire :

$$q = \frac{Q}{L} = \frac{2300}{108,5} = 21,1 \text{ M}^2/\text{s}$$

Sur le barrage de diversion

$$q = h \sqrt{2gh} \quad q^2 = 2gh^3$$

En effet, la hauteur piézométrique à hauteur du barrage est $H = h + \frac{V^2}{2g}$ dérivant l'équation suivante :

$$\frac{dH}{dh} = 1 + \frac{2V}{g} \frac{dv}{dh}$$

Si $\frac{dH}{dh} = 0$ on aura :

$$1 + \frac{v}{g} \cdot \frac{dv}{dh} = 0$$

On intègre cette équation on aura x

En intégrant cette équation on aura :

$$v \, dv = -g \, dh \quad \text{qui donne}$$

$$\frac{v^2}{2} = gh + ct$$

$$h = 0 \quad v = 0$$

$$\text{Alors :} \quad v^2 = 2gh$$

Le débit unitaire sera égale à

$$q = h \sqrt{2gh}$$

$$\text{qui donne} \quad q^2 = 2gh^3$$

$$1/h = \sqrt[3]{\frac{2g}{q}} = \sqrt[3]{\frac{2 \times 9,8}{21,1 \times 21,1}}$$

la hauteur de la digue sera

$$h \, d = 3,71 - 2,7 = 1 \, \text{m}$$

Lors de crue violente, il y a un fort charriage. Celui-ci se fait ainsi :



Le banc de dépôt s'avance à l'aval précédé par une fosse souvent profonde, comme indiqué sur le croqui ci-dessus et qui passe inaperçu. Cette fosse lorsqu'elle arrive aux ouvrages en rivière, tel les pils de ponts. Elle déchausse leur fondation et accélère l'affouillement au pied de ces ouvrages mal protégés. Il en résulte l'affaissement classique de l'ouvrage qui bascule presque toujours vers l'amont.

Ainsi les dégâts causés dans ces ouvrages sont parfois très importants, ayant pour origine le plus souvent une méconnaissance de certains phénomènes hydraulique complexes telle que les courants secondaires, tourbillons, déplacements des bancs de dépôts qui se produisent au moment des crues.

L'implantation d'un barrage qui arrête le charriage, peut avoir pour effet secondaire un abaissement du lit de l'Oued à l'aval du barrage sur de grandes dimensions. L'importance de ce phénomène doit avoir été estimé pour pouvoir protéger efficacement les fondations de l'ouvrage menacés.

Dans cette solution il faut se rappeler que la capacité de transport est maximale pour une certaine largeur de l'endiguement. Cette largeur évidemment fonction des caractéristiques de la rivière.

Un endiguement trop étroit va diminuer la puissance de charriage de l'Oued et freiner les matériaux au lieu d'en faciliter le transport. Le niveau du lit et des crues montera et on sera conduit à surélever continuellement les digues. Ce risque est très fréquent aux endroits pour les matériaux, ont tendance naturellement à s'arrêter.

Inversement, il faut souligner qu'un endiguement trop étroit ~~xxx~~ sur un Oued qui charrie peu à un effet tout à fait opposé : la pente longitudinale de l'Oued diminue et le lit s'enfoncé sur le tronçon amont mettant en danger les fondations des digues. Ceci n'est pas le cas de l'Oued El Harrach qui est un Oued de plaine assez important. Aussi la digue protégée, laisse l'estuaire ouvert. Les fortes crues qui se feront à l'aval ou à l'amont de la digue.

Hydr.
Bennecer
1975

Section actuelle



BIBLIOTHÈQUE

Hydro
Cours
1965

Section
N2

4.200
Est. 1.100

N° des points	4	5
Altitude du terrain	100.00	100.00
Distance partielle	2.00	2.00
Distance cumulée	2.00	4.00

25	31	21
----	----	----

30	40	32
----	----	----

16.50	21.70	38.20
-------	-------	-------

4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---

PH 003/75

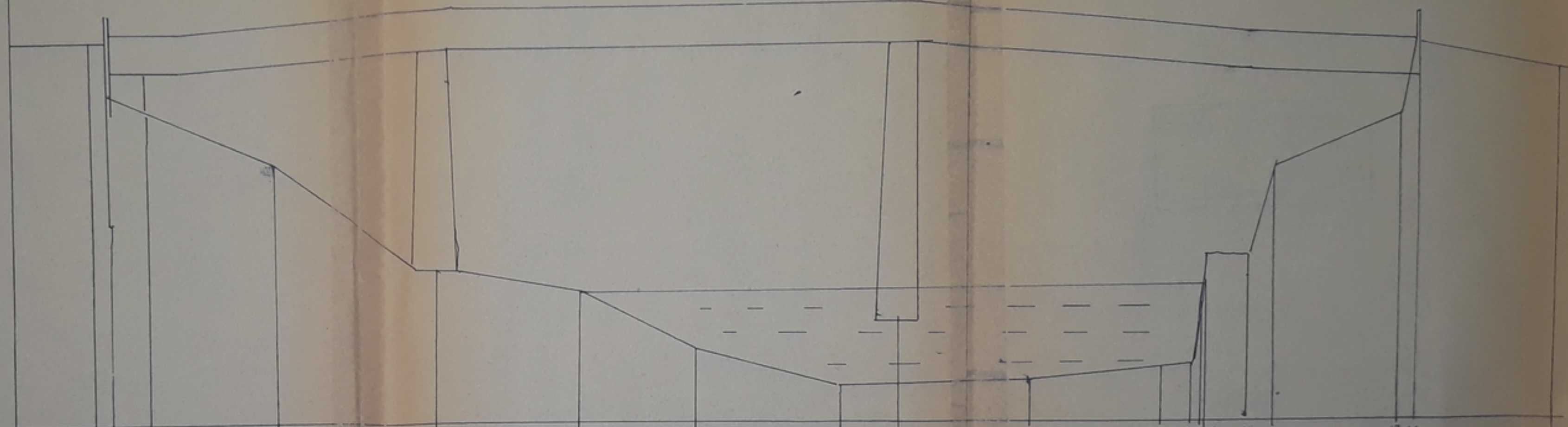
BIBLIOTHÈQUE

المعهد الوطني للبحوث والدراسات
 المكتبة
 ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
 BIBLIOTHÈQUE

