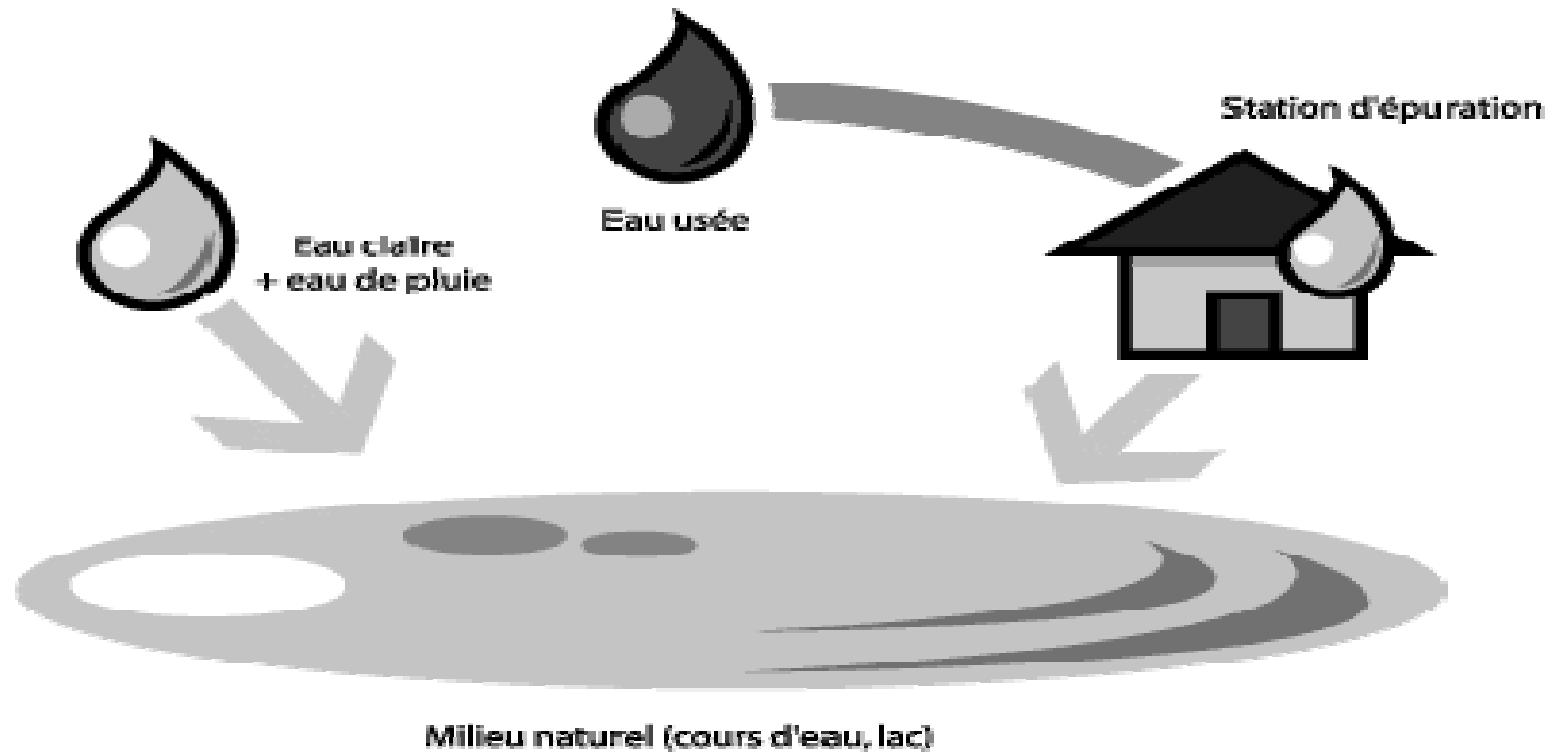


# Assainissement



# Calcul du débit d'eaux usées domestiques

## Principe de calcul

Le débit des eaux usées domestiques est en rapport direct avec le débit d'eaux potable distribué par l'**ONEP** ; mais ce débit des eaux usées ni que 70% à 80% de l'eau consommée et ceci à cause des pertes et fuites dans le réseau.

## Calcul du débit de pointe $Q_p$

- difficulté à prévoir les variations journalières
- utilisation d'une méthode simplifiée: coefficient de pointe

$$Q_p = p \times Q_{moyen}$$

$Q_m$  = quantité d'eau journalière transitée dans le tronçon à étudié exprimé en l/s .

$$\text{avec } \begin{cases} p = a + b / \sqrt{Q_m} \text{ (l/s)} \\ a = 1,5 \text{ et } b = 2,5 \\ 1.5 < p < 4 \end{cases}$$

- p 3 en tête de réseau
- p 2 près de l'exutoire

## Exemple d'application:

Soit deux secteurs d'habitation :  $S_1 = 10$  ha avec une densité  $d_1 = 80$  Logements / ha

$S_2 = 15$  ha avec une densité  $d_2 = 30$  Logements / ha

Si on considère : - que la densité moyenne d'occupation est de 3,1 habitants par logement

- que les besoins en eau sont respectivement :

▪ 250 l / habitant / jour pour le secteur  $S_1$

▪ 200 l / habitant / jour pour le secteur  $S_2$

-Que les pertes pour arrosage des jardins privés et espaces publics y compris les pertes de réseau sont estimés à 30% de la valeur des besoins.

Calculer pour chaque secteur  $Q_m$  ,  $p$  et  $Q_p$  ?

Réponse:

$$Q_m = \begin{cases} \text{Pour } S_1 : Q_{m_1} = 5,023 \text{ l / s} \\ \text{Pour } S_2 : Q_{m_2} = 2,260 \text{ l / s} \end{cases}$$

$$p = \begin{cases} \text{Pour } S_1 : p_1 = 1,5 + 2,5 / 5,023 = 2,62 \\ \text{Pour } S_2 : p_2 = 1,5 + 2,5 / 2,260 = 3,16 \end{cases}$$

$$Q_{p_1} = Q_{m_1} \times p_1 = 13,16 \text{ l / s}$$

$$Q_{p_2} = Q_{m_2} \times p_2 = 7,14 \text{ l / s}$$

# Calcul du débit d'eaux usées industrielles

Les débits des eaux à évacuer par les industries dépendent de la nature de l'industrie le procédé de fabrication utilisé , donc le projeteur pourra se baser sur les données statistiques et les résultats empiriques , qui ont permet de dégager 3 types de zones industrielles selon leurs consommation d'eau :

- zone d'entrepôt de 10 à 12 m<sup>3</sup> / J / ha.Loti
- zone d'emplois , de petites industries de 20 à 25 m<sup>3</sup> / J / ha.Loti
- zone d'industries moyennes de 50 à 150 m<sup>3</sup> / J / ha.Loti

Surface Loti = Surface totale de la zone non comprise la surface de voirie et ses espaces annexes .

## Exemple :

Soit une zone à Lotir ( à partager en lots ) d'une surface totale de 100 ha dont 15% sont réservés à la voiries et ses espaces annexes . La surface réelle à occuper par les industries est de 85 ha .

La moyenne de prélèvement en eau se situe aux alentours de la médiane statistique de 35 à 40 m<sup>3</sup> / J / ha.Loti .

Calculer les débits journaliers à évacuer ?

## Solution:

$$Q_1 = 35 \times 85 \times 1,22 = 3629,5 \text{ m}^3 / \text{J}$$

$$Q_2 = 40 \times 85 \times 1,22 = 4148 \text{ m}^3 / \text{J}$$

Avec 1,22 coefficient de majoration en fonction de la surface à occuper par les industries ( Voir abaque )

# Calcul des sections des canalisations des eaux usées

Le calcul des sections des canalisations des eaux usées est basé sur la formule de **Chézy** qui donne la vitesse d'écoulement comme suit :

$$V = C \times \sqrt{RI}$$

V = vitesse moyenne d'écoulement en ( m/s )

R = rayon moyen de l'ouvrage ou rayon hydraulique en ( m )

Avec

$$R = \frac{\text{Section mouillée}}{\text{Périmètre mouillé}}$$

C = Coefficient de la paroi ou de rugosité de l'ouvrage ( conduite rugueuse ou lisse )

I = pente du collecteur en ( m / m ) .

Pour le calcul de C , on utilise la formule de **Bazin** :

$$C = \frac{87 \times \sqrt{R}}{1 + \sqrt{R}}$$

étant le coefficient d'écoulement en fonction de la nature des parois et des eaux transportées .

