

FORMULAIRE ASSAINISSEMENT URBAIN

1- CALCUL DES SECTIONS D'OUVRAGES

1.1 - FORMULE DE CHEZY (écoulement uniforme)

Dans l'instruction technique de 1977, les ouvrages sont calculés suivant une formule d'écoulement résultant de celle de CHEZY

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

V = Vitesse d'écoulement en m/s

R = Rayon hydraulique S/P en m

S = Section mouillée en m^2

P = Périmètre mouillé en m

I = Pente de l'ouvrage en m.p.m

C = Coefficient pour lequel on adopte celui donné par la formule de BAZIN

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

γ = Coefficient d'écoulement qui varie suivant les matériaux utilisés et la nature des eaux transportées

1.2.1 Réseaux Eaux Usées

Le coefficient de Bazin γ est pris égal à 0,25 et le coefficient C peut donc être représenté approximativement par l'expression :

$$C = 70 \times R^{1/6}$$

On obtient donc la vitesse d'écoulement V :

$$V = 70 \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

et le débit capable de l'ouvrage Q :

$$Q = V \cdot S = 70 \times R^{2/3} \times I^{1/2} \times S$$

Q = Débit en m^3/s

V = Vitesse de l'eau en m/s

S = Section mouillée en m^2

R = Rayon hydraulique S_m/P_m en m

I = Pente longitudinale en m/m

1.2.2 Réseaux Eaux Pluviales

Le coefficient de Bazin γ est pris égal à 0,46 et le coefficient C peut donc être représenté approximativement par l'expression :

$$C = 70 \times R^{1/4}$$

On obtient donc la vitesse d'écoulement V :

$$V = 60 \times R^{3/4} \times I^{1/2}$$

et le débit capable de l'ouvrage Q :

$$Q = V \cdot S = 60 \times R^{3/4} \times I^{1/2} \times S$$

Q = Débit en m³/s

V = Vitesse de l'eau en m/s

S = Section mouillée en m²

R = Rayon hydraulique S/P en m

I = Pente longitudinale en m/m

1.2 - FORMULE DE MANNING-STRICKLER (écoulement uniforme)

$$V = K \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$Q = V \cdot S_m = K \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot S_m$$

V = Vitesse de l'eau en m/s

K = Coefficient de MANNING-STRICKLER

R_h = Rayon hydraulique S_m/P_m en m

S_m = Section mouillée en m²

P_m = Périmètre mouillé en m

I = Pente longitudinale en m/m

Q = Débit en m³/s

1.3 - ABAQUES DE L'INSTRUCTION TECHNIQUE DE 1977

Elles représentent la relation de Chézy complétée par la formule de Bazin (écoulement uniforme) avec :

$\gamma = 0,25$ pour les eaux usées \Rightarrow **abaque Ab3**

$\gamma = 0,46$ pour les eaux pluviales ou en unitaire \Rightarrow **abaque Ab4**

Ces abaques sont construits pour le débit à pleine section avec :