Hydr.
 Bannour
 1975

PH 003/75

Section n 3



Numero des points
 Altitude du terrain
 Distances partielles
 Distances cumulées

P3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
8.80	8.72	5.60	4.81	4.26	0.56	1.15	-2.21	-2.21	-2.05	-1.95	0.56	1.69	4.69	4.69	6.59	10.59	8.02
1	2.50	8.50	11.20	9.80	18.00	18.00	13.00	9.00	2.00	0.20	0.20	3.00	1.20	9.00	9.80	9.80	
1	3.50	12.00	23.20	30.00	48.00	66.00	79.00	88.00	90.00	92.00	92.20	95.90	100.59	109.59	119.39	128.19	136.21

LIBRARY
 ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DE
 BIBLIOTHÈQUE

Hydr
 Bennaer
 1975

PH 003/75

-4-

LIBRARY
 ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DE
 BIBLIOTHÈQUE

Section 4

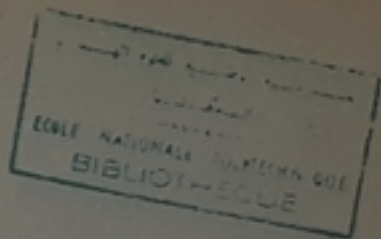


Numero des points	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16
Altitude du terrain	9.45	10.20	9.95	6.40	9.30	9.65	9.40	9.70						
Distances partielles	2.20	11.30	4.90	3.50	5.30	5.70	4.50	6.00	8.80	6.20	24.50	16.30	1.70	
Distances cumulées	2.20	13.50	18.40	21.90	26.80	32.50	37.00	43	51.80	58	82.50	98.80	100.50	

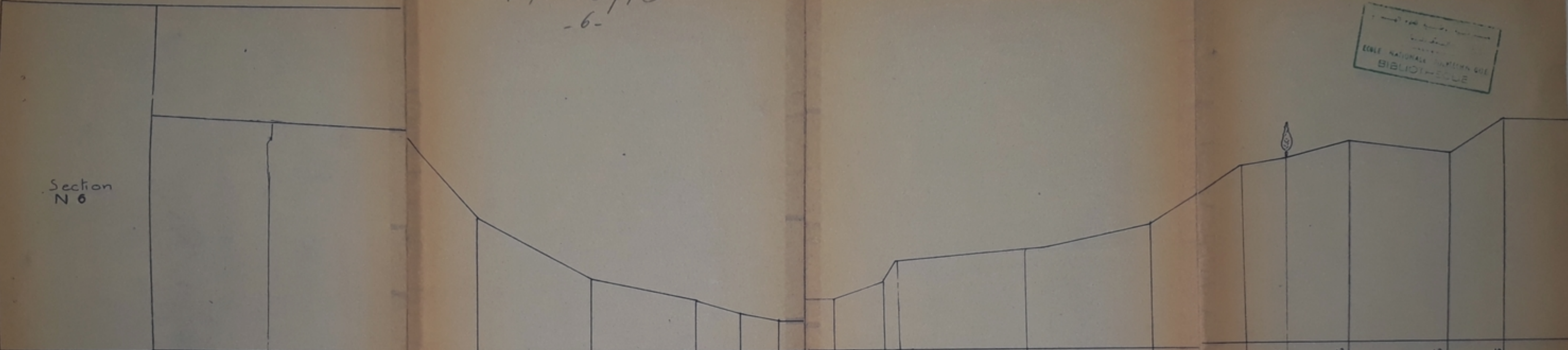
Hydr
Bennasar
1375

PH 003/75
-6-

Section
N° 6



Altitude du terrain	83	83.50	84.77	85.56	86.88	87.50	88.03	88.50	89.00	89.50	90.00	90.50	91.00	91.50	92.00	92.50	93.00
Numero des pi	83	83.50	84.77	85.56	86.88	87.50	88.03	88.50	89.00	89.50	90.00	90.50	91.00	91.50	92.00	92.50	93.00
Distance partielle		13.10	7.80	12.00	11.20	4.70	4.50	5.30	4.00	12.00	16.00	11.30	10.00	5.00	7.50	19.00	6
Distance cumulees			20.90	32.90	44.10	48.80	53.30	58.60	62.60	74.60	90.60	101.90	111.90	116.90	124.40	143.40	149.40