On a le débit :  $Q = V \times S$  or  $V = C \times \sqrt{RI}$  donc

$$Q = C \times S \times \sqrt{RI}$$

### Exemple 1:

Soit un canal rectangulaire assez large de base  $B = 6.00$  m et de hauteur  $H = 1,50$  m  
Calculer le rayon hydraulique  $R_y$  ?

$$R_y = \frac{S_m}{P_m} \quad \text{avec} \quad \left\{ \begin{array}{l} S_m = H \times B \\ P_m = 2H + B \end{array} \right. \quad \text{et} \quad R_y = \frac{1,50 \times 6}{2 \times 1,50 + 6} = 1 \text{ m}$$

### Exemple 2 :

Soit une conduite des eaux usées en système séparatif de diamètre intérieur  $d = 200$  mm et de diamètre extérieur  $D = 250$  mm , calculer le rayon hydraulique  $R_y$  ?

$$R_y = \frac{S_m}{P_m} = \frac{\pi d^2/4}{2 \pi d/2} = \frac{d}{4} = 50 \text{ mm}$$

### Exemple 3:

Une conduite circulaire en ciment lisse de coefficient de rugosité  $C = 80$  , ayant une pente de  $0,0004$  , permet l'écoulement d'un débit de  $2260$  l/s .

1 ) Calculer la section de cette conduite sachant que son rayon hydraulique ( rayon moyen ) est de  $0,5$  m .

$$Q = V \times S \quad \longrightarrow \quad S = Q / V \quad \text{avec} \quad \left\{ \begin{array}{l} Q = 2260 \text{ l/s} = 2,26 \text{ m}^3/\text{s} \\ V = C \times \sqrt{RI} \end{array} \right.$$

$$V = 80 \times \sqrt{0,5 \times 0,0004} = 1,13 \text{ m/s} \quad \text{et} \quad S = Q / V = 2,26 / 1,13 = 2 \text{ m}^2 \text{ d'où } S = \frac{\emptyset^2}{4}$$

$$\emptyset = \sqrt{\frac{2 \times 10^3 \times 10^3 \times 4}{\pi}} = 1595,77 \text{ mm}$$

2) Déterminer le coefficient d'écoulement ?

$$C = \frac{87 \times \overline{R}}{+ \overline{R}} \longrightarrow C ( + \overline{R} ) = 87 \times \overline{R} \longrightarrow = \frac{(87 - C) \overline{R}}{C} = 0,06$$

3) Si le coefficient = 0,15 ; calculer C et Q ?

$$C = \frac{87 \times \overline{R}}{+ \overline{R}} = \frac{87 \times 0,5}{0,15 + 0,5} = 71,77$$

$$V = C \times \overline{R} = 71,77 \times 0,5 \times 0,0004 = 1,01 \text{ m/s}$$

$$Q = V \times S = 1,01 \times 2 = 2,02 \text{ m}^3 / \text{s}$$

# Calcul des débits d'eaux pluviales

## METHODE RATIONNELLE

Cette méthode à l'avantage de prendre en compte les principaux facteurs de ruissellement et conduit aux calculs des zones à faibles superficies tels que :

➤ usines - casernes – centres commerciaux ect ....

Le débit Q est donné par la formule suivante :

$$Q = k.C.I.A$$

K : coefficient de majoration

C: coefficient de ruissellement

I : intensité moyenne de précipitation en l/ ha / s

A : aire d'apport en ha

### 1) coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement C dépend essentiellement du caractère d'urbanisation càd la nature du relief et le mode d'utilisation ou d'occupation du sol ; il est défini :

$$C = \frac{\text{Volume d'eau qui ruisselle de la surface}}{\text{Volume total de la pluie qui tombe sur la surface}}$$



## Quelques exemples des coefficients de ruissellement :

Surface	Coefficient de ruissellement, $R$
Chaussée en béton, asphaltée	0,70 - 0,95
Chaussée en brique	0,70 - 0,85
Toiture	0,75 - 0,95
Terrain gazonné, sol sablonneux	
- plat (pente < 2 %)	0,05 - 0,10
- pente moyenne (2 à 7 %)	0,10 - 0,15
- pente abrupte (> 7 %)	0,15 - 0,20
Terrain gazonné, sol dense	
- plat (pente < 2 %)	0,13 - 0,17
- pente moyenne (2 à 7 %)	0,18 - 0,22
- pente abrupte (> 7 %)	0,25 - 0,35
Entrée de garage en gravier	0,15 - 0,30

Si le bassin d'apport considéré est couvert par des surfaces  $A_i$ , à coefficients de ruissellement différents, on calcul un coefficient moyen pondéré.

$$C = \frac{C_1 \times A_1 + C_2 \times A_2 + C_3 \times A_3 + \dots + C_n \times A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

## 2 ) intensité moyenne de précipitations :

Une précipitation pluviale est définie par son intensité et sa fréquence ( période T )

Dans la région parisienne la formule suivante est adopté :

$$i = \frac{430\,000}{(T + 10) \times 60}$$

i : l / ha / s et T : durée de chute en minute , variant de 10 à 60 minutes

Valeurs des intensités ( i ) :

Durée de T ( mn )	10	20	30	40	50	60
Intensité i ( l / ha / s )	358	240	180	143	120	102

Ces valeurs sont propres à la région parisienne ① et pour trouver celles des régions ② et ③ il faut multiplier les résultats du tableau respectivement par les coefficients 1,25 et 1,30 .

## 3 ) Aire d'apport ( A )

Aire d'apport est la surface des parties couvertes ou revêtues exprimées en ( ha )

x

MINI - PROJET I /

Soit à bâtir un centre commercial à grande surface, dans la région paraisienne ① ce centre comprend :

- Des bâtiments ABCD et EFGH.
- Un grand parking bétonné DCJI auquel on accède par deux voies imperméabilisées CGLK et NMOJ
- Un grand jardin plantée KLMN.

Ces deux voies sont desservies par la <sup>rue</sup> LPQR entièrement pavée avec les larges joints, trottoire compris. Cette <sup>rue</sup> voie est bordée de pavillons ayant chacun  $100 \text{ m}^2$  de toitures et séparés par des jardins.

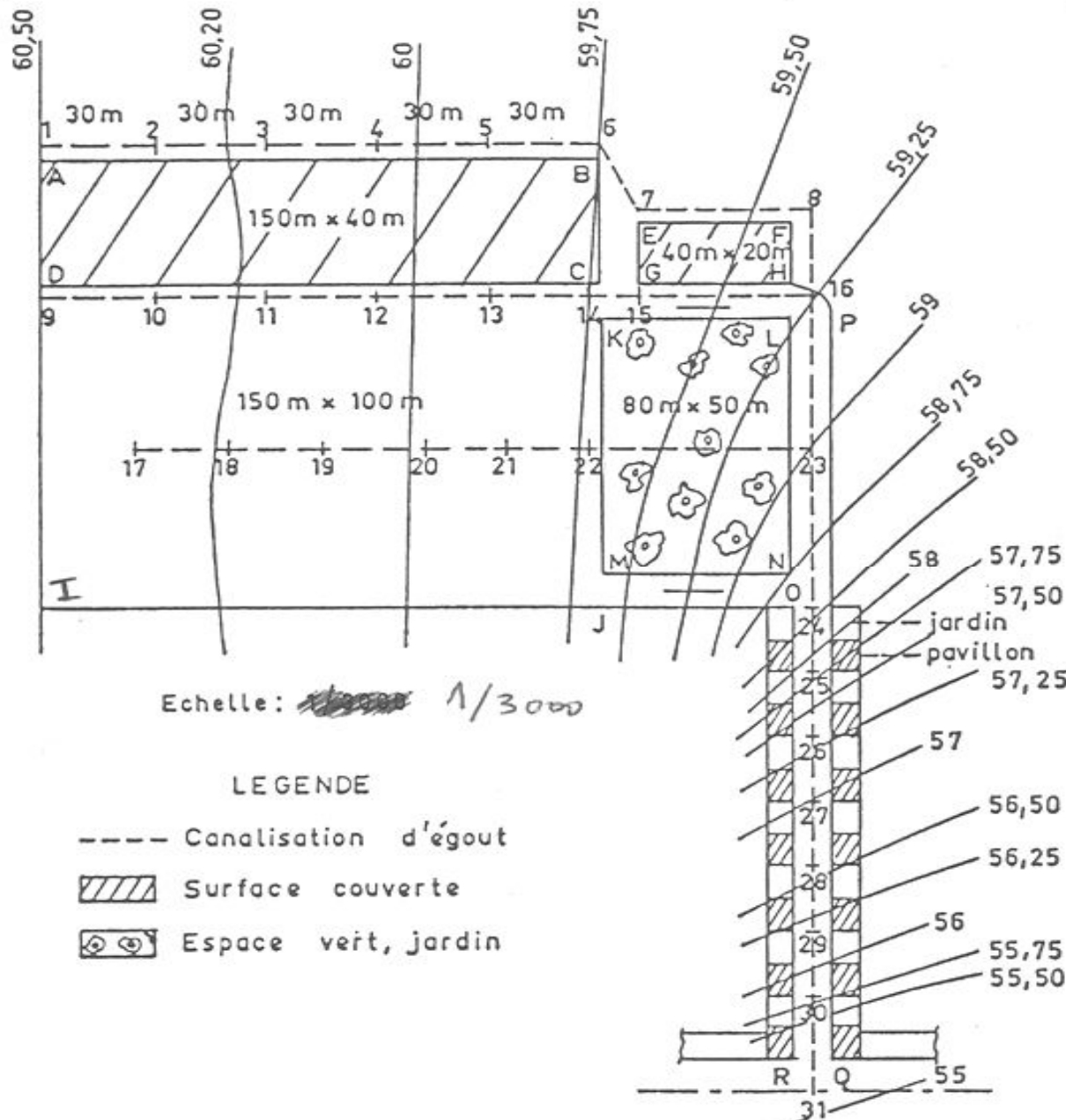
Le réseau d'égout unitaire 1,8;31 se verse dans un collecteur principal après avoir reçu les deux <sup>m</sup>antennes 9 - 16 et 17 - 23, cette dernière ( 17-23 ) recueillant toutes les eaux du parking au moyen de grilles.