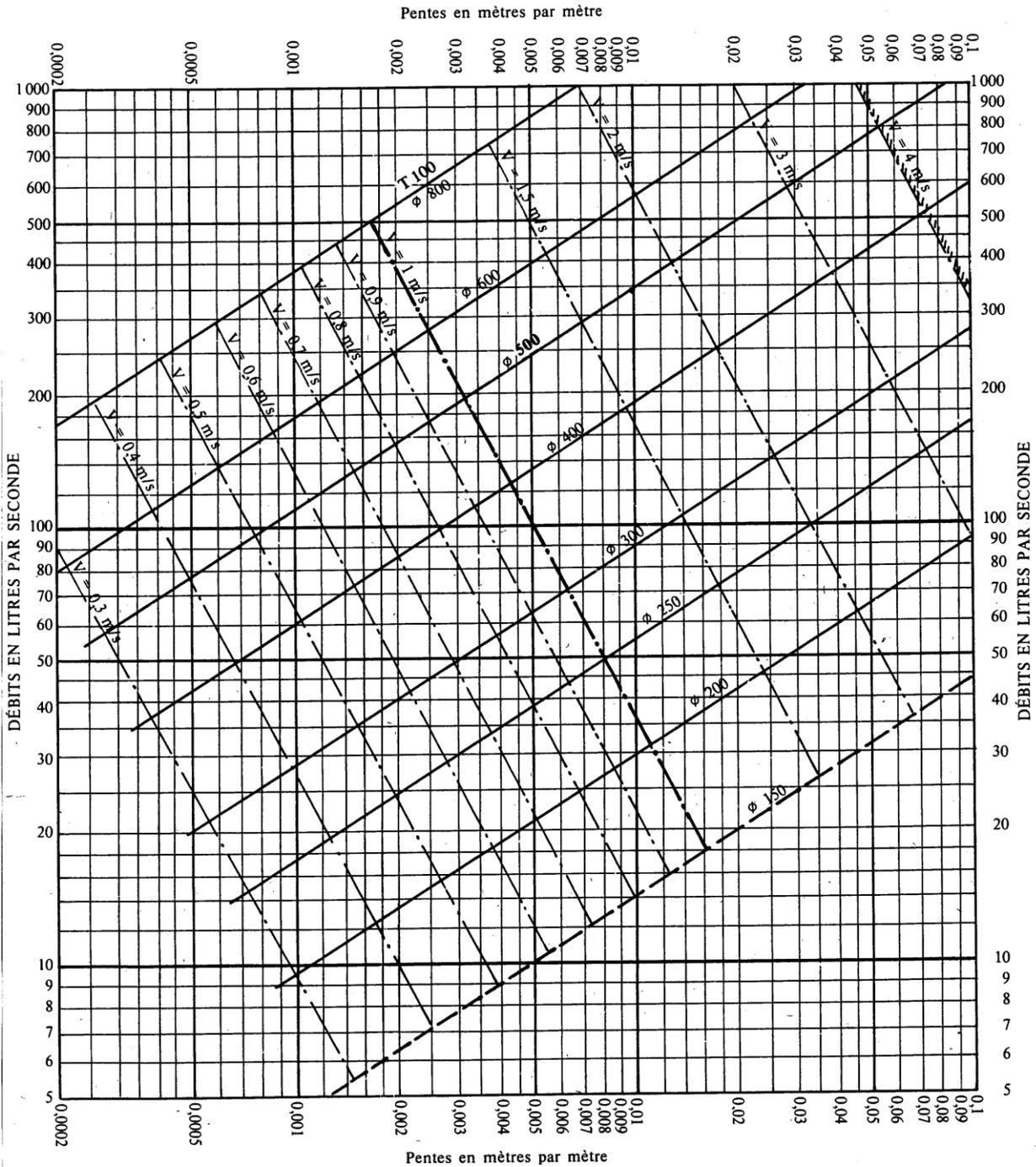
$$R_h = \frac{\pi \times D^2}{\pi \times D} = \frac{D}{4}$$

Pour l'évaluation des caractéristiques capacitaires des conduites ou pour apprécier les possibilités d'auto-curage, des nomogrammes sont fournis :

Ouvrages circulaires \Rightarrow **abaque Ab5a**

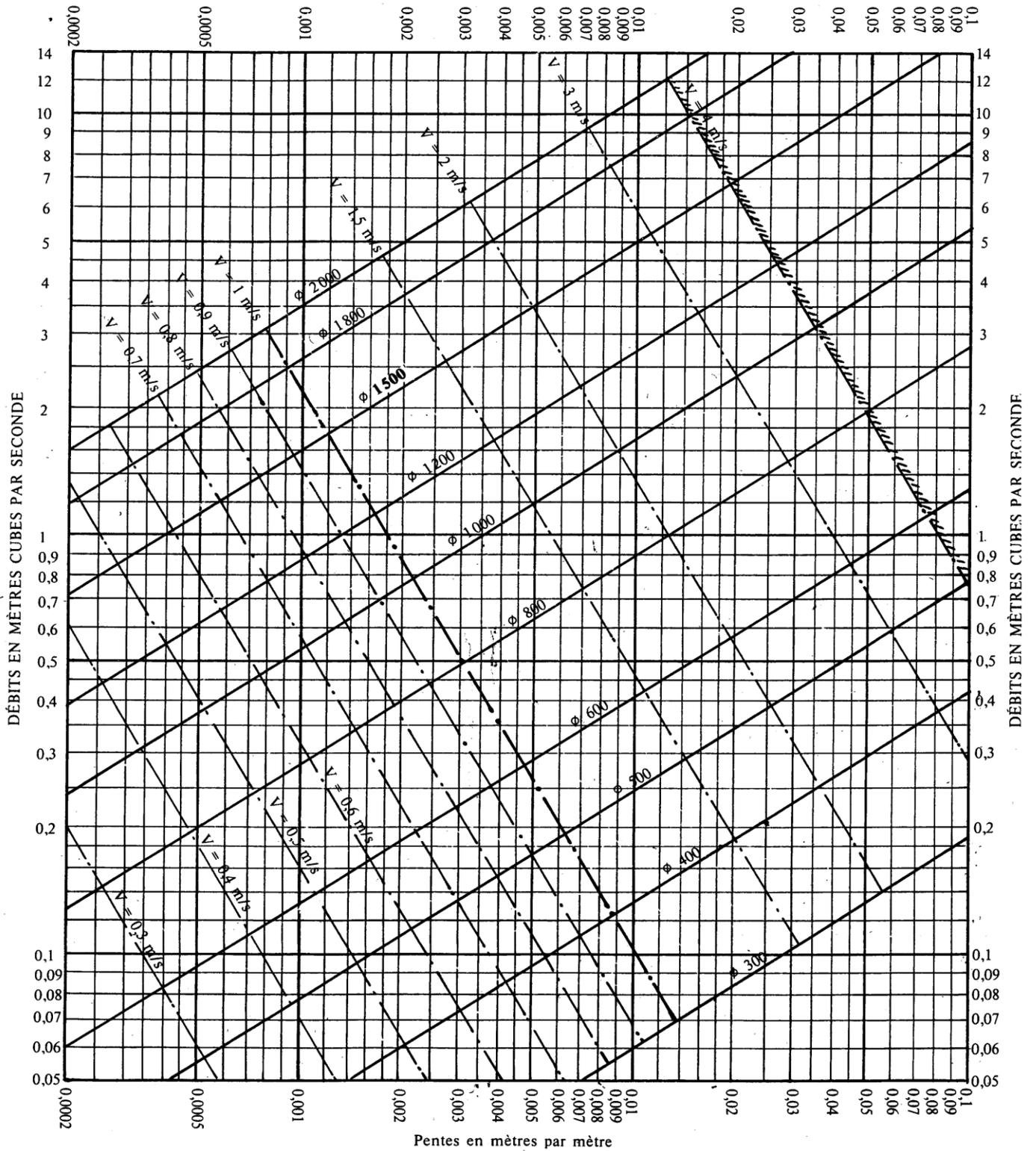
Ouvrages ovoïdes normalisés \Rightarrow **abaque Ab5b**