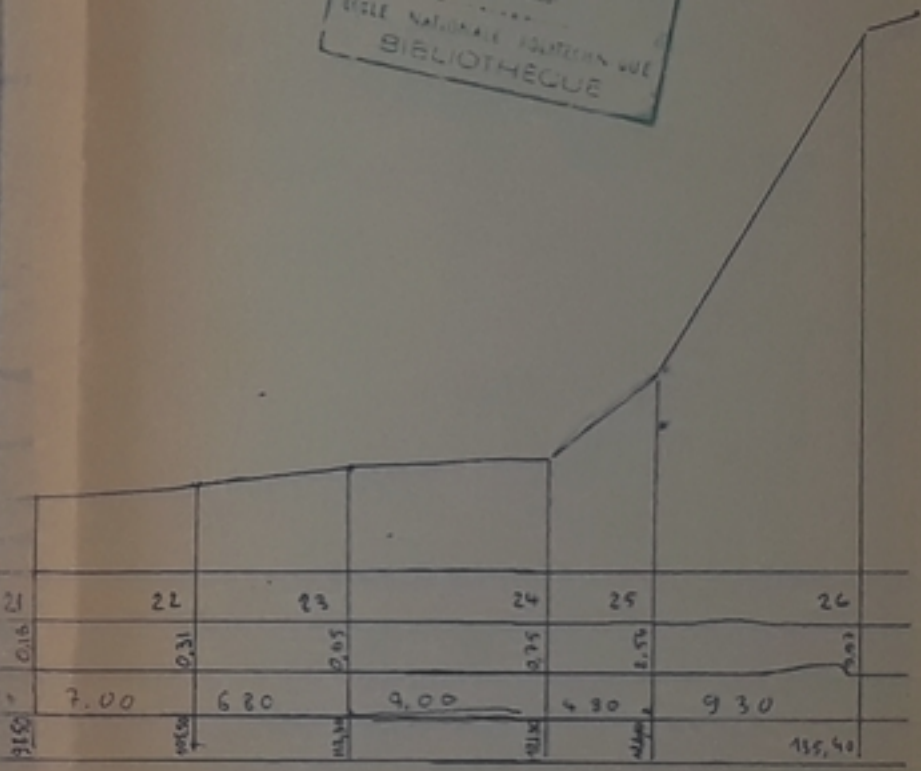
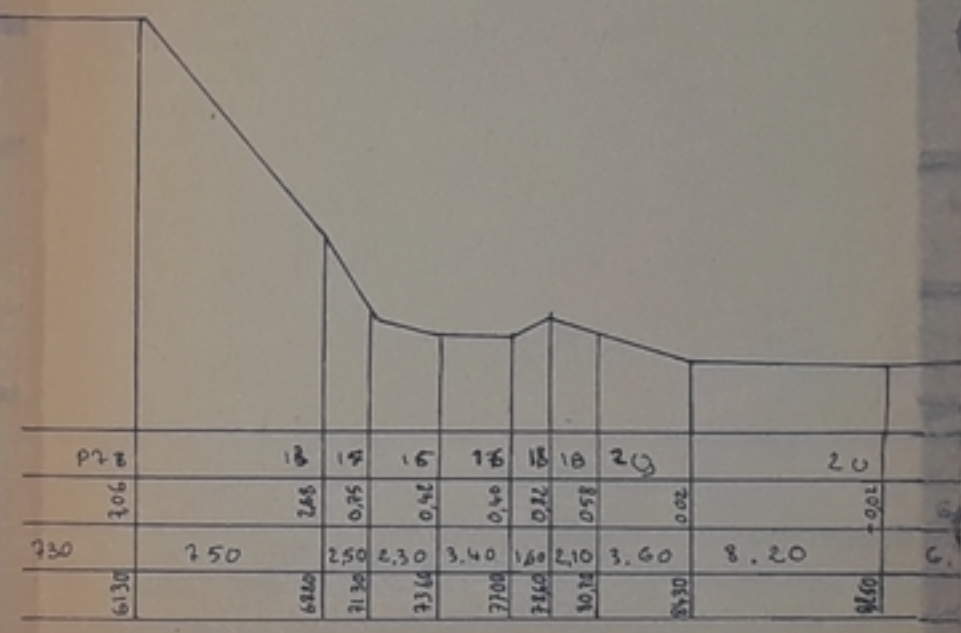
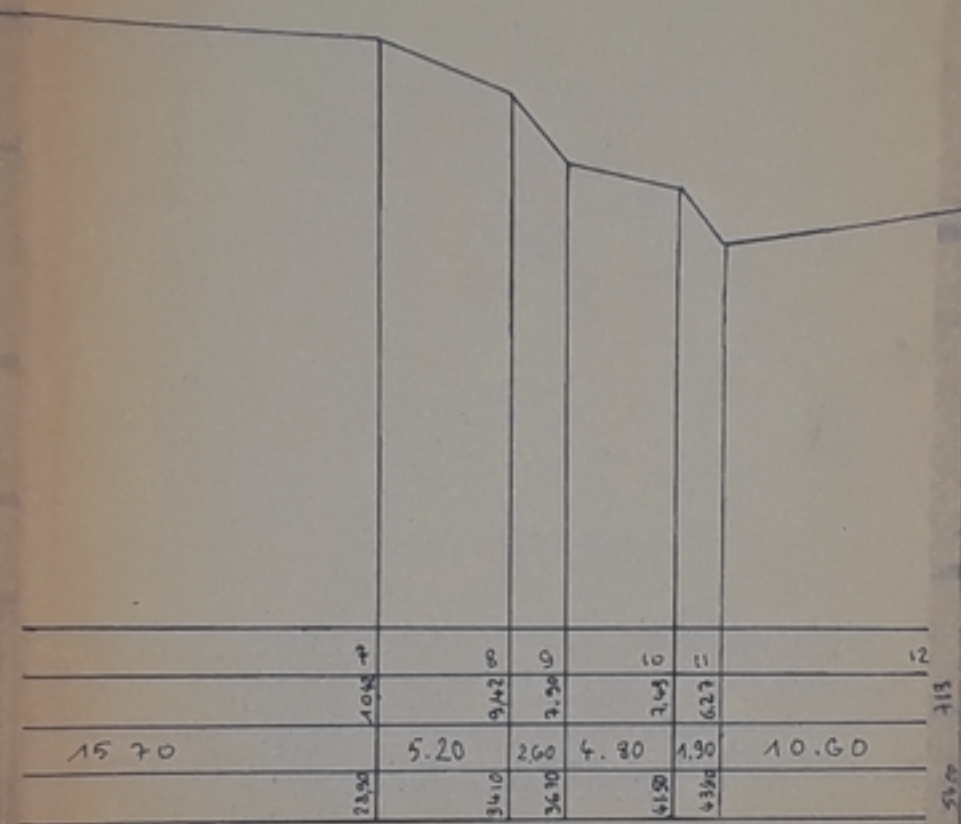
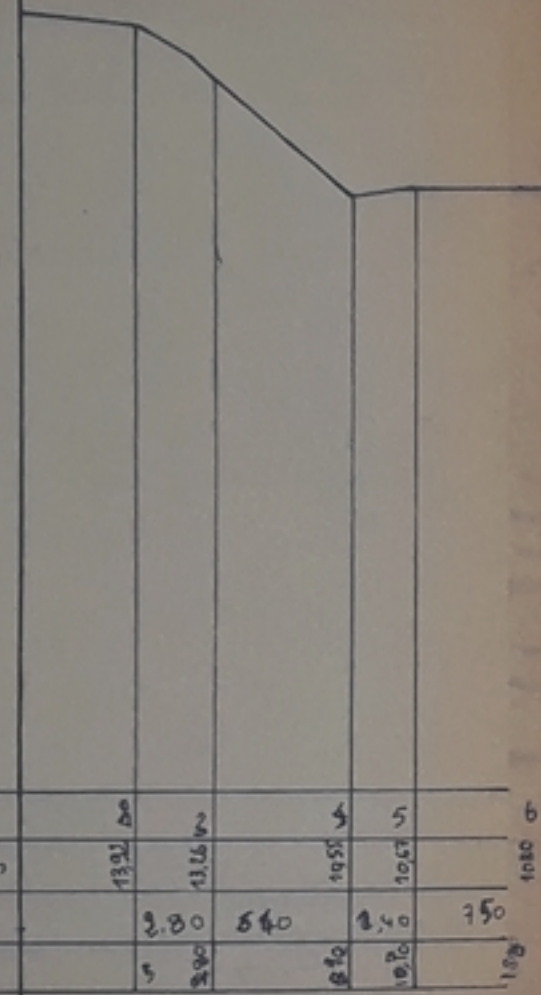