Les eaux des caniveaux de la rue seront recueillies en 23, 24, 26, 28, 30.

Il sera admis que l'eau tombant sur les espaces verts ou les jardins est absorbée par le sol.

La seule contrainte est que la profondeur minimale soit de 0,85 m, la dessert des caves des pavillons n'étant pas envisagée.

Il est demandé le calcul des sections du seul collecteur principal 1,8,31, pour la fréquence décennale; à  $(T = 10 \text{ ans})$  partir de l'abaque de Manning <sup>m</sup> Strickler et le profil en long de ce collecteur.



Cotes du terrain

- 1 : 60,50
- 2 : 60,35
- 3 : 60,20
- 4 : 60,05
- 5 : 59,90
- 6 : 59,75
- 7 : 59,65
- 8 : 59,40
- 9 : 60,50
- 10 : 60,35
- 11 : 60,20
- 12 : 60,05
- 13 : 59,90
- 14 : 59,75
- 15 : 59,65
- 16 : 59,25
- 17 : 60,35
- 18 : 60,23
- 19 : 60,10
- 20 : 59,98
- 21 : 59,85
- 22 : 59,73
- 23 : 59,00
- 24 : 58,60
- 25 : 57,75
- 26 : 57,35
- 27 : 56,95
- 28 : 56,55
- 29 : 56,15
- 30 : 55,75
- 31 : 55,15

Echelle: ~~1/3000~~ 1/3000

LEGENDE

- Canalisation d'égout
- ▨ Surface couverte
- ⊙ Espace vert, jardin

Tableau des Calculs des débits

Tronçon (1)	Point d'apport (2)	Aire (ha)		Aire cumulée (ha)		(5) × 0,9 (7)	(6) × 0,6 (8)
		Toits, Routes, Parking (3)	Rue (4)	Toits, Routes, Parking (5)	Rue (6)		
1 - 2	1	0,030	-	0,030	-	0,027	-
2 - 3	2	0,060	-	0,090	-	0,081	-
3 - 4	3	0,060	-	0,150	-	0,135	-
4 - 5	4	0,060	-	0,210	-	0,189	-
5 - 6	5	0,060	-	0,270	-	0,243	-
6 - 7	6	0,030	-	0,300	-	0,270	-
7 - 8	7	0,020	-	0,320	-	0,288	-
8 - 16	8	0,020	-	0,340	-	0,306	-
16 - 23	16	0,400	-	0,740	-	0,666	-
23 - 24	23	1,500	0,040	2,240	0,040	2,016	0,024
24 - 25	24	0,050	0,050	2,290	0,090	2,061	0,054
25 - 26	25	0,020	-	2,310	0,090	2,079	0,054
26 - 27	26	0,020	0,040	2,330	0,130	2,097	0,078
27 - 28	27	0,020	-	2,350	0,130	2,115	0,078
28 - 29	28	0,020	0,040	2,370	0,170	2,133	0,102
29 - 30	29	0,020	-	2,390	0,170	2,151	0,102
30 - 31	30	0,020	0,040	2,410	0,210	2,169	0,126
	31	0,020	0,020	2,430	0,230	2,187	0,138

Tableau des Calculs des débits  
(suite)

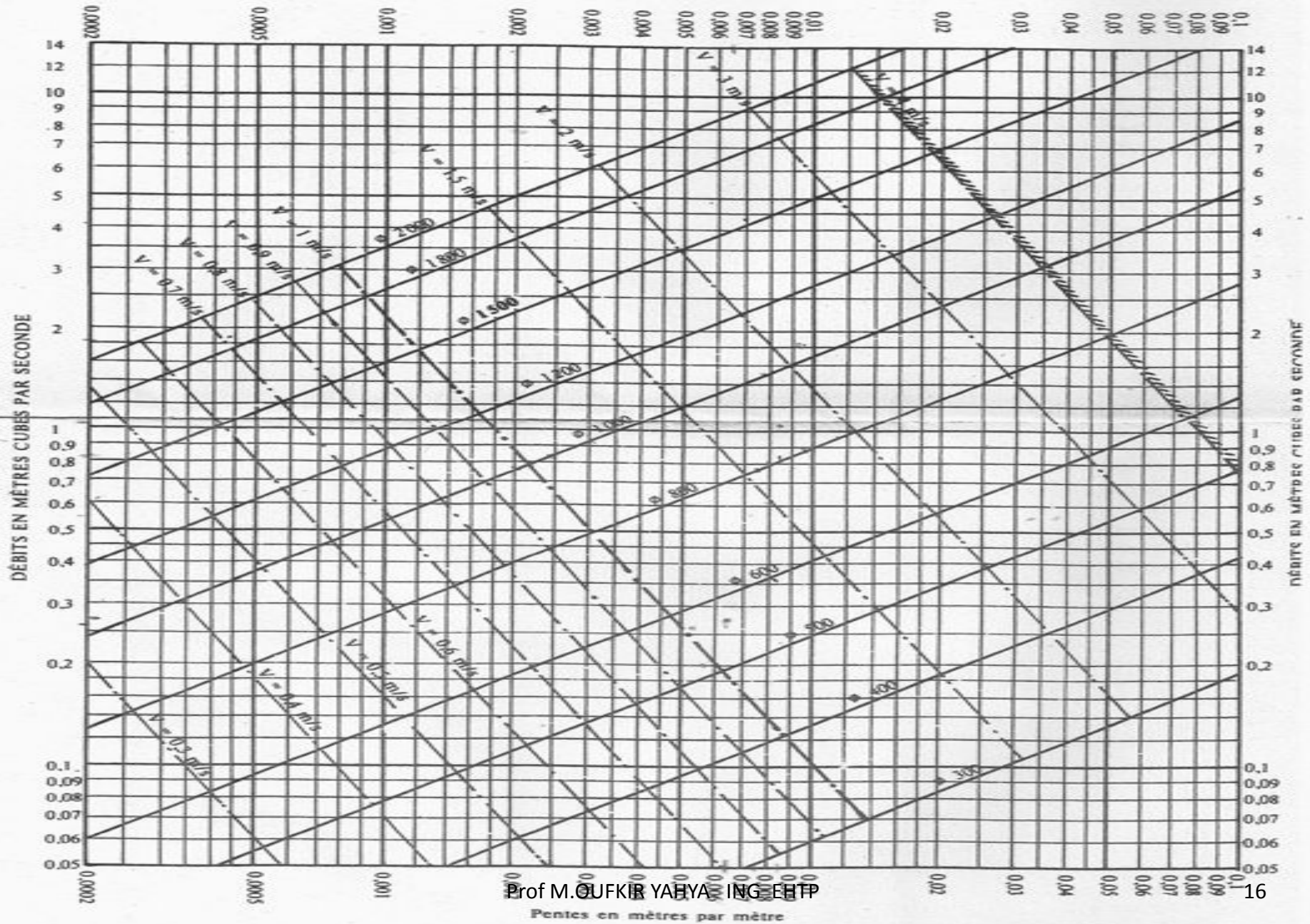
Tronçon (1)	(7) + (8) (9)	Longueur des tronçons		Intensité l/ha/s (12)	Coefficient de Fruhling $k$ (13)	Débit (l/s) (9) x (12) x (13) (14)
		partielle (m) (10)	cumulée amont (m) (11)			
1 - 2	0,027	30	0	358	1	10
2 - 3	0,081	30	30	358	1	29
3 - 4	0,135	30	60	358	1	48
4 - 5	0,189	30	90	358	1	68
5 - 6	0,243	30	120	358	1	87
6 - 7	0,270	23	150	358	1	97
7 - 8	0,288	40	173	358	1	103
8 - 16	0,306	24	213	358	1	110
16 - 23	0,666	46	237	358	1	238
23 - 24	2,040	50	283	358	1	730
24 - 25	2,115	20	333	358	1	757
25 - 26	2,133	20	353	358	1	764
26 - 27	2,175	20	373	358	1	779
27 - 28	2,193	20	393	330	1	779
28 - 29	2,235	20	413	330	1	779
29 - 30	2,253	20	433	330	0,91	779
30 - 31	2,295	30	453	330	0,91	779
	2,325			330	0,91	779