RÉSEAUX D'EAUX USÉES EN SYSTÈME SÉPARATIF



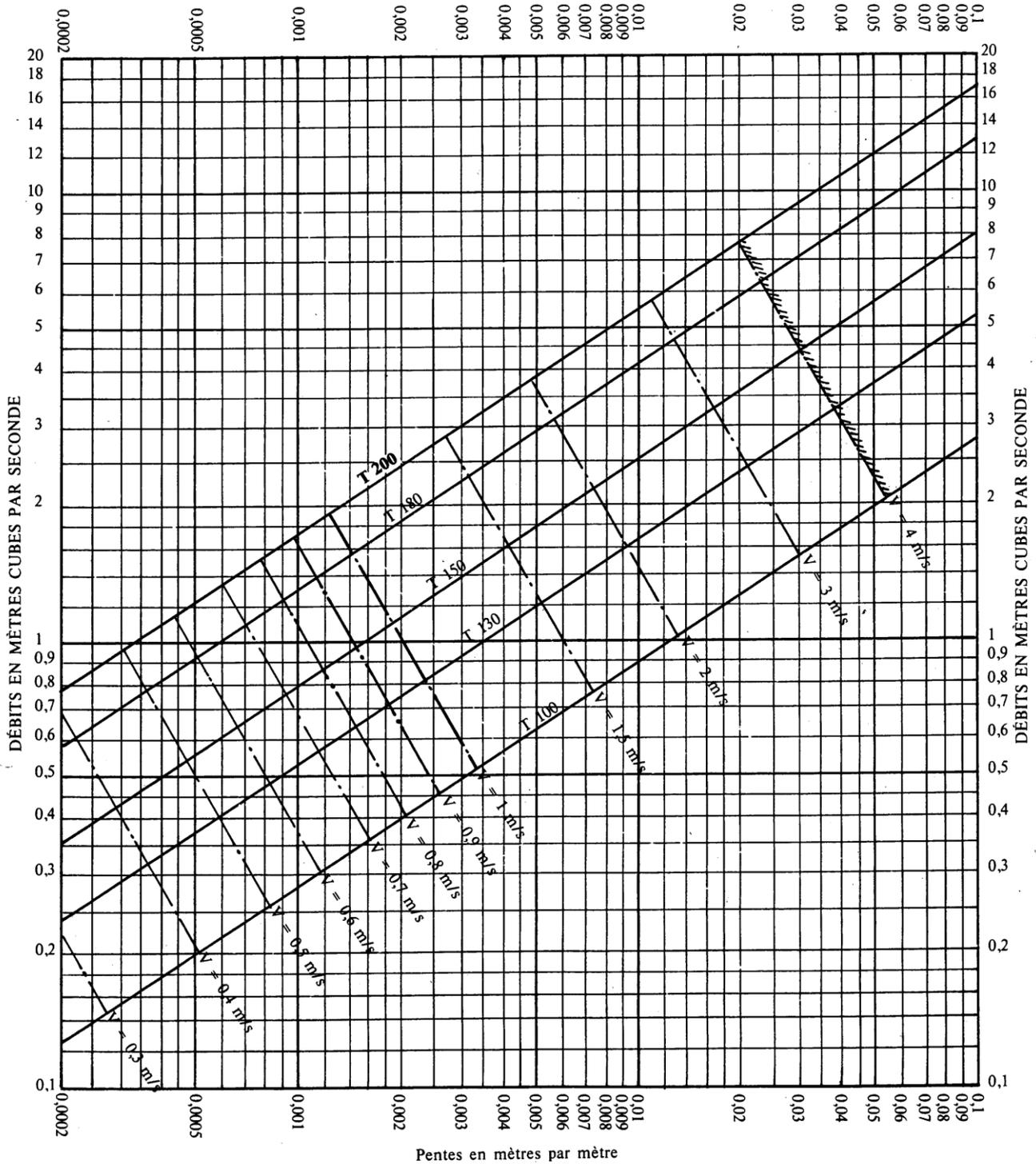
Nota. - La valeur du coefficient de Bazin a été prise égale à 0,25. Lorsque la pose des canalisations aura été particulièrement soignée, et surtout si le réseau est bien entretenu, les débits pourront être majorés de 20 % ($\gamma = 0,16$). A débit égal, les pentes pourront être réduites d'un tiers.

RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF
(Canalisations circulaires)



Nota. - La valeur du coefficient de Bazin a été prise égale à 0,46. Lorsque la pose des canalisations aura été particulièrement soignée, et surtout si le réseau est bien entretenu, les débits pourront être majorés de 20 % ($V = 0,30$). A débit égal, les pentes pourront être réduites d'un tiers.

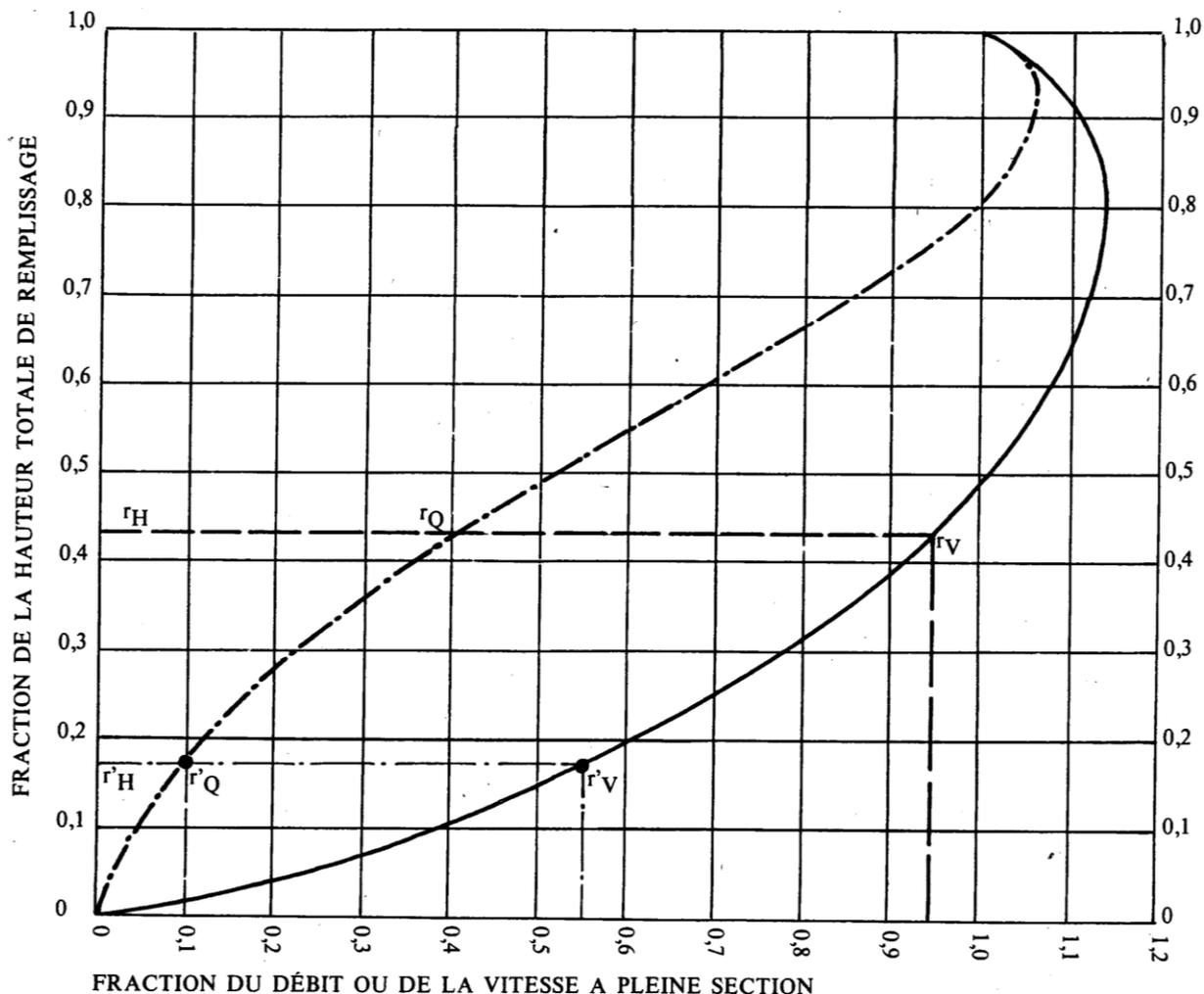
RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF
(Canalisations ovoïdes)