Hydr
Beauvais
1975

P4 003/75
7

N 7 Section

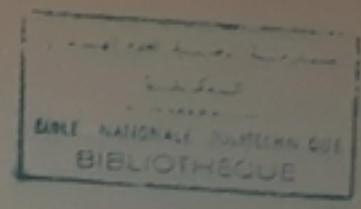
Ech C: 1/200
H: 1/100



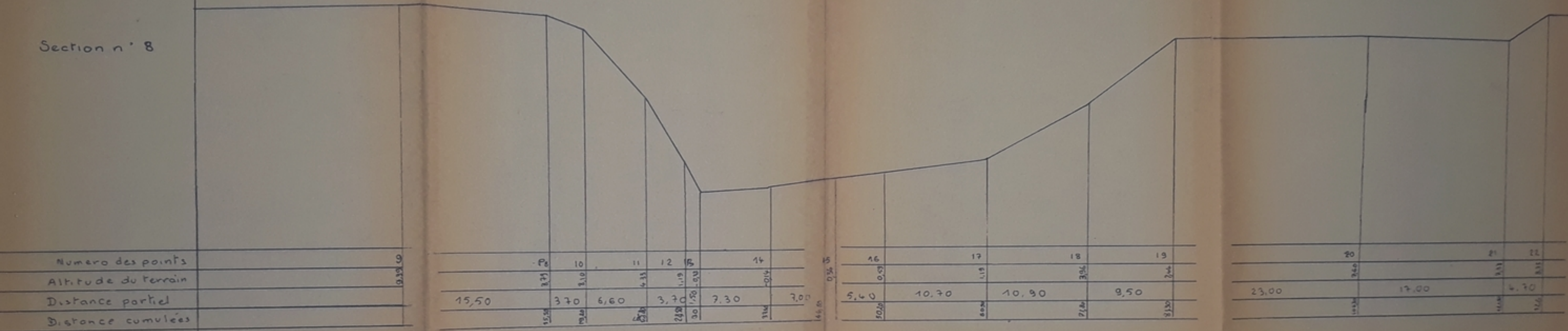
BIBLIOTHEQUE
NATIONALE
DES SCIENCES ET DES ARTS

Hydr.
Bennar
1915

PH 003/75
-8-



Section n° 8



Numero des points	9
Altitude du terrain	9.39
Distance partiel	
Distance cumulees	

	9	10	11	12	13	14
	8.75	8.10	6.35	4.19	3.00	2.04
	15.50	19.20	25.55	29.25	30.75	32.79

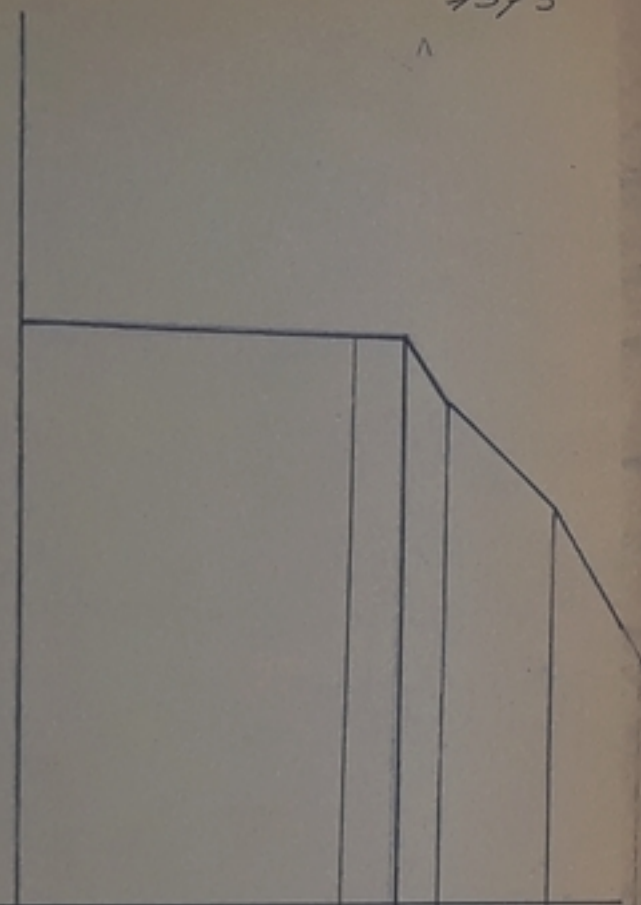
	16	17	18	19
	0.53	1.15	3.96	7.44
	50.20	60.90	71.86	81.30

