

Définition :

L'assainissement est l'ensemble des méthodes, ouvrages, et outils qui servent à l'évacuation totale et immédiate des rejets ménagers, industriels, ainsi que les eaux pluviales avec ou sans traitement vers le milieu récepteur.

But de l'assainissement :

Dans le domaine d'assainissement urbain les buts communément recherchés résident dans :

- La santé publique
- La protection du réseau : aptitude de l'eau à ne pas perturber le réseau (corrosion, agressivité, entartrage) ou à ne pas trop évoluer dans le réseau.
- La protection du milieu naturel.
- La caractérisation de la pollution.

I. Effluents des agglomérations

Le système de canalisation, quel que soit sa nature, projeté au niveau d'une zone rurale, urbaine, industrielle, en assainissement, permet d'évacuer :

I.1. Les eaux pluviales : en quantité importante, qui englobent toutes les eaux de ruissèlement. Le calcul de base pour le dimensionnement d'un réseau pluvial, est la pluie (la plus forte) susceptible de survenir dans une période de 10 ans (débit décennal). Lors d'une chute de pluie, seule la fraction d'eau ruisselant, intéresse le dimensionnement d'un ouvrage déterminé, appelé à évacuer dans des conditions suffisantes le débit d'eau de cette fraction d'un bassin considéré.

I.2. Eaux usées domestiques : provenant des habitations Les eaux de ménage trouvent leur origine dans les centres d'agglomération. Les eaux doivent être collectées d'une façon adéquate du milieu naturel et évacuées à travers le réseau.

Parmi ces eaux on distingue :

- Les eaux vannes (W.C) ;
- Les eaux de vaisselle, de lavage, de bain et douche ;
- Les eaux usées des cours.

I.3. Les eaux usées industrielles : Ces eaux proviennent de diverses usines de fabrication (brasseries, tanneries, ...etc.). Elles contiennent des substances chimiques, souvent toxiques suivant leurs origines, elles peuvent contenir aussi des substances acides, alcalines, corrosives ou entartrantes à température élevée souvent odorantes et colorées. Les quantités d'eau à évacuer dépendent de :

- La nature de l'industrie ;
- Du procédé de fabrication ;
- Du taux de recyclage réalisé.

Vu la composition de ces eaux rejetées, il est nécessaire de faire un prétraitement en usine car il faut éviter d'accueillir dans le réseau des eaux de nature nocive.

II. Systèmes d'un réseau d'assainissement :

L'évacuation des eaux usées domestiques, industrielles et pluviales peut se faire au moyen de deux systèmes principaux :

- Le système unitaire
- Le système séparatif.
- On peut considérer également le système pseudo-séparatif.

II. 1. Système unitaire (Fig.1)

Ce système prévoit l'évacuation en commun dans une même conduite des eaux d'égout ménagères, industrielles et les eaux de pluie. Il nécessite des ouvrages et des stations d'épuration relativement importantes afin de pouvoir absorber les pointes de ruissellement.