Nota. - La valeur du coefficient de Bazin à été prise égale à 0,46. Lorsque la pose des canalisations aura été particulièrement soignée, et surtout si le réseau est bien entretenu, les débits pourront être majorés de 20 % ($\gamma = 0,30$). A débit égal, les pentes pourront être réduites d'un tiers.

VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES EN FONCTION DU REMPLISSAGE

a) Ouvrages circulaires



MODE D'EMPLOI.

Les abaques Ab. 3 et Ab. 4 (a et b) utilisés pour le choix des sections d'ouvrages, compte tenu de la pente et du débit, permettent d'évaluer la vitesse d'écoulement à pleine section.

Pour l'évaluation des caractéristiques capacitives des conduites, ou pour apprécier les possibilités d'autocurage, le nomogramme ci-dessus permet de connaître la vitesse atteinte en régime uniforme pour un débit inférieur à celui déterminé à pleine section.

Les correspondances s'établissent, soit en fonction de la fraction du débit à pleine section, soit en fonction de la hauteur de remplissage de l'ouvrage.

Exemples :

Pour $r_Q = 0,40$, on obtient $r_V = 0,95$ et $r_H = 0,43$.

Pour $Q_{ps}/10$, on obtient $r'_V = 0,55$ et $r'_H = 0,17$ (autocurage).

Nota. — Pour un débit égal au débit à pleine section, la valeur du rapport $r_Q = 1,00$ est obtenue avec $r_H = 0,80$.

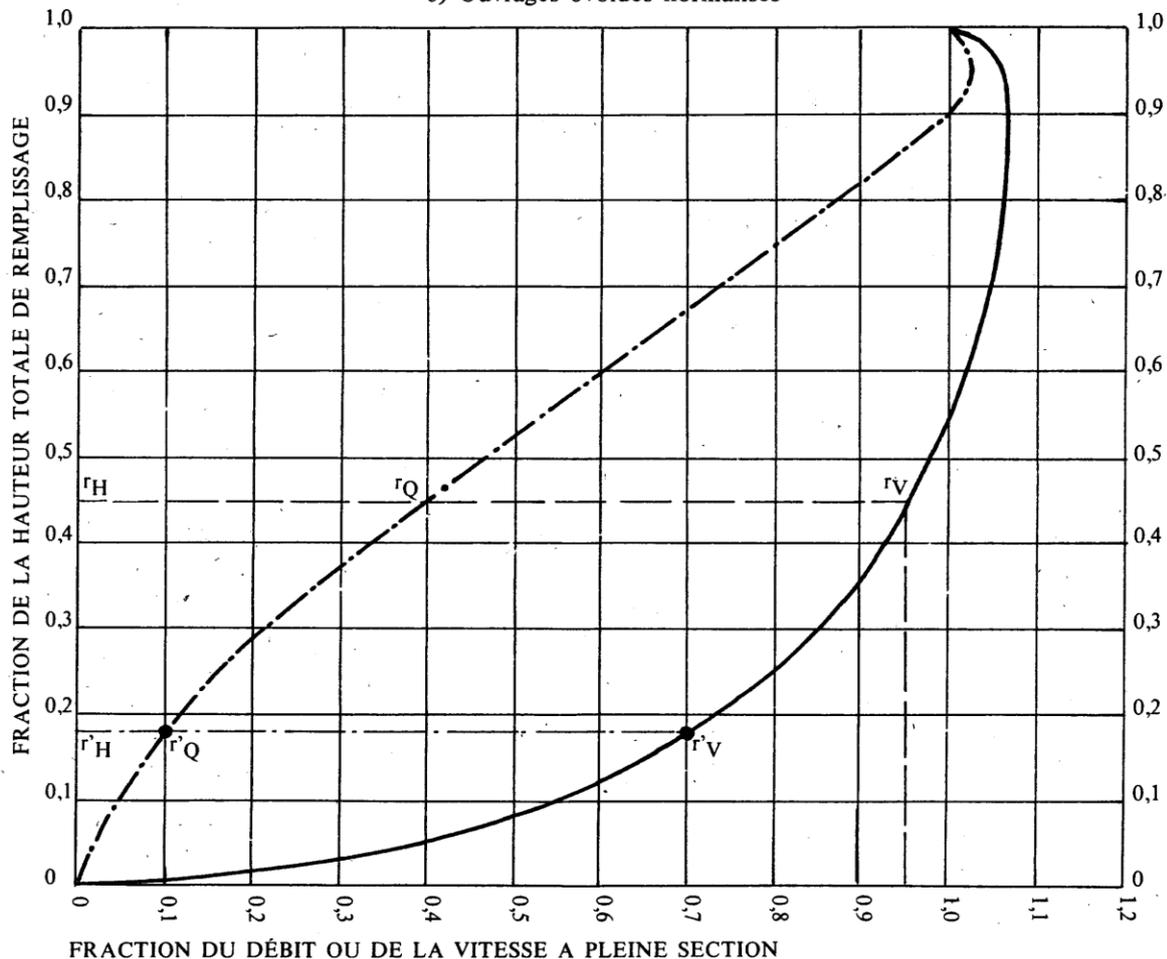
Le débit maximum ($r_Q = 1,07$) est obtenu avec $r_H = 0,95$.