Tableau des Calculs des diamètres

Tronçon (1)	Longueur (m) (2)	Débit (l/s) (3)	COTE				Pente du radier (m.p.m) (8)	Type ou diamètre (mm) (9)
			du sol		du radier			
			amont (4)	aval (5)	amont (6)	aval (7)		
1 - 2	30	10	60,50	60,35	59,35	59,20	0,0050	300
2 - 3	30	29	60,35	60,20	59,20	59,05	0,0050	300
3 - 4	30	48	60,20	60,05	59,05	58,90	0,0050	300
4 - 5	30	68	60,05	59,90	58,90	58,75	0,0050	300
5 - 6	30	87	59,90	59,75	58,75	58,57	0,0060	300
6 - 7	23	97	59,75	59,65	58,57	58,39	0,0080	300
7 - 8	40	103	59,65	59,40	58,39	58,07	0,0080	300
8 - 16	24	110	59,40	59,25	58,07	57,85	0,0090	300
16 - 23	46	238	59,25	59,00	57,85	57,44	0,0090	400
23 - 24	50	730	59,00	58,60	57,44	56,70	0,0148	600
24 - 25	20	757	58,60	57,75	56,70	56,30	0,0200	600
25 - 26	20	764	57,75	57,35	56,30	55,90	0,0200	600
26 - 27	20	779	57,35	56,95	55,90	55,50	0,0200	600
27 - 28	20	779	56,95	56,55	55,50	55,10	0,0200	600
28 - 29	20	779	56,55	56,15	55,10	54,70	0,0200	600
29 - 30	20	779	56,15	55,75	54,70	54,30	0,0200	600
30 - 31	30	779	55,75	55,15	54,30	53,70	0,0200	600

ANNEXE VII

RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF  
(Canalisations circulaires – Formule de Bazin)



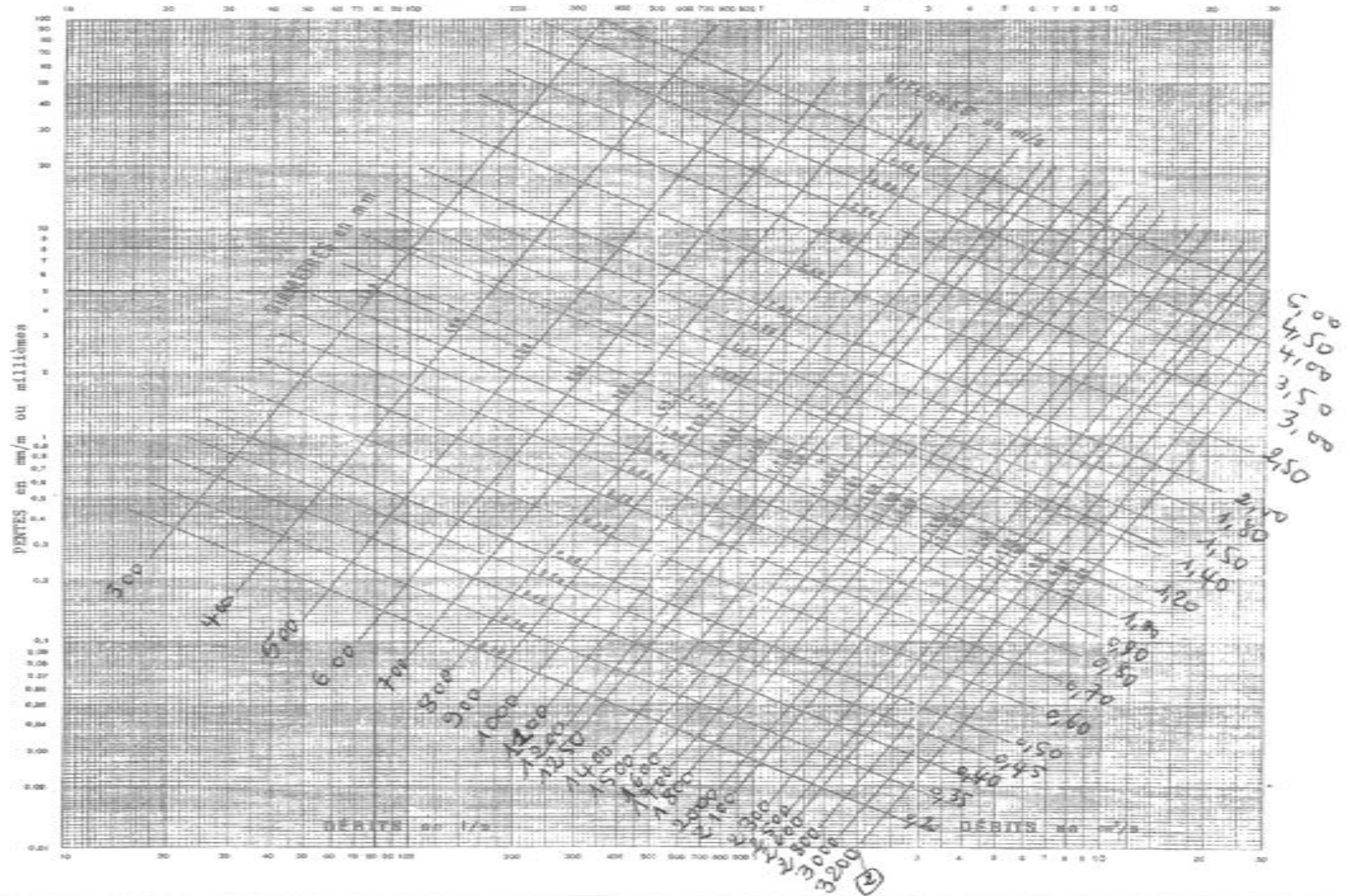


## Paramètres servant pour vérification des Conditions de fonctionnement du réseau

- $V$  (m/s), vitesse de l'eau dans la canalisation pour le débit  $Q$ ;
- $H$  (mm), hauteur de l'eau pour le débit  $Q$ ;
- $P$  (m.p.m), pente hydraulique, c'est-à-dire pente motrice d'après la pente de la canalisation ;
- $Q_{P.S.}$  ( $m^3/s$ ), débit à pleine section ;
- $V_{P.S.}$  (m/s), vitesse pour le débit à pleine section ;
- $H_{P.S.}$  (mm), hauteur de l'eau pour le débit à pleine section ;
- $rQ$ , rapport des débits  $Q/Q_{P.S.}$  ;
- $rV$ , rapport des vitesses  $V/V_{P.S.}$  ;
- $rH$ , rapport des hauteurs  $H/H_{P.S.}$  .