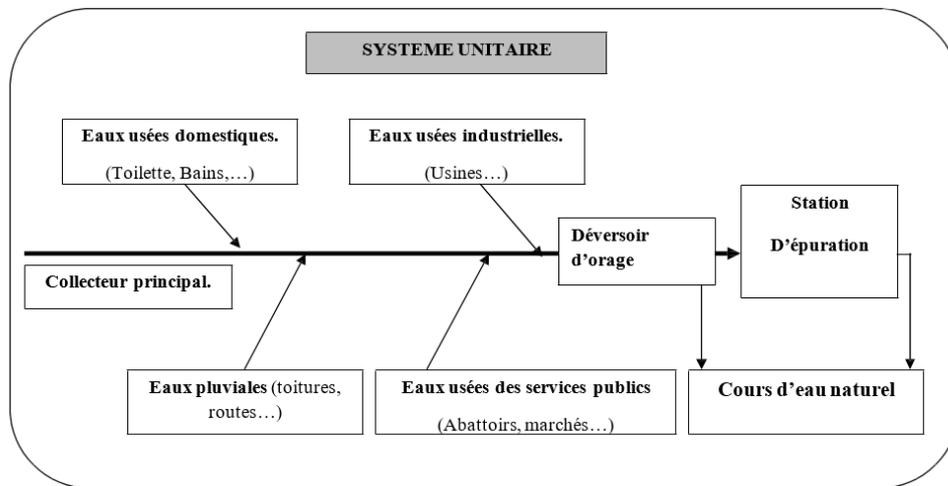


Fig.1. Le système unitaire

II. 2. Système séparatif (Fig.2)

Ce système prévoit l'évacuation des eaux usées ménagères et industrielles dans une seule conduite, les eaux pluviales dans une autre. Ces deux canalisations ont fréquemment des tracés différents à l'exception de certains tronçons.

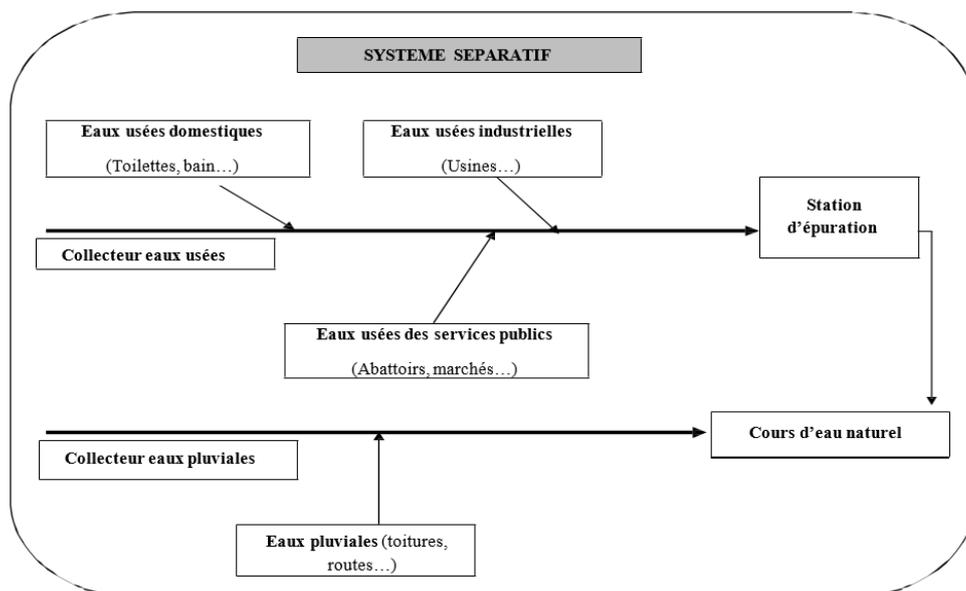


Fig.2. Le système séparatif

II. 3. Système pseudo-séparatif (Fig.3)

Ce système est conçu de telle manière à recevoir les eaux usées et une fraction des eaux de ruissellement. L'autre fraction des eaux de ruissellement sera transitée par les canaux et quelques tronçons d'ouvrages pluviaux. Il repose sur une collecte en commun des eaux des toitures et des espaces privés avec celles des eaux usées.