	20	21	22
	9.40	9.53	8.81
	103.70	113.23	122.04

Hydraulique
Beaucourt
1975

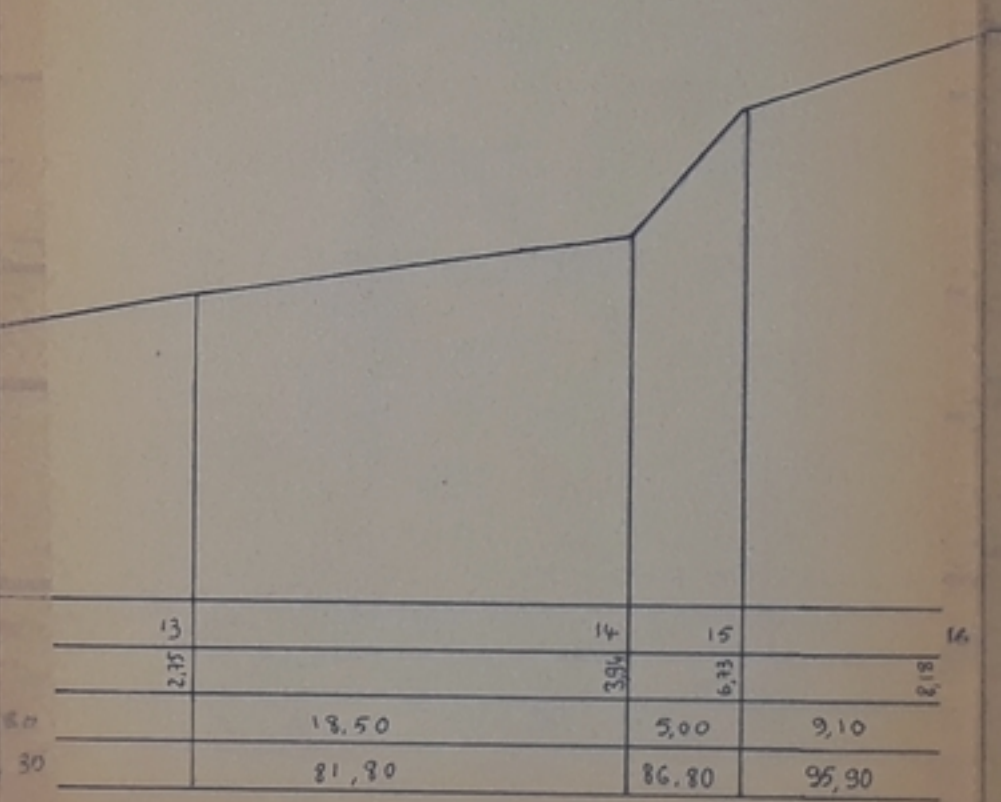
PH 003175
9-

Section
N9



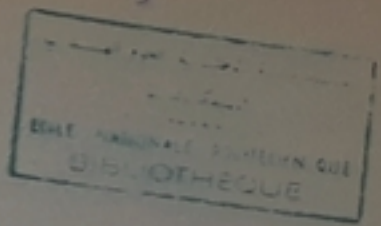
Nomero des points	P ₂	3	4	5	6
Altitude du terrain	8,16	8,26	6,26	6,47	1,10
Distance partielle		1,70	1,80	4,50	3,30
Distances cumulees		1,70	3,40	8,00	11,30

	7	8	9	10	11	12
Altitude du terrain	0,51	0,33	0,47	0,57	0,68	1,40
Distance partielle	3,30	6,30	5,60	2,40	4,70	14,10
Distances cumulees	5,00	21,30	27,40	29,80	34,50	48,70



	13	14	15	16
Altitude du terrain	2,75	3,94	6,33	8,18
Distance partielle		18,50	5,00	9,10
Distances cumulees	63,30	81,80	86,80	95,90

	17
Altitude du terrain	6,87
Distance partielle	12,40
Distances cumulees	113,30



Hydr
Bennet

1975

Section restructurée

مدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
المكتبة

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE

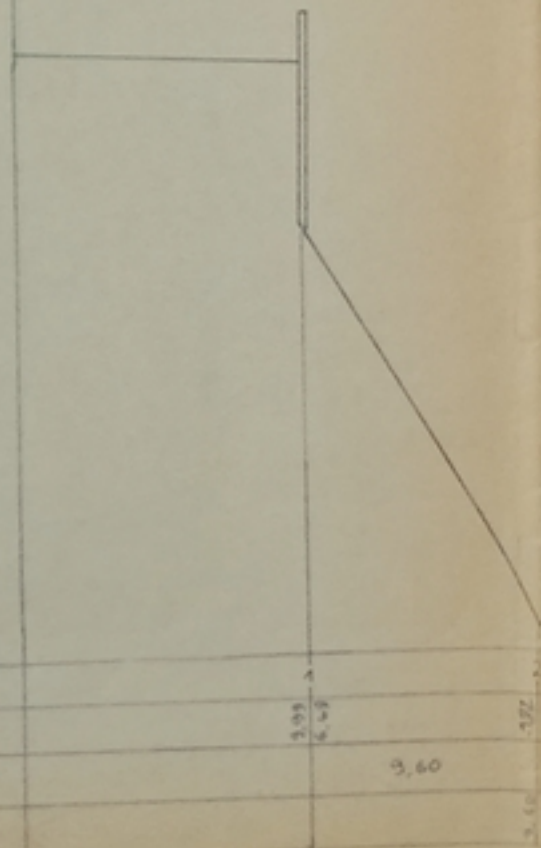
Hydraulique
Bannour
1915

PH 003/75
- 4 -

الجامعة الوطنية للعلوم والتقنية
مكتبة
ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE

Section n°4

Numero des points
Altitude du terrain
Distances partielles
Distances cumulées



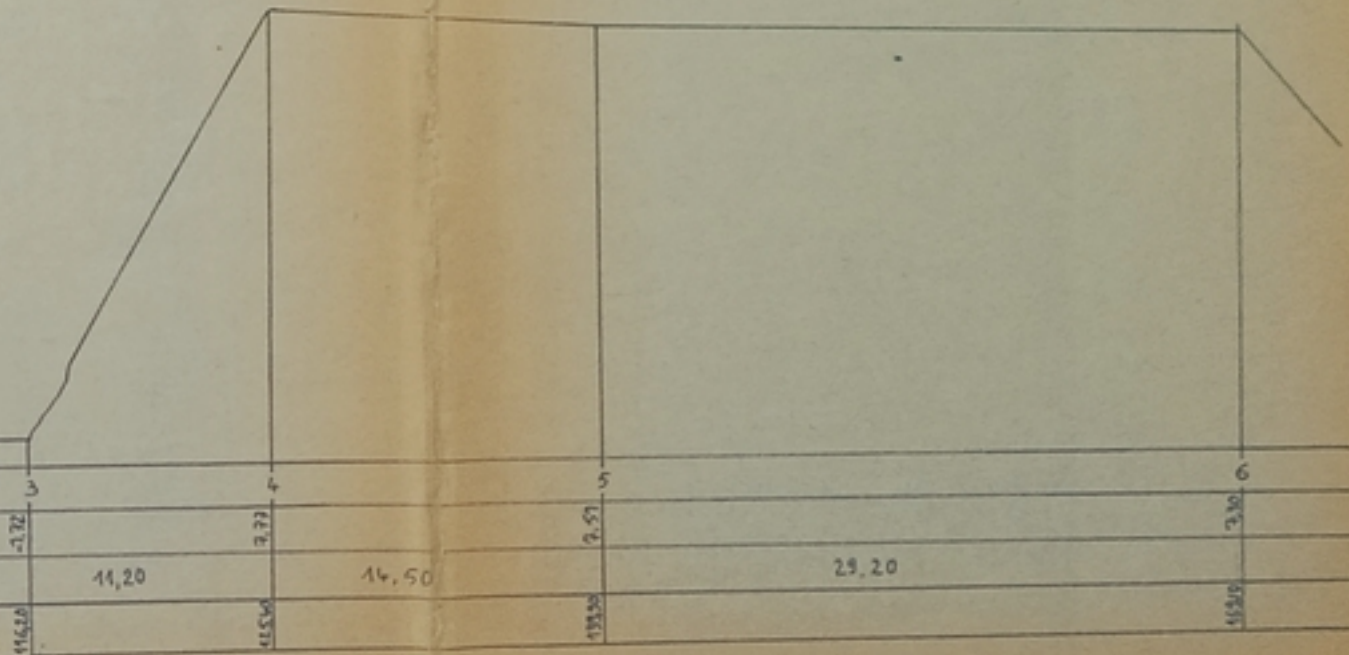
niveau d'eau.

3.60

106.60

الجامعة الوطنية للعلوم والتقنية
مكتبة
ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE

الجامعة الوطنية للعلوم والتقنية
مكتبة
ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE



3

2.72

116.20

4

2.72

115.50

11.20

14.50

5

2.57

113.30

29.20

6

2.30

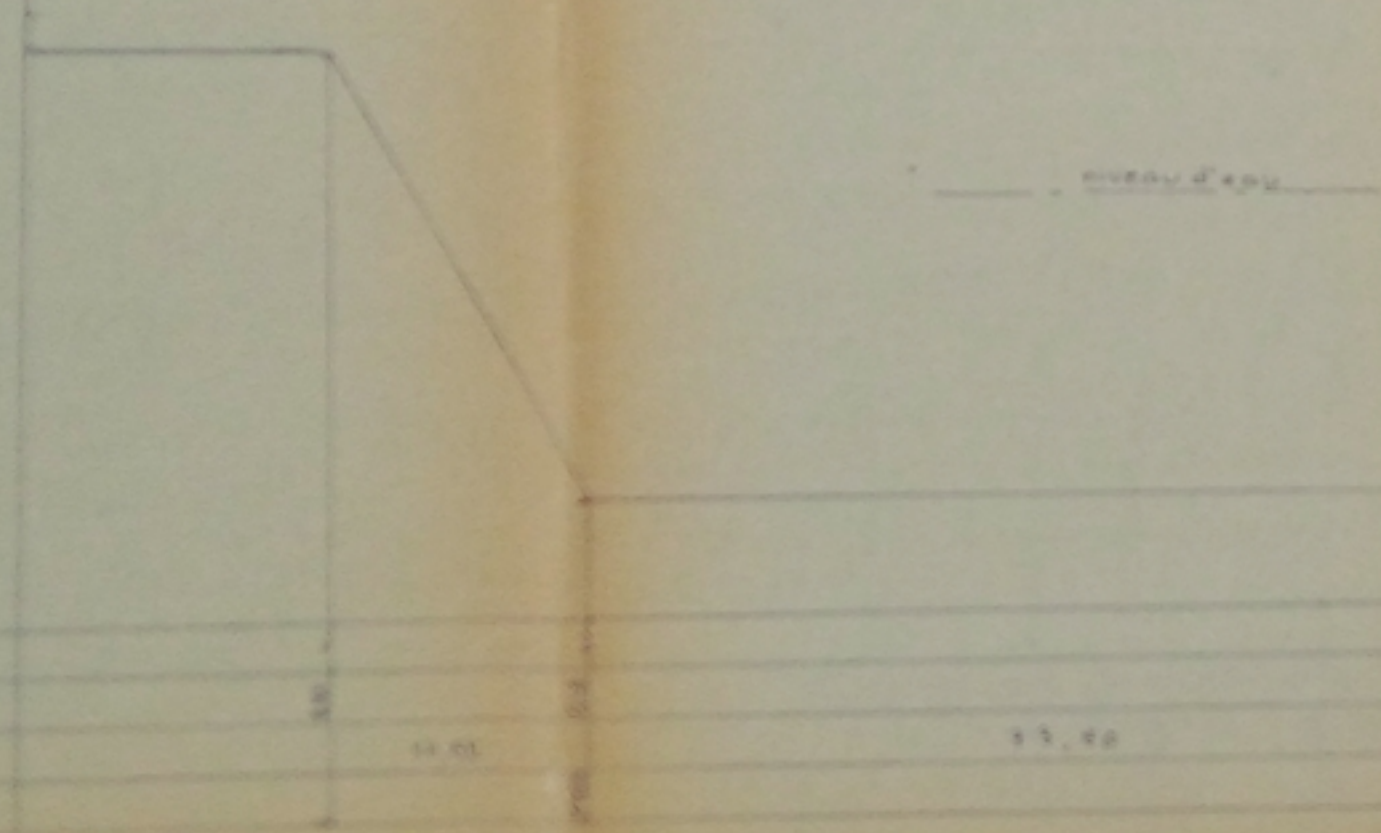
112.50

PH 003/75
-6-

Section a-b

niveau d'eau

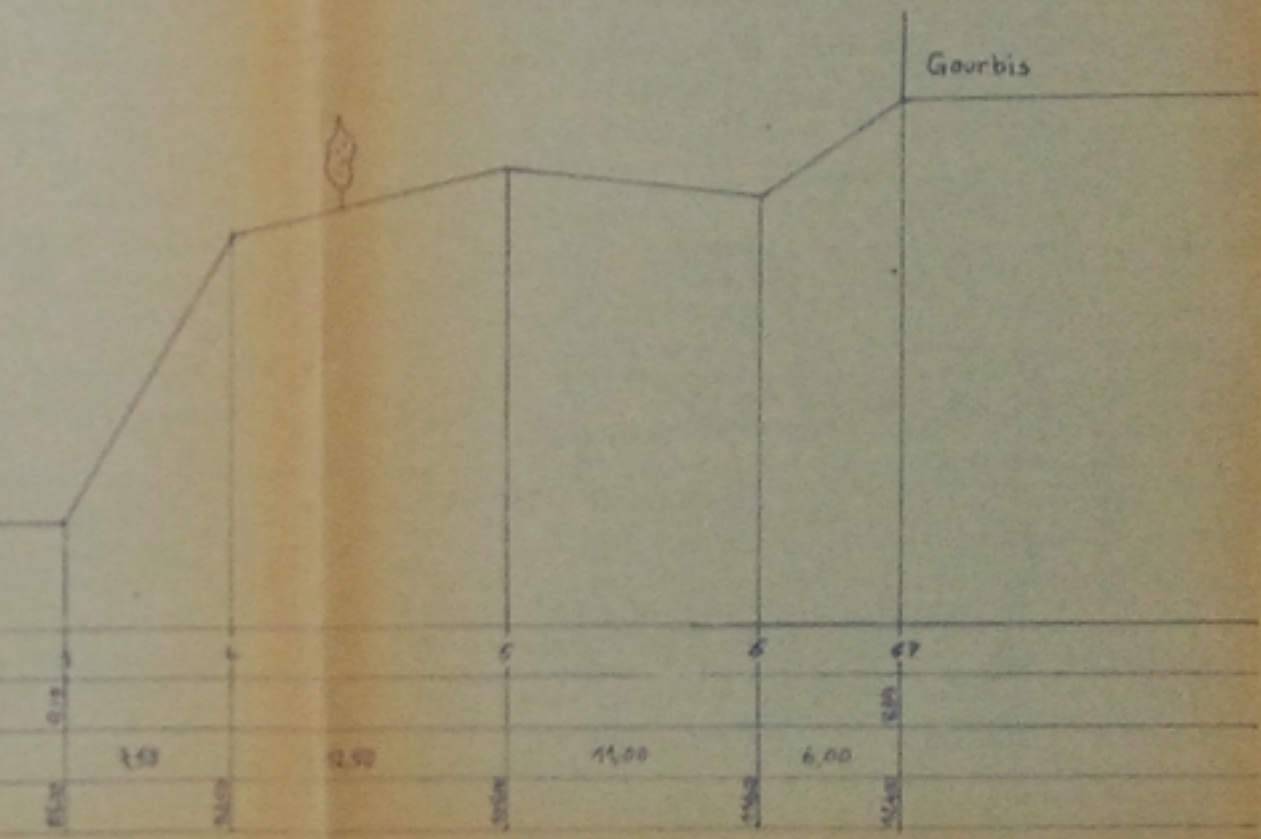
Niveau des puits
Altitude du terrain
Distances partielles
Distances cumulées