ANNEXE IX

RESEAUX PLUVIAUX ET RESEAUX D'EAUX USEES  
 (Canalisations circulaires - Formule de Manning - Strickler)



des rapports:  $\begin{cases} r_{\phi} = \frac{\phi_0}{\phi_{ps}} \\ r_H = \frac{H_0}{H_{ps}} \end{cases}$  et  $r_V = \frac{V_0}{V_{ps}}$  cas du Troison 1-2

le calcul de  $r_H$  et  $r_{\phi}$  se fait à l'aide de l'abaque  $\bar{X}$ :

donc on a:  $r_{\phi} = \frac{\phi_0}{\phi_{ps}} = \frac{10}{80} = 0,125$  (Rapport de débits)

d'où:  $r_H = 0,22$  (Rapport des hauteurs)

$r_V = 0,63$  (Rapports des vitesses)

ce qui donne:

$H_0 = r_H \cdot \phi = 0,22 \times 300 = 66 \text{ mm}$

$V_0 = r_V \cdot V_{ps} = 0,63 \times 1,15 = 0,72 \text{ m/s}$

la vitesse de l'eau pour le  $\frac{1}{10}$  du débit en pleine section est donné d'après l'annexe X, d'où:

pour un rapport de débits égale à 0,1  
on obtient un rapport de vitesses égale à 0,55

soit  $r_v = 0,6$ , donc la vitesse d'auto curage  
à  $\frac{1}{10}$  du débit à pleine section sera:

$$r_v = \frac{V}{V_{ps}} \Rightarrow \underline{\underline{V = r_v \cdot V_{ps}}}$$

Dans notre cas du tronçon: 1-2

$$V = 0,6 \times 1,15 = 0,69 \text{ m/s}$$

## Conditions de fonctionnement du réseau

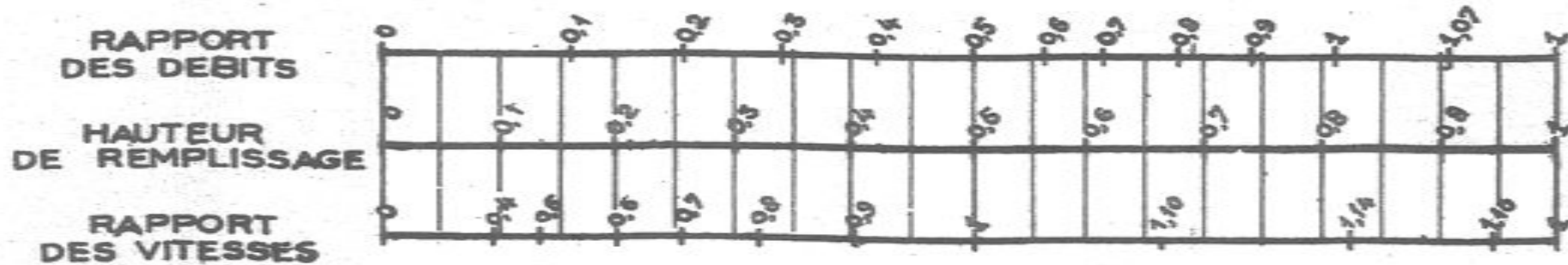
Tronçon	Diamètre (mm)	Q (l/s)	i (m.p.m)	Pleine section		$r_Q$	$r_H$	$r_V$	H (mm)	V (m/s)	v (1/10 Q <sub>PS</sub> ) (m/s)
				Q <sub>PS</sub> (l/s)	V <sub>PS</sub> (m/s)						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1 - 2	300	10	0,0050	80	1,15	0,125	0,22	0,63	66	0,72	0,69
2 - 3	300	29	0,0050	80	1,15	0,362	0,42	0,92	126	1,06	0,69
3 - 4	300	48	0,0050	80	1,15	0,600	0,56	1,04	168	1,20	0,69
4 - 5	300	68	0,0050	80	1,15	0,850	0,72	1,11	216	1,28	0,69
5 - 6	300	87	0,0060	88	1,26	0,989	0,81	1,13	243	1,42	0,76
6 - 7	300	97	0,0080	100	1,44	0,970	0,80	1,14	240	1,64	0,86
7 - 8	300	103	0,0090	108	1,55	0,954	0,76	1,13	228	1,75	0,93
8 - 16	300	110	0,0090	108	1,55	1,018	0,84	1,12	252	1,74	0,93
16 - 23	400	238	0,0148	290	2,30	0,821	0,70	1,11	280	2,55	1,38
23 - 24	600	730	0,0200	1000	3,60	0,730	0,65	1,09	390	3,92	2,16
24 - 25	600	757	0,0200	1000	3,60	0,757	0,66	1,10	396	3,96	2,16
25 - 26	600	764	0,0200	1000	3,60	0,764	0,67	1,10	402	3,96	2,16
26 - 27	600	779	0,0200	1000	3,60	0,779	0,68	1,11	408	4,00	2,16
27 - 28	600	779	0,0200	1000	3,60	0,779	0,68	1,11	408	4,00	2,16
28 - 29	600	779	0,0200	1000	3,60	0,779	0,68	1,11	408	4,00	2,16
29 - 30	600	779	0,0200	1000	3,60	0,779	0,68	1,11	408	4,00	2,16
30 - 31	600	779	0,0200	1000	3,60	0,779	0,68	1,11	408	4,00	2,16

ANNEXE X

VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES  
EN FONCTION DE LA HAUTEUR DE REMPLISSAGE

(d'après la formule de Bazin)

a) Ouvrages circulaires



b) Ouvrages ovoïdes normalisés

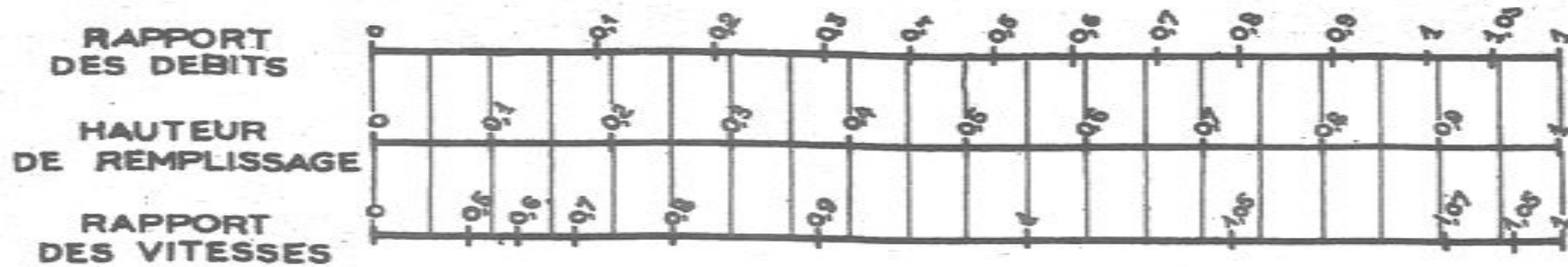
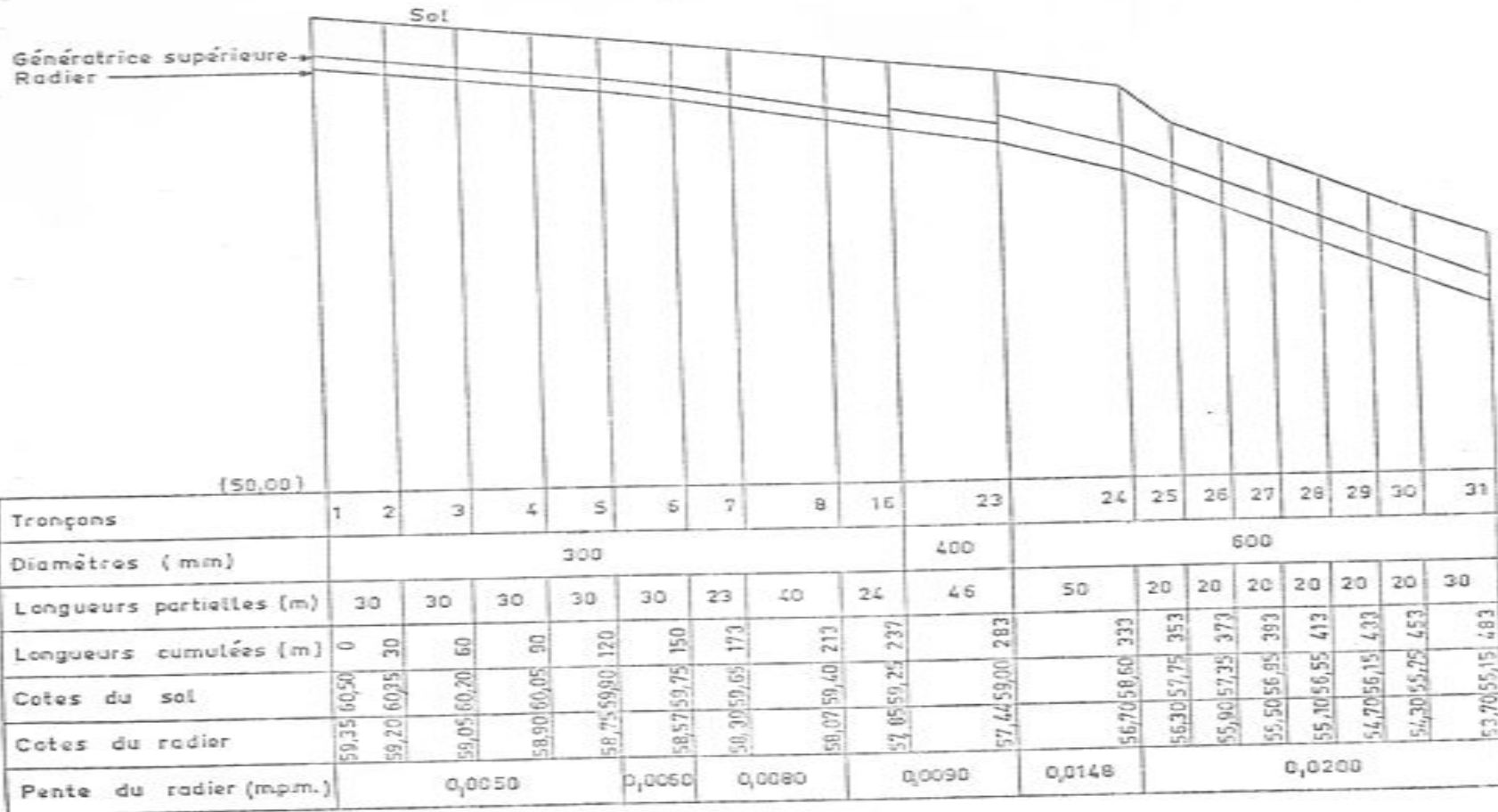