La vitesse maximum ($r_V = 1,14$) est obtenue avec $r_H = 0,80$.

Ces dernières conditions d'écoulement à caractère assez théorique ne peuvent être obtenues que dans des conditions très particulières d'expérimentation.

VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES EN FONCTION DU REMPLISSAGE

b) Ouvrages ovoïdes normalisés



MODE D'EMPLOI.

Les abaques Ab. 3 et Ab. 4 (a et b) utilisés pour le choix des sections d'ouvrages, compte tenu de la pente et du débit, permettent d'évaluer la vitesse d'écoulement à pleine section.

Pour l'évaluation des caractéristiques capacitaires des conduites, ou pour apprécier les possibilités d'autocurage, le nomogramme ci-dessus permet de connaître la vitesse atteinte en régime uniforme pour un débit inférieur à celui déterminé à pleine section.

Les correspondances s'établissent, soit en fonction de la fraction du débit à pleine section, soit en fonction de la hauteur de remplissage de l'ouvrage.

Exemples :

Pour $r_Q = 0,40$, on obtient $r_V = 0,95$ et $r_H = 0,45$.

Pour $Q_{PS}/10$, on obtient $r'_V = 0,70$ et $r'_H = 0,18$ (autocurage).

Nota. - Pour un débit égal au débit à pleine section, la valeur du rapport $r_Q = 1,00$ est obtenue avec $r_H = 0,90$.

Le débit maximum ($r_Q = 1,03$) est obtenu avec $r_H = 0,95$.

La vitesse maximum ($r_V = 1,07$) est obtenue avec $r_H = 0,90$.

Ces dernières conditions d'écoulement à caractère assez théorique ne peuvent être obtenues que dans des conditions très particulières d'expérimentation.

2 - CALCUL DES RESEAUX D'EAUX USEES

La consommation journalière de l'année se situe dans la fourchette de 100 à 250 l/j/hab (Ceau).

Si des zones comportent des établissements ayant des activités particulières (hôpital, cantine, école, caserne, etc...), le projeteur pourra se référer au tableau ci-après où figurent des valeurs moyennes de consommation journalière et des coefficients de pointe d'établissements courants:

| ACTIVITES | CONSOMMATION JOURNALIERE | COEFFICIENT DE POINTE |
|---------------------|--------------------------|-----------------------|
| Cantines | 10 l. par rationnaire | 10 |
| Internat | 150 l. par élève | 6 |
| Ecoles | 60 l. par élève | 6 |
| Ateliers et bureaux | 60 l. par personne | 4 |
| Casernes | 90 l. par soldat | 3 |
| Hôpitaux | 400 l. par lit | 3 |
| Hôtels | 500 l. par chambre | 4 |
| Gymnase | 20 l. par usager | 2 |
| Centres commerciaux | 5 l. par m ² | 2,5 |