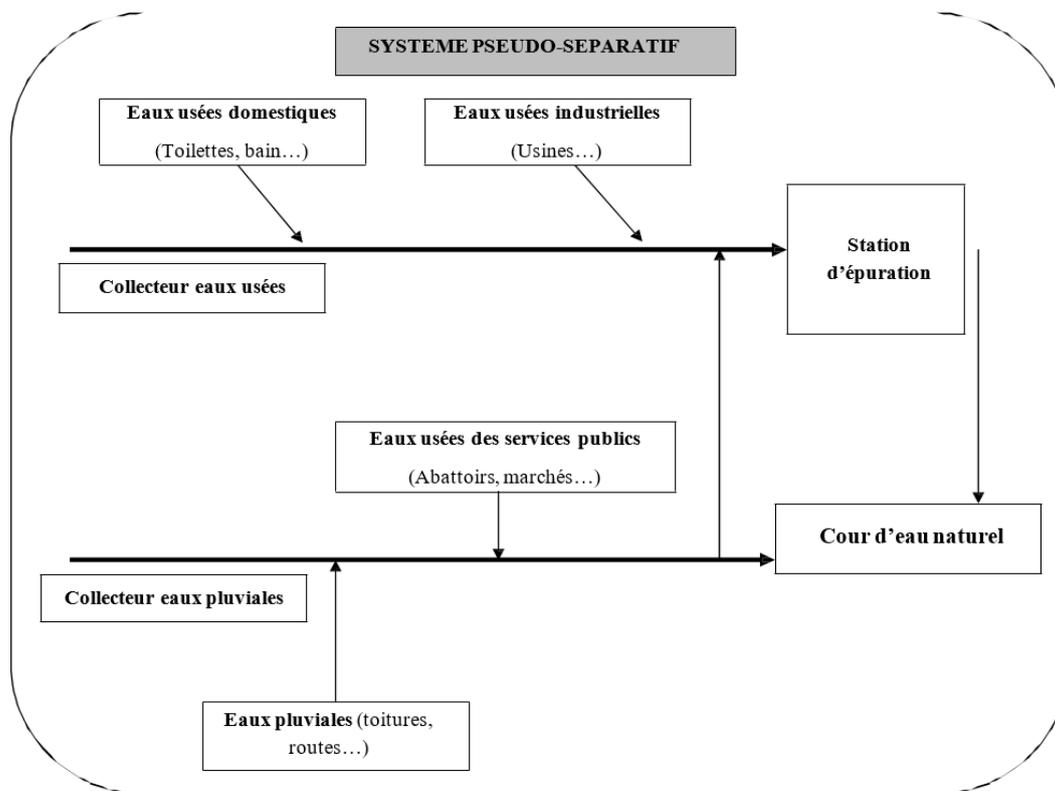


Fig.3. Le système pseudo-séparatif

Principe du tracé des collecteurs

1. Les collecteurs doivent être placés dans les rues prévues par le plan d'urbanisation.
2. Les contre-inclinaisons sont à éviter, dans la mesure du possible.
3. Les égouts collecteurs principaux et secondaires doivent être placés dans les grandes rues larges ; aussi rectilignes que possible. Les rues à circulation peu intense sont à préférer.
4. Lors du choix de la profondeur à laquelle se fait la pose de canalisation d'eaux usées, on doit tenir compte :
 - Des profondeurs des caves avoisinantes, si les eaux sont normalement profondes, les maisons doivent être reliées à l'aide des pompes aux collecteurs. En général, les épaisseurs des terres au-dessus des canalisations ne doivent pas dépasser 2 à 2,5m ; sauf cas particulier.
 - La résistance au gel des canalisations : l'épaisseur de terre nécessaire et minimale pour empêcher la congélation du contenu des canalisations dépend du climat local (1,2 à 1,6m).

- Dans le cas où la nappe est proche de la surface du sol, le tracé choisi doit les éviter dans toute la mesure du possible pour limiter le problème de pose de canalisation ; sinon il faut analyser les eaux afin de choisir le matériau de la canalisation. Veuillez à l'étanchéité des canalisations et des joints afin d'éviter de drainer la nappe.

III. Éléments des réseaux d'égout

III.1. Conduites circulaires ou ovoïdes

- Les tuyaux métalliques ;
- Les tuyaux en amiante ciment ;
- Les tuyaux en béton armé et non armé ;
- Les tuyaux en grés ;
- Les tuyaux en polyéthylène haute densité (PEHD) ;
- Les tuyaux en polychlorure de vinyle non plastifié (PVC).
- Autres.

III.2. Les branchements (Fig.4)

Ce sont des conduites de diamètres inférieurs aux diamètres de la canalisation publique (environ 7/10), reliant le réseau vertical d'eau usée et pluviale des immeubles à cette dernière. Le raccordement d côté égout peut être perpendiculaire en présence de galerie visitable et incliné ne général à 60° sur les canalisations pour ne pas perturber l'écoulement.

Le tracé de la conduite de branchement doit avoir une pente d'environ 3% pour favoriser un écoulement avec rinçage interne de la conduite.