FIG. 8A. — Profil en long du collecteur 1-31.

Échelles } longueurs 1/3750  
              } hauteurs 1/150



B) Détermination des débits par la méthode superficielle en fonction des périodes de retour d'insuffisance et des régions. (11)

Les études pluviométriques effectuées en France ont permis de diviser celle-ci en trois régions de pluviométrie homogène.

Pour chaque région M<sup>r</sup> Carquot a établi des formules superficielles permettant la détermination des débits d'eau pluviale, selon la période de retour désiré, dans un bassin versant urbanisé.

Remarque: Définition du bassin versant:

Le bassin versant (appelé aussi bassin de drainage d'un oued, considéré en un point donné de son cours) est la surface topographique limitée par son contour à l'intérieur duquel l'eau précipitée donne naissance à un écoulement qui se dirige vers ce point de l'oued.

Les limites de bassin versant sont définies topographiquement par la ligne de partage des eaux délimités par la ligne de crête = ) et les lignes de pente rejoignant l'exutoire.



La formule de la méthode superficielle est exprimée comme suit :

$$Q_{brute} = K^{1/u} \cdot I^{V/U} \cdot C^{1/U} \cdot A^{w/U}$$

*Q brute* : Débit de brute en m<sup>3</sup>/s de fréquence de dépassement *F*

*I* : pente moyenne du bassin versant en m/m ;

*C* : coefficient de ruissellement ;

*A* : superficie du bassin versant en Hectares ;

*K .U.W.V* dépend des coefficients de Montana *a* et *b* :

$$K = 0.5^b \cdot \frac{a}{6.6}$$

$$U = 1 + 0.287 b \quad \text{Avec } (0 < u < 1)$$

$$V = -0.41 b$$

$$w = 0.95 + 0.507 b$$

*a* et *b* coefficient dépendant de la région géographique et de la période retour.

ANNEXE C

DÉTERMINATION DES FORMULES  
SUPERFICIELLES EN FONCTION  
DES PÉRIODES DE RETOUR D'INSUFFISANCE  
ET DES RÉGIONS

Région	Période de retour d'insuffisance $T = 1/F$	Paramètre		Formule superficielle (m <sup>3</sup> /s)			
		a (F)	b (F)				
<u>I</u>	10 ans	5,9	- 0,59	Q = 1,430	I 0,29	C 1,20	A 0,78
	5 ans	5,0	- 0,61	Q = 1,192	I 0,30	C 1,21	A 0,78
	2 ans	3,7	- 0,62	Q = 0,834	I 0,31	C 1,22	A 0,77
	1 an	3,1	- 0,64	Q = 0,682	I 0,32	C 1,23	A 0,77
<u>II</u>	10 ans	6,7	- 0,55	Q = 1,601	I 0,27	C 1,19	A 0,80
	5 ans	5,5	- 0,57	Q = 1,290	I 0,28	C 1,20	A 0,79
	2 ans	4,6	- 0,62	Q = 1,087	I 0,31	C 1,22	A 0,77
	1 an	3,5	- 0,62	Q = 0,780	I 0,31	C 1,22	A 0,77
<u>III</u>	10 ans	6,1	- 0,44	Q = 1,296	I 0,21	C 1,14	A 0,83
	5 ans	5,9	- 0,51	Q = 1,327	I 0,24	C 1,17	A 0,81
	2 ans	5,0	- 0,54	Q = 1,121	I 0,26	C 1,18	A 0,80
	1 an	3,8	- 0,53	Q = 0,804	I 0,26	C 1,18	A 0,80

<b>Localité</b>	<b>Casablanca</b>	<b>Rabat</b>	<b>Fès</b>	<b>Meknès</b>	<b>Safi</b>	<b>Midelt</b>	<b>Marrakech</b>	<b>El Hoceima</b>
a ( F )	6,74	2,487	6,616	6,549	7,068	2,898	9,954	2,886
b ( F )	- 0,587	- 0,241	- 0,656	- 0,563	- 0,635	- 0,572	- 0, 795	- 0,459

## La période de retour de l'événement pluvial

Pour déterminer un ordre de grandeur du débit correspondant à une période de retour supérieure à 10 ans, on multiplie le débit de pointe de la période de retour 10 ans par un facteur multiplicateur dont les valeurs sont les suivantes :

PERIODE T	FACTEUR MULTIPLICATEUR
<b>1,25</b>	20 ans
<b>1,60</b>	50 ans
<b>2,00</b>	100 ans

La formule superficielle applicable au Maroc est dans ce cas

$$[m^3/A] \rightarrow \left\{ Q = 1,430 I^{0,29} \cdot A^{0,78} \cdot C^{1,20} \right\}$$

qui correspond à la formule <sup>décennale</sup> de la région I.

I : pente moyenne en [m/m] du bassin versant

A : superficie exprimé tjs en [hect]

C : Coefficient de ruissellement

B) Validité des formules :

Dans le domaine actuel ~~des~~ vérifications qui ont été effectuées, <sup>pour</sup> les formules de calcul des débits sont valables que dans les conditions suivantes :

a) \* la limite supérieure de la surface du bassin ou du groupement de bassin  $\sum A_i$  est fixé à 200 ha.

$$\boxed{\sum A_i \leq 200 \text{ ha}}$$

b) \* La valeur de la pente I doit rester comprise entre  $\boxed{0,2\% \text{ et } 5\%}$

c) \* La valeur du coef de ruissellement C, doit rester comprise entre  $\boxed{0,2 \text{ et } 1}$

## Le coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement est fonction principalement du type d'occupation du terrain mais aussi de la nature des sols, de leur degré de saturation en eau, de la pente du terrain

Type d'occupation des sols	Coefficient de ruissellement "c"
Habitations très denses	0,90
Habitations denses	0,60 à 0,70
Quartiers résidentiels	0,20 à 0,50
Revêtements modulaires à joints larges	0,60
Zones cultivées	0,10 à 0,35
Zones boisées	0 à 0,15

### 3 ) Etude de la pente ( I )

Soit un bassin urbanisé dont le plus long cheminement (  $L$  ) de la canalisation d'évacuation est constituée de tronçons successifs  $L_1$  ,  $L_2$  .... et de pentes  $I_1$  ,  $I_2$ .... ; la pente moyenne est donné par la formule suivante :

$$I = \left[ \frac{L}{\frac{L_1}{\sqrt{I_1}} + \frac{L_2}{\sqrt{I_2}} + \dots + \frac{L_n}{\sqrt{I_n}}} \right]^2$$

(12)

qui peut encore s'écrire:

$$I = \left[ \frac{\sum_{k=1}^n L_k}{\sum_{k=1}^n \frac{L_k}{\sqrt{I_k}}} \right]^2$$

Par exemple: Soit un bassin dont le plus long cheminement de la canalisation d'évacuation est de 750 m, se décompose en trois tronçons de 220 m, 150 m et 380 m, dont les pentes respectives sont de 0,02, 0,05 et 0,03 m.p.m.  
Calculer la pente moyenne le long de ce tronçon?

$$I = \left[ \frac{750}{\frac{220}{\sqrt{0,02}} + \frac{150}{\sqrt{0,05}} + \frac{380}{\sqrt{0,03}}} \right]^2 = 0,033 \text{ m.p.m.}$$



Exemple 2 : Soit un tronçon de réseau composé de trois tronçons élémentaire,  $L_1 = 100 \text{ m}$  et  $I_1 = 0,01$  (en m/m);  
 $L_2 = 150 \text{ m}$  et  $I_2 = 0,025$ ;  $L_3 = 200 \text{ m}$  et  $I_3 = 0,005$ .