2.1 – DETERMINATION DU DEBIT MOYEN (Qm)

$$Q_m = \frac{Ceau \times Nhab}{86400}$$

Qm = Débit moyen en l/s

Ceau = Consommation journalière en l/j/hab

Nhab = Nombre d'habitant

2.2 – DETERMINATION DU COEFFICIENT DE POINTE (p)

$$p = a + \frac{b}{\sqrt{Q_m}}$$

Qm : Débit moyen journalier des eaux usées en l/s

a : Paramètre qui exprime la limite inférieure (par défaut 1,5)

b : Paramètre qui exprime la valeur de croissance (par défaut 2,5)

d'où :

$$1,5 \leq p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_m}} \leq 4$$

2.3 – DETERMINATION DU DEBIT DE POINTE (Qp)

$$Q_p = Q_m \times p$$

Qp = Débit de pointe en l/s

Qm : Débit moyen journalier des eaux usées en l/s

p = Coefficient de pointe

2.3 – DETERMINATION DU DEBIT D'EAUX CLAIRES PARASITES (Qecp)

Les eaux claires parasites correspondent aux erreurs de branchement ou au drainage de la nappe (canalisations non étanches).

$$Q_{ecp} = Q_m \times \frac{T_{dilu}}{100}$$

Qecp = Débit des eaux claires parasites en l/s

Qm = Débit moyen des eaux usées en l/s

Tdilu = Taux de dilution en %

2.4 – DETERMINATION DU DEBIT DE TEMPS SEC (Qts)

$$Q_{ts} = Q_p \times Q_{ecp}$$

Qts = Débit de temps sec en l/s

Qp = Débit de pointe des eaux usées domestiques en l/s

Qecp = Débit des eaux claires parasites en l/s

3 - DONNEES PLUVIOMETRIQUES

3.1 – FORMULE DE MONTANA

$$i = a \times t^{-b} \quad \text{et} \quad h = a \times t^{(1-b)}$$

i = Intensité de pluie en mm/min

h = Quantité ou hauteur de pluie en mm

t = Durée de l'épisode pluvieux en minute

a et **b** sont les paramètres pluviométriques de la région considérée (coefficient de Montana) en fonction d'un intervalle de durée de pluie et du période de retour donnée.

3.2 – POINT D'INTERSECTION DES COURBES INTENSITE-DUREE-FREQUENCE

Pour être plus précis, le temps limite **t** (en minute) issu de l'intersection des courbes $i = a_1 \times t^{-b_1}$ et $i = a_2 \times t^{-b_2}$ a pour expression :

$$t = \exp\left(\frac{\ln a_2 - \ln a_1}{b_2 - b_1}\right) = \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^{\frac{1}{b_2 - b_1}} = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^{\frac{1}{b_1 - b_2}}$$

Il faut donc prendre les paramètres **a1** et **b1** si le temps de concentration du bassin versant considéré est inférieur au temps limite **t**, sinon il faut prendre les paramètres **a2** et **b2**.

4 - CALCUL DES RESEAUX D'EAUX PLUVIALES PAR LA METHODE SUPERFICIELLE DE CAQUOT

4.1 – FORMULE GENERALE

$$Q_P = \left(\frac{a \cdot \mu^b}{6(\beta + \delta)} \right)^{\frac{1}{1-b \cdot f}} \cdot I^{\frac{b \cdot c}{1-b \cdot f}} \cdot C^{\frac{1}{1-b \cdot f}} \cdot A^{\frac{b \cdot d + 1 - \varepsilon}{1-b \cdot f}}$$

Q_P = Débit de pointe en m³/s

I = Pente moyenne du cheminement hydraulique en m/m

C = Coefficient de ruissellement > 0,20

A = Superficie du bassin versant recueillie en ha

$\mu = 0,5$ $\beta + \delta = 1,1$ $\varepsilon = 0,05$ $c = -0,41$ $d = 0,507$ $f = -0,287$

a et b = Coefficients de Montana de la formule de Montana : $i = a \times t^{-b}$

i = Intensité de la pluie en mm/minute

t = temps en minutes (compris entre 5 et 120 minutes)

4.2 – BASSIN ELEMENTAIRE

4.2.1 Évaluation de la pente pondérée

Si les différents tronçons ont respectivement une pente i_k et une longueur L_k , la pente pondérée sera :

$$I = \left(\frac{\sum L_k}{\sum \frac{L_k}{\sqrt{i_k}}} \right)^2$$

I = Pente pondérée en m.p.m

L_k = Longueur élémentaire en m

i_k = Pente élémentaire en m.p.m

4.2.2 Coefficient de ruissellement

$$C = \frac{A'}{A}$$

A = Surface totale du bassin versant élémentaire

A' = Surface imperméabilisée

4.2.3 Allongement du bassin (M)

$$M = \frac{L}{\sqrt{A}} \geq 0.8$$

L : Longueur du plus long cheminement hydraulique en hectomètre

A : aire équivalente en hectare

M : facteur de forme du bassin

4.2.4 Coefficient d'allongement du bassin (m)

$$m = \left(\frac{M}{2} \right)^{\frac{0,84 \times b(F)}{1 + 0,287 \times b(F)}} \quad \text{ou} \quad m = \left(\frac{M}{2} \right)^{0,7 \times b(F)}$$