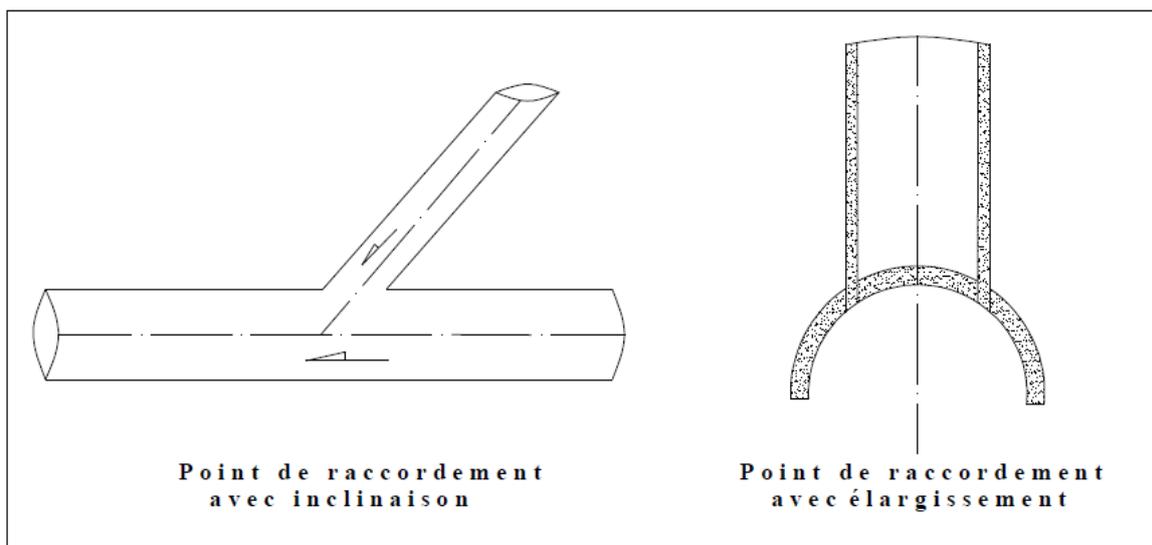


Fig.4. Les branchements

III.3. Les bouches d'égouts

Elles servent à l'absorption de l'eau de surface (pluviale et de lavage des chaussées). Elles sont utilisées au point bas des caniveaux, soit dans le trottoir (absorption du côté latéral, soit dans les chaussées adsorption par le haut). La distance entre les bouches d'égout est en moyenne de 50m. La section d'entrée est fonction de l'écartement entre les deux bouches afin d'absorber le flot d'orage venant de l'amont. (Fig.5 et Fig.5.a).