Calculer la valeur de  $I_{\text{moy}} = ?$   $I_{\text{moy}} = \frac{0,00887}{0,009}$

④ Définition du coefficient de ruissellement (voir cours)

Rappel: Coef de ruissellement (on dit aussi coef d'urbanisation) est donc pris égal:

$$C = \frac{\sum A_j I_{MP}}{\sum A_j}$$

$\sum A_j I_{MP}$ : la surface imperméabilisée

$\sum A_j$ : Surface totale du bassin

## Exemple d'application:

Soit un bassin versant urbanisé  
(fig) composé :

- d'un tronçon d'évacuation  $N_1, N_2$
- Des surfaces imperméables  $A_1, A_2, A_3, A_4$

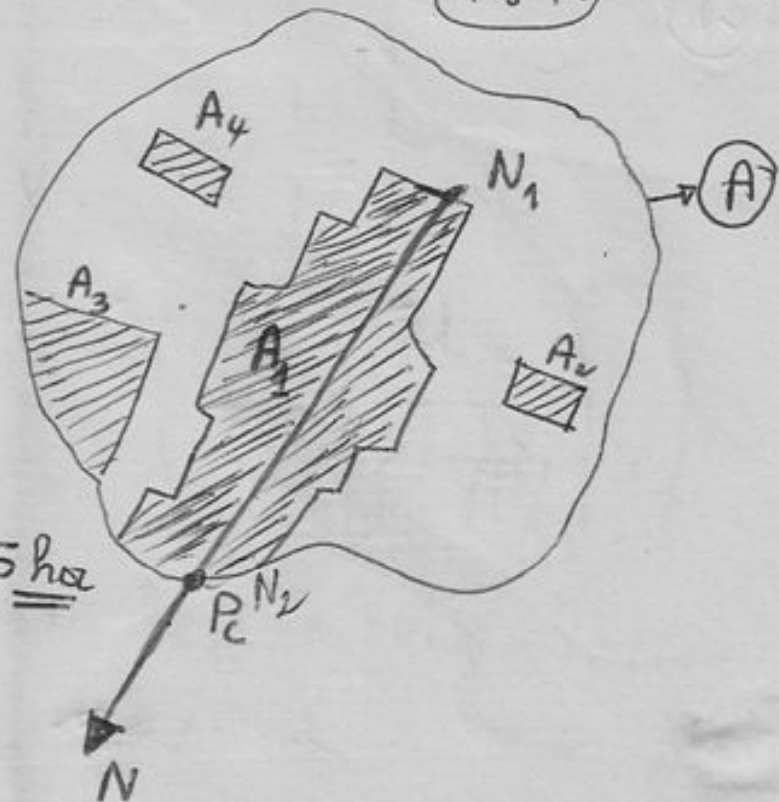
La surface totale de ce bassin est de 5 ha

$$A_1 = 2 \text{ ha}, A_2 = 0,1 \text{ ha}, A_3 = 0,3 \text{ ha}$$

$$A_4 = 0,1 \text{ ha}$$

donc le coef de ruissellement de ce bassin est :  $C = \frac{\sum A_j \text{IMP}}{\sum A_j}$

$$\left. \begin{array}{l} \sum A_j \text{IMP} = 2 + 0,1 + 0,3 + 0,1 = 2,5 \text{ ha} \\ \sum A_j = A_{\text{Total}} = 5 \text{ ha} \end{array} \right\} \Rightarrow C = \frac{2,5}{5} = 0,50$$



⑤ Evaluation de l'allongement d'un bassin (M) et du coefficient d'influence m.

Définition de l'allongement:

L'allongement d'un bassin est égal au rapport du plus long Cheminement hydraulique (L) au côté du canal dont la surface est équivalente à celle de ce bassin soit:

$$M = \frac{L}{\sqrt{A}}$$

M sera toujours égale ou supérieure à 0,80 ( $M \geq 0,8$ )

L'allongement M a une influence sur l'évaluation du débit de pointe, si M est différent de 2 ( $M \neq 2$ ), dans ce cas notre débit brut (~~total~~) doit être corrigé par un coefficient d'influence [m] appliqué au coefficient correcteur qu'on peut

Calculer à l'aide des abaques de l'Annexe III et de l'Annexe C (qui donne le paramètre d'expression de la pluviométrie

- Si  $M = 2 \Rightarrow m = 1 \Rightarrow Q_{brut} = Q_{point}$
- Si  $M < 2 \Rightarrow m = \text{coef. majorateur}$
- Si  $M > 2 \Rightarrow m = \text{coef. minorateur}$

exemple d'application des abaques:

Soit un bassin situé dans la Région 2 dont la surface est de 42 ha, son ~~allongement~~ <sup>Changement hydrologique</sup> etant de 3200 m, la période de retour d'insuffisance est de 10 ans.

calculer le coef correcteur  $m = ?$

Sol.

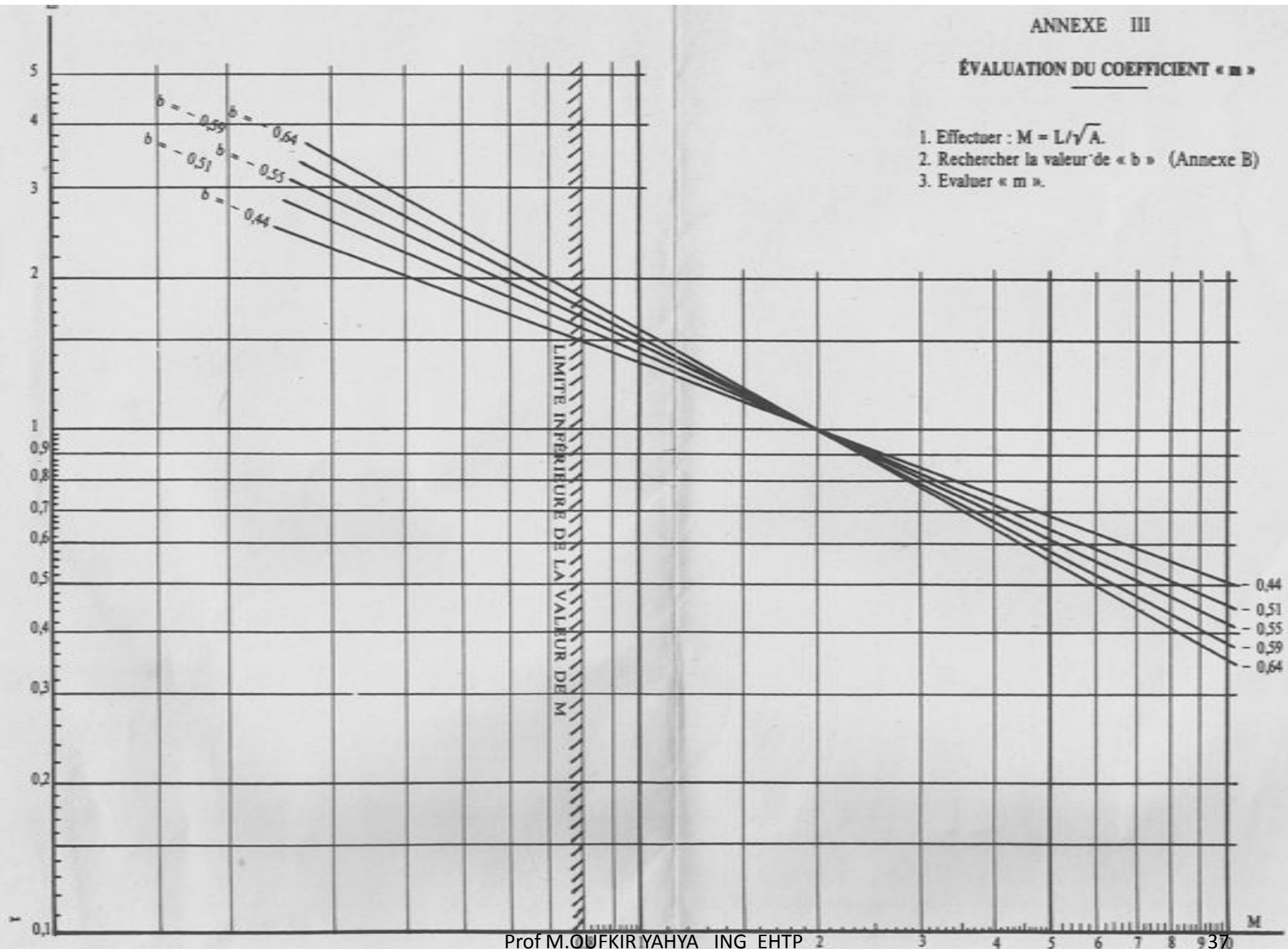
$$M = \frac{3200}{\sqrt{420.000}} = 4,94$$

de l'annexe C on a:  $b(F) = -0,55$  (Pour  $T = 10$  ans)

l'abaque de l'annexe III donne  $m = 0,62$

## ÉVALUATION DU COEFFICIENT « m »

1. Effectuer :  $M = L/\sqrt{A}$ .
2. Rechercher la valeur de « b » (Annexe B)
3. Evaluer « m ».



⑥ Evaluation des paramètres équivalents affectés à un groupement de bassins.