m : coefficient d'allongement

b(F) : coefficient de Montana de la région d'étude selon une période de retour

M : facteur de forme du bassin

4.25 Débit corrigé du bassin (Qc)

$$Q_c = m \times Q_p$$

m : coefficient d'allongement

Qp : Débit de pointe en m³/s

Qc : Débit corrigé en m³/s

4.3 – TEMPS DE CONCENTRATION (Tc)

$$T_c = \mu \times I^c \times A^d \times Q_p^f$$

Tc = Temps de concentration en minute

I = Pente selon le parcours de l'eau en mètre par mètre

A = Surface du bassin en hectare

Qp = Débit de pointe en m³/s

c = - 0,41

d = 0,507

f = - 0,287

μ = 0,28 x M^{0,84}

4.4 – ASSEMBLAGE DES BASSINS ELEMENTAIRES

| Paramètres équivalents | Aeq | Ceq | leq | Meq |
|------------------------|------------|---------------------------------|---|---|
| Bassins en série | $\sum A_j$ | $\frac{\sum C_j A_j}{\sum A_j}$ | $\left(\frac{\sum L_j}{\sum \frac{L_j}{\sqrt{I_j}}} \right)^2$ | $\frac{\sum L_j}{\sqrt{\sum A_j}}$ |
| Bassins en parallèle | $\sum A_j$ | $\frac{\sum C_j A_j}{\sum A_j}$ | $\frac{\sum I_j \cdot Q_{pj}}{\sum Q_{pj}}$ | $\frac{L(T_c \text{Max})}{\sqrt{\sum A_j}}$ |

A_j = Surface des bassins élémentaires en m²

C_j = Coefficient de ruissellement élémentaires des bassins élémentaires

L_j = Cheminement hydrauliques des bassins élémentaires en mètre

I_j = Pente des bassins élémentaires en mètre par mètre

Q_{pj} = Débit de pointe des bassins élémentaires en m³/s

L(T_cMax) = Cheminement hydraulique selon le bassin élémentaire ayant le temps de concentration le plus élevé

5 - BASSINS DE RETENUE

Méthode utilisée : METHODE DES PLUIES

5.1 – DETERMINATION DE LA SURFACE ACTIVE (Sa)

$$S_a = C_a \times S$$

S = Surface du bassin versant considéré en m²

Sa = Surface active en m²

Ca = Coefficient d'apport

5.2 – DETERMINATION DU TEMPS DE REMPLISSAGE D'UN BASSIN (t)

$$t = \left(\frac{60000 \times Q_f}{S_a \times a \times (1 - b)} \right)^{\frac{-1}{b}}$$

t = Temps de remplissage du bassin en minutes

Qf = Débit de fuite en m³/s

Sa = Surface active recueillie en m²

a et **b** = Paramètres de Montana tels que $i = a \times t^b$ avec i en mm/min et t en min

5.3 – VOLUME DE STOCKAGE DU BASSIN (V)

$$V = S_a \times \frac{a \times t^{1-b}}{1000} - 60 \times Q_f \times t$$

t = Temps de remplissage en minutes

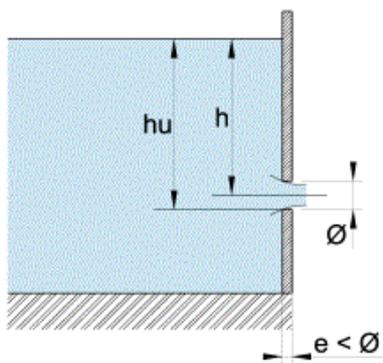
Qf = Débit de fuite en m³/s

Sa = Surface active recueillie en m²

V = Volume de stockage en m³

a et **b** = Paramètres de Montana tels que $i = a \times t^b$ avec i en mm/min et t en min

5.4 – DIMENSIONNEMENT D'UN ORIFICE CALIBRE



$$Q_f = \mu \times S \times \sqrt{2gh}$$

Qf = Débit de fuite en m³/s

μ = Coefficient de contraction égal à 0,5 (GTPOR) à 0,8

S = Surface de l'orifice en m²

h = Hauteur de charge en m

g = Accélération de la pesanteur soit 9,81 m/s²

5.5 – MAJORATION DU VOLUME DE STOCKAGE EN CAS DE DEBIT DE FUITE NON CONSTANT

$$\Omega = \left(\frac{1}{1 + \alpha} \right)^{\frac{b-1}{b}}$$

b : coefficient de Montana de la région d'étude selon une période de retour ($b > 0$)

α : coefficient caractéristique de l'ouvrage de régulation, $\alpha = 0,5$ pour un orifice calibré.