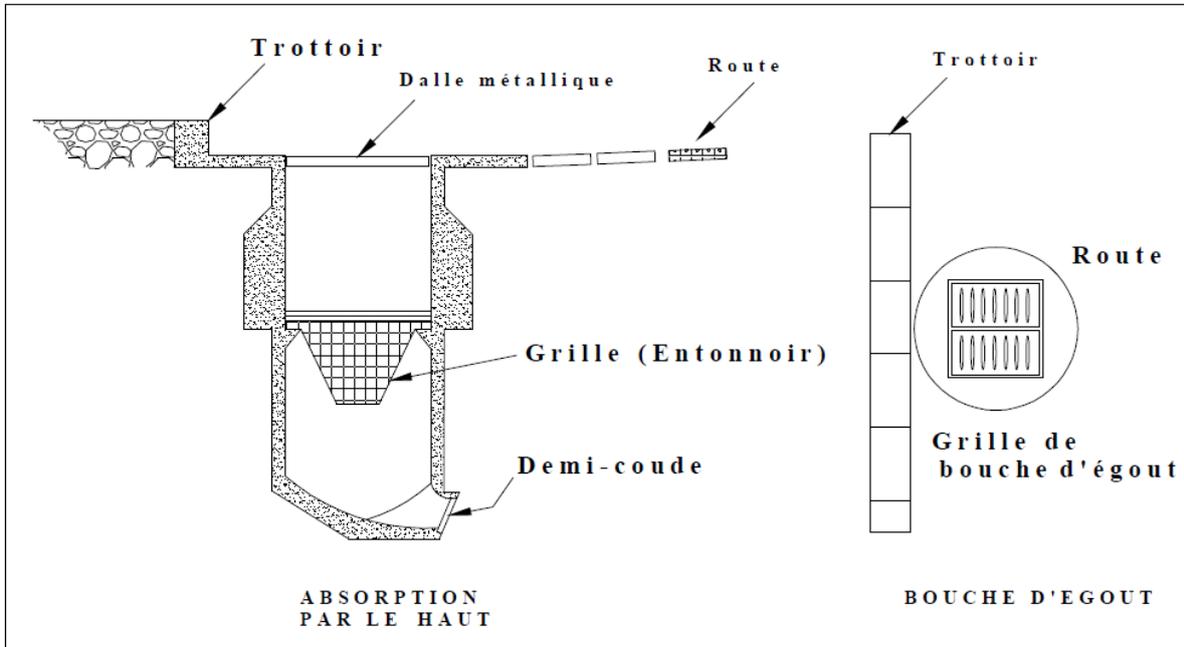


Fig.5. Les bouches d'égout

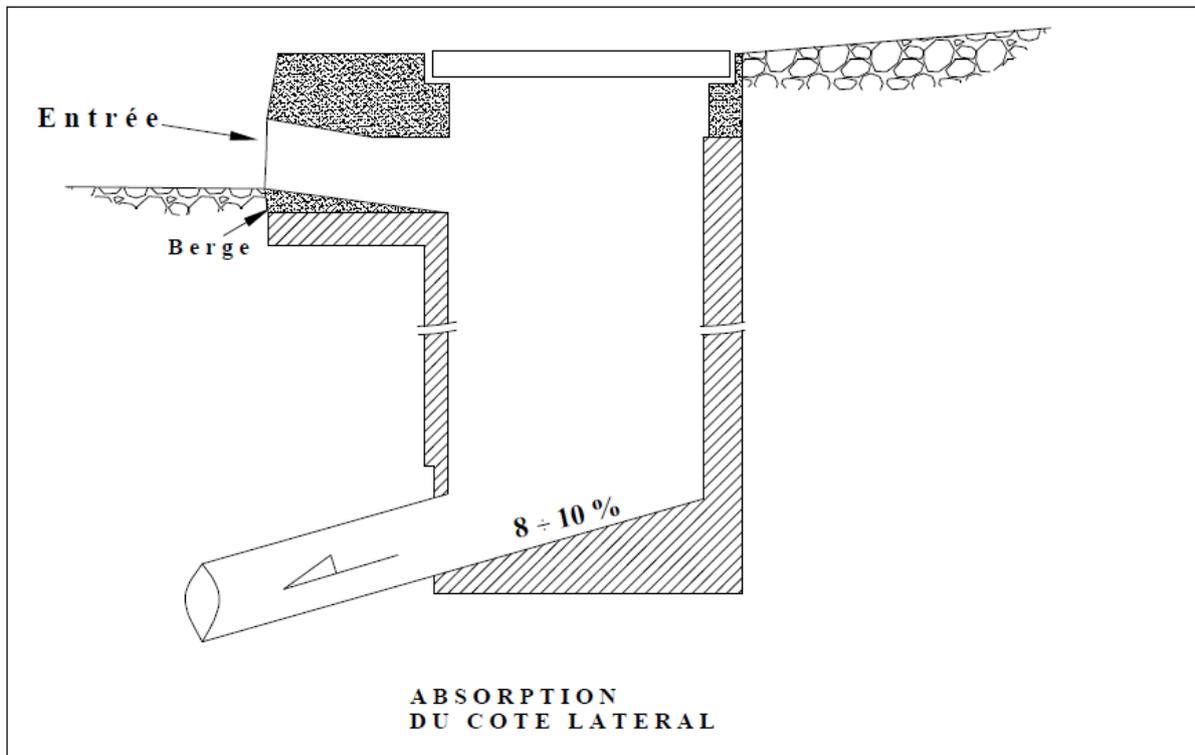


Fig.5.a. Emplacement des bouches d'égout

III.4. Les regards

✓ Les regards de visite (Fig.6)

Leur rôle est de permettre : l'accès aux canaux pour les ouvrages visitables.