Lorsqu'il s'agit d'un ensemble de bassins en série ou en parallèle, il est nécessaire de rechercher des paramètres équivalents à cet assemblage :

Soient des bassins dont les surfaces  $A_i$ , les longueurs  $L_i$  et les pentes  $I_i$  de collecteurs, les coefficients de ruissellement  $C_i$ , les allongements  $M_i$  et les débits de pointe  $Q_{p_i}$  sont affectés des indices  $1, 2, \dots, n$ , les paramètres équivalents sont déterminés comme suit :

a) BASSINS en Série:

a<sub>1</sub>) Surface eq  $A = A_1 + A_2 + \dots + A_n = \sum_{k=1}^n A_k$

a<sub>2</sub>) Pente eq: La pente moyenne de l'ensemble de collecteurs des bassins est donnée par la formule:

$$I_{eq} = \left[ \frac{\sum L_k}{\sum \frac{L_k}{\sqrt{I_k}}} \right]^2$$

Ce qui revient à considérer l'ensemble des bassins en série comme un bassin unique, pour lequel on calcule la pente moyenne.

a<sub>3</sub>) Coef de ruissellement eq

$$C_{eq} = \frac{\sum C_k A_k}{\sum A_k}$$

a<sub>4</sub>) Allongement:

$$M_{eq} = \frac{\sum L_k}{\sqrt{\sum A_k}}$$

Exemple d'application

Soit trois bassins versants dont les caractéristiques sont les suivantes:

- A (ha) - - - - -	15	- 28	- 20
- L (m) - - - - -	100	- 330	- 240
- C - - - - -	0,4	- 0,6	- 0,8
- I (m/m) - - - - -	0,03	- 0,05	- 0,04

Calculer  $I_{eq}$ ,  $C_{eq}$  et  $M_{eq}$ ?

•  $I_{eq} =$

$$I_{eq} = \left[ \frac{100 + 330 + 240}{\frac{100}{\sqrt{0,03}} + \frac{330}{\sqrt{0,05}} + \frac{240}{\sqrt{0,04}}} \right]^{2/3} = 0,042$$

$$C_{eq} = \frac{(0,4 \times 15) + (0,6 \times 28) + (0,8 \times 20)}{63} = 0,62 \quad \text{et} \quad M_{eq} = \frac{100 + 330 + 240}{\sqrt{630000}} = 9,84$$



### b) Bassins en Parallèles:

b<sub>1</sub>) Surface:  $A = \sum A_k$

b<sub>2</sub>) Pente:  $I_{eq} = \frac{I_1 Q_1 + I_2 Q_2 + \dots + I_n Q_n}{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}$

$I_{eq} = \frac{\sum I_k Q_k}{\sum Q_k}$

$Q_k$  représente le débit corrigé

~~Ex. d'application~~ Ex. d'app.

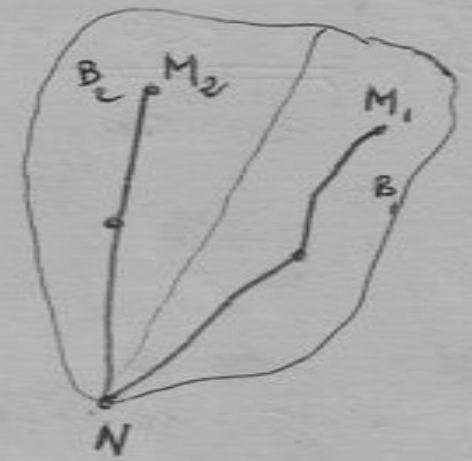
Soit un nœud N où convergent les tronçons suivants (chacun de caractéristiques homogènes):

- Tronçon NM<sub>1</sub>:  $I_1 = 0,0152, Q_{P_1} = 0,750 \text{ m}^3/\text{s}$
- Tronçon NM<sub>2</sub>:  $I_2 = 0,040, Q_{P_2} = 1,425 \text{ m}^3/\text{s}$

donc

$I_{eq} = \frac{(0,0152 \times 0,750) + (0,040 \times 1,425)}{0,750 + 1,425}$

$I_{eq} = 0,03145$



b<sub>3</sub>) Allongement : Lorsqu'il s'agit d'assemblage en parallèle,  $M_{eq}$  est le rapport de la longueur du plus long cheminement par lequel circule le plus fort débit sur le côté du cône d'une aise équivalente à la surface de l'assemblage.

$$M_{eq} = \frac{L (\dot{Q}_{max})}{\sqrt{\sum A_k}}$$

→ débit corrigé

Soient deux bassins versants dont les caractéristiques sont les suivantes :

	$B_1$	$B_2$
A (ha)	10	6
L (m)	500	230
C	0,5	0,7
I (m/m)	0,04	0,03

Région I et la Période de retour est 10 ans. Calculer  $M_{eq}$  ?

Solution: on sait que  $M_{eq} = \frac{L(\Phi_{max})}{\sqrt{\sum A_k}}$

calculons  $\Phi_1$  et  $\Phi_2 \Rightarrow$  peut donner  $L(\Phi_{max})$

on est dans la région I et  $T = 10$  ans  $\Rightarrow \Phi = 1,430 I^{0,29} C^{1,20} A^{0,78}$

$$\left\{ \begin{aligned} \Phi_1 &= 1,430 (0,04)^{0,29} \cdot (0,5)^{1,20} \cdot (10)^{0,78} = 1,5 \text{ m}^3/\text{s} \\ \Phi_2 &= 1,430 (0,03)^{0,29} \cdot (0,7)^{1,20} \cdot (6)^{0,78} = 1,3 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned} \right.$$

ensuite on calcul les allongements respectives de chaque Bassin :

$$M_1 = \frac{500}{\sqrt{10.0000}} = 1,58$$

$$M_2 = \frac{230}{\sqrt{60.000}} = 0,94$$

Connaissant que le paramètre pluviométrique  $b(F) = -0,59$  donné par l'Annexe C. et l'abaque de l'Annexe III permet de donner  $m_1 = 1,18$  et  $m_2 = 1,65$

$$\text{d'où : } \begin{cases} Q_{\text{congé}1} = 1,5 \times 1,18 = 1,77 \text{ m}^3/\text{s} \\ Q_{\text{congé}2} = 1,3 \times 1,65 = 2,15 \text{ m}^3/\text{s} \end{cases}$$

donc  $L(Q_{\text{Emax}})$  correspond à  $L_2 = 230 \text{ m}$

$$\Rightarrow M_{\text{eq}} = \frac{230}{\sqrt{160.000}} = 0,575$$

Tableau récapitulatif

Paramètres équivalents	$A_{\text{eq}}$	$C_{\text{eq}}$	$I_{\text{eq}}$	$M_{\text{eq}}$
Bassins en Série	$\sum A_k$	$\frac{\sum C_k A_k}{\sum A_k}$	$\left[ \frac{\sum L_k}{\sum \left( \frac{L_k}{\sqrt{I_k}} \right)} \right]^2$	$\frac{\sum L_k}{\sqrt{\sum A_k}}$
Bassins en parallèle	$\sum A_k$	$\frac{\sum C_k A_k}{\sum A_k}$	$\frac{\sum I_k Q_k}{\sum Q_k}$	$\frac{L(Q_{\text{Emax}})}{\sqrt{\sum A_k}}$