EGE ALGERIE ALGERIA 001
BIBLIOTHEQUE

EGE ALGERIE ALGERIA 001
BIBLIOTHEQUE

Gourbis



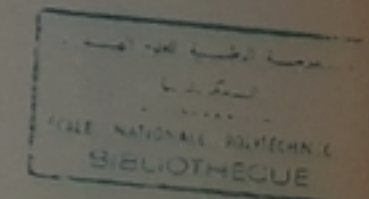
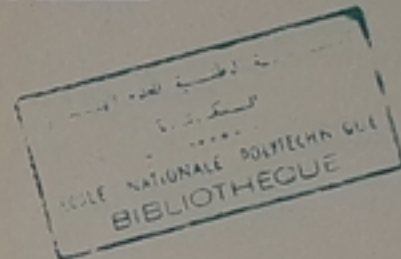
PH 003/75
-8-

Ech. 1/50

Section n°8

niveau d'eau

remblai



Numéro des points		1	2		3	4	5	6
Altitude du terrain		8,35	7,63		7,03		8,30	8,30
Distances partielles		10,30		67,30		12,00		
Distances cumulées			10,30		77,60		89,60	

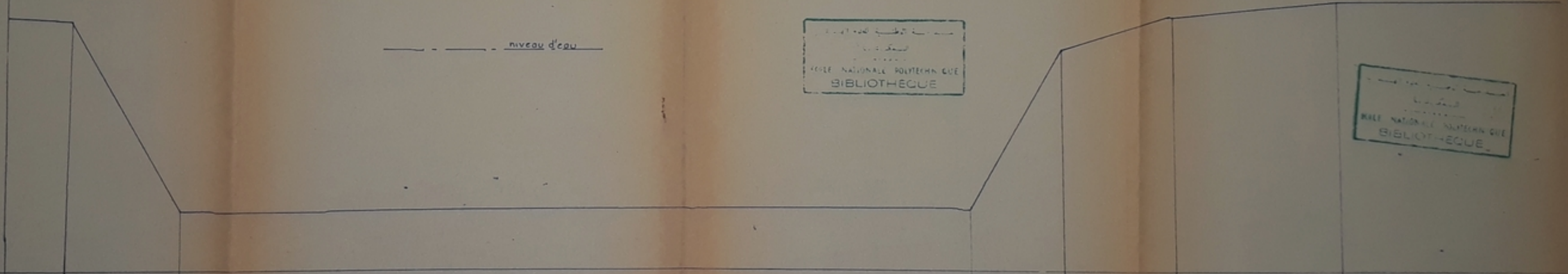
PH 003/75
- 9 -

----- niveau d'eau -----

الجمهورية التونسية
البيروت
الجامعة الوطنية
مكتبة

الجمهورية التونسية
البيروت
الجامعة الوطنية
مكتبة

Section n 9



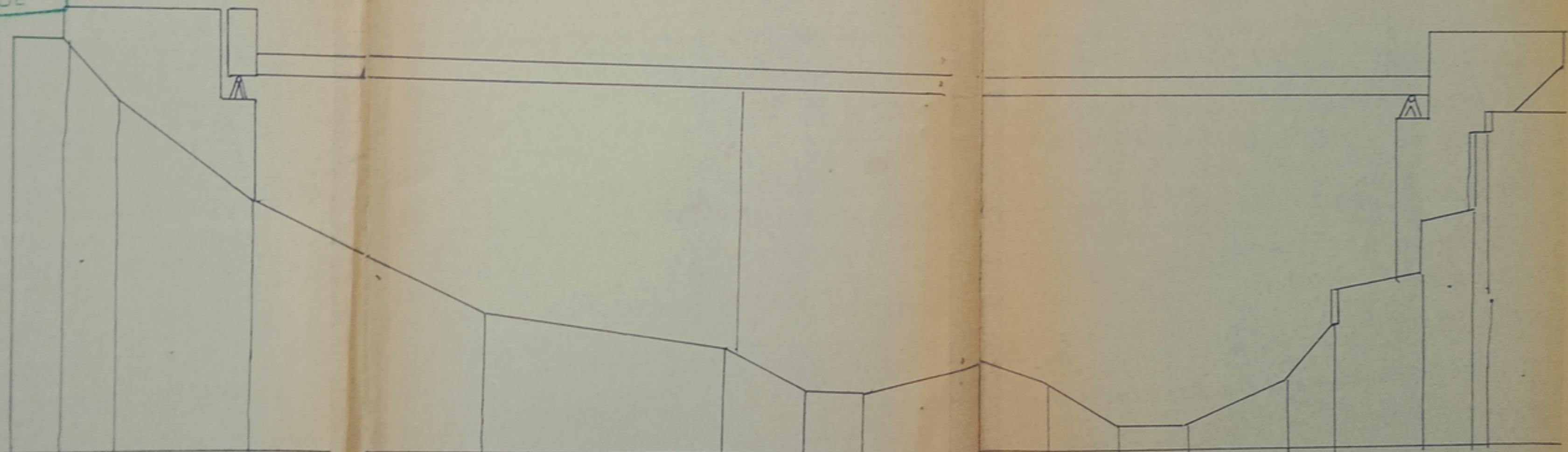
Numero des points	1	2		3	4	5	6
Altitude du terrain	8,31	7,05		7,80	6,73	8,18	8,87
Distances partielles		10,50	75,20		8,40	9,10	17,40
Distances cumulées		10,50		85,90	94,30	103,40	120,80

Hydr
Bannur
1375.

PH 003/75
-11-

مكتبة
الجامعة
الوطنية
الهندسية
BIBLIOTHEQUE

Section n°11



Numero des points	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Altitude du terrain	7.4	7.53	6.21	2.58	1.48	1.01	0.39	0.39	2.24	4.05	6.20	8.20	8.90	9.90
Distance partielle	640	670	15.70	16	17.60	4.70	17.60	2.80	6.40	3.60	1.40	1.90		
Distance cumulees		640	1310	2880	4480	6240	6710	8490	8870	9330	9750	98.90		