- Le déboufrage et le nettoyage des canaux ;
- L'aération des canaux (effet de cheminée, différence des températures).

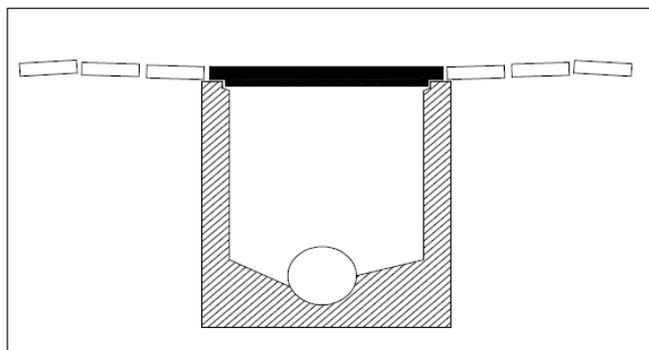


Fig.6. Regard de visite

Dispositions

La fonction doit respecter la forme du canal. L'emplacement et la distance entre deux regards varient avec la topographie du site et la nature des ouvrages. Un regard doit être installé sur les canalisations :

- A tous les points de jonction ;
- Au changement de direction ;
- Changement de pente des canaux ;
- Aux points de chute ;
- Pour des canalisations plus petites et non praticables.

Dans le cas des terrains à pente régulière (ligne droite) l'espace varie de 50 à 80m (surtout pour les canalisations non praticables).

✓ Regards de jonction (Fig.6.a)

Ces regards forment le point d'unification (nœud) de deux collecteurs de même diamètre ou non. Ils sont construits de telle manière à avoir :

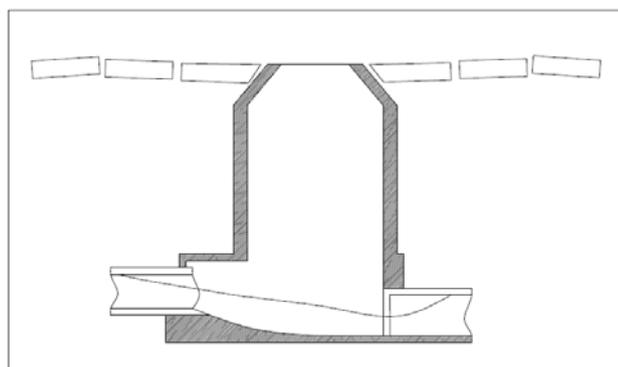


Fig.6.a. Regard de jonction

✓ **Regards doubles (Fig.7)**

Dans certaines agglomérations exigeant un système séparatif et plus précisément dans les quartiers où le tracé est commun pour les deux canalisations véhiculant les eaux de différentes natures (eaux pluviales dans une canalisation, les eaux usées domestiques et industrielles dans une autre) ; il serait plus avantageux de prévoir un regard commun aux deux canalisations. Nous devons prendre la précaution à ce que la conduite d'eau pluviale doit être à un niveau supérieur à celui de la conduite des eaux usées. Ceci facilitera le passage des branchements au niveau de la deuxième conduite, et évitera la contamination. Il est préférable que cet ouvrage soit visitable.

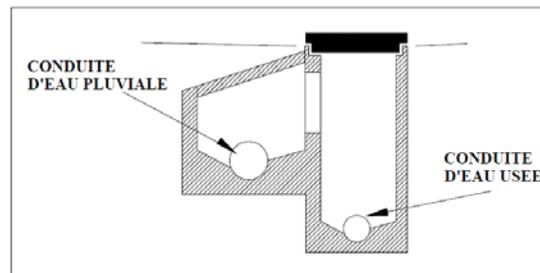


Fig.7. Regard double

III.5. Les déversoirs d'orage

Définition

Généralement, on désigne par le terme « déversoir » des ouvrages de dérivation conçus pour les flux et limiter le débit dirigé par temps de pluie vers l'aval du réseau et donc vers la STEP :

- Le déversoir d'orage est un ouvrage permettant le rejet direct d'une partie des effluents au milieu naturel lorsque le débit à l'amont dépasse une certaine valeur. Les déversoirs d'orage sont généralement installés sur les réseaux unitaires dans le but de limiter les apports au réseau aval et en particulier dans la STEP en cas de pluie.

Types de déversoirs

✓ **Déversoir à seuil latéral et à conduite avale étranglée**

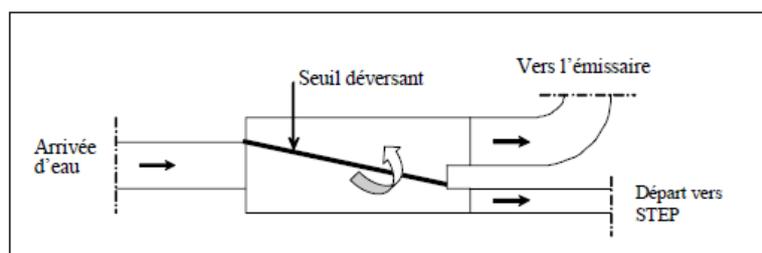


Fig.8. Déversoir à seuil latéral et à conduite avale étranglée

✓ **Déversoir à ouverture de fond**

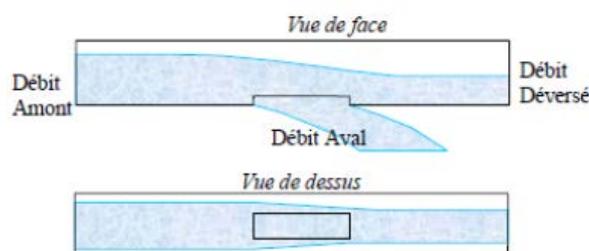


Fig.9. Déversoir à ouverture de fond

IV. Evaluation des débits à évacuer :

IV.1. Estimation des débits des eaux usées (EU) :

La détermination des débits des eaux usées est basée sur les prévisions des consommations moyennes par habitant d'eau potable pour les différents types d'usagers (domestiques, équipements et industrielles)

Concernant les eaux domestiques, retenir comme base la dotation d'eau potable et adopter un coefficient de rejet à l'égout **Kr** de l'ordre de **0,8 (80%** de la consommation).

✓ **Evaluation du débit moyen journalier :**

Le débit moyen journalier rejeté est calculé par la relation suivante :

$$Q_{moy,j} = K_r \cdot \frac{N \cdot Dot}{86400} \quad (l/s)$$

Q_{moy,j}: Débit moyen rejeté quotidiennement en (l / s).

N : Nombre d'habitants à l'horizon d'étude (hab).

Dot: Dotation journalière l/j/hab.

Kr: Coefficient de rejet

✓ **Evaluation du débit de pointe :**

Le débit de pointe des eaux usées est calculé par la relation suivante :

$$Q_p = K_p \cdot Q_{moy,j} \quad (l/s)$$

Q_p: Débit de pointe (l/s)

Q_{moy,j}: Débit moyen journalier (l/s).

K_p: Coefficient de pointe.

Pour estimer le coefficient de pointe, il existe plusieurs méthodes, parmi lesquelles on a :

- Estimé de façon moyenne $K_p = 24/14$ $K_p = 24/10$
- Relié à la position de la conduite dans le réseau $K_p = 3$ en tête du réseau, et $K_p = 2$ à proximité de l'exutoire
- Calculé à partir du débit moyen $Q_{moy,j}$
 $K_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{moy,j}}}$ Dans le cas où $Q_{moy,j} \geq 2,8 \text{ l/s}$
 $K_p = 3$; Dans le cas où $Q_{moy,j} < 2,8 \text{ l/s}$

IV.2. Estimation des débits des eaux pluviales (EP) :

✓ **La méthode rationnelle :**

Cette méthode est utilisée pour des surfaces limitées (généralement inférieures à 10 ha). Le résultat est meilleur pour des aires encore plus faibles. Du fait de la bonne estimation du coefficient de ruissellement.

Le débit déterminé est proportionnel à l'intensité moyenne, au coefficient de ruissellement et à l'aire balayée.

$$Q = Cr. i. S$$

Q : Débit à évacuer (l/s) ;

Cr : Coefficient de ruissellement ;

i : Intensité moyenne de précipitation (l/s/ha) ;

S : Surface d'apport (bassin) (ha).

- **Coefficient de ruissellement**

C'est le rapport caractérisant le volume d'eau qui ruisselle de cette surface, au volume d'eaux tombées sur cette dernière :

$$Cr = \frac{\text{Volume ruisselé}}{\text{volume de pluie tombée}}$$

La valeur de ce coefficient dépend de l'inclinaison, du genre et de la densité de la surface à drainer (terre rimeuse, avec ou sans végétation, sable, rocher, ...etc.) l'humidité de l'air, l'humidité de la surface, la durée de la pluie.

A. Coefficient de ruissellement de certaines surfaces :

TYPE DE SURFACE	Coefficient de ruissellement Cr
Toits en métal, tuiles, en ardoise	0,9
Trottoirs en chaussée avec peu de joints	0,85-0,9
Pavé en pierres naturelles en briques	0,85-0,9
Rue en bois avec des joints cimentés	0,75-0,85
Pavage en blocages	0,40-0,50
Surface goudronnée	0,25-0,60
Chemin en gravier	0,25-0,30
Gare, terrain de sport	0,10-0,30
Parc, jardin gazons	0,05-0,25
Forêt	0,01-0,20

B. Coefficient de ruissellement pour différentes densités de population :

DENSITE DE POPULATION/ HECTARE	Coefficient de ruissellement Cr
20	0,23
30-80	0,2 à 0,27
60-150	0,25 à 0,34
150-200	0,30 à 0,45
200-300	0,6 à 0,62
300-400	0,6 à 0,82
400-700	0,7 à 0,9

Dans le cas d'une surface « s » caractérisée par plusieurs coefficients de ruissellement Cr ; on doit délimiter les surfaces élémentaires S_i et déterminer aussi un coefficient de ruissellement moyen (pondéré) propre à cette surface « s » c'est-à-dire :

$$Crp = Crm = \frac{Cr_1S_1 + Cr_2S_2 + \dots + Cr_nS_n}{S}$$

- **Intensité moyenne de précipitation**

Avant tout projet d'assainissement urbain, l'étude hydrologique doit être prise en considération, pour la détermination du couple durées-intensité.

Les pluies les plus intenses étant les plus courtes. Plusieurs relations peuvent nous donner l'intensité en fonction du temps, selon la région et le pays.

Nous citons comme exemple deux relations qui semblent les plus couramment utilisées pour une fréquence décennale :

$$i = 6,8 t^{0,6} \text{ (Région méditerranéenne)}$$

$$i = \frac{430000}{(t + 10)60}$$

i : (l/ha/s) et t : (mn).

Pour éviter toute ambiguïté, il serait préférable de traiter les données statistiques relevées au niveau de la région concernée. Et l'intensité peut être obtenue à partir des classiques courbes "intensité-durée-fréquence" où plusieurs expressions analytiques de ces courbes ont été proposées. Une des plus utilisées est l'expression connue sous le nom de loi de Montana:

$$i(tc, T) = a(T) tc^{b(T)}$$

Sachant que, a et b sont des paramètres d'ajustement, constants pour une période de retour donnée.

- **Temps de concentration**

C'est une caractéristique d'un bassin, définie comme étant le temps mis par la pluie tombée au point le plus éloigné, en durée d'écoulement, pour atteindre l'entrée du collecteur qui doit évacuer l'apport de la surface considérée.

Dans le cas général, pour les zones peu allongées, le temps de concentration est donné par la relation suivante :

$$t_c = 3,98 \left[\frac{L}{\sqrt{I}} \right]^{0,77}$$

L : Longueur du plus grand parcours de l'eau (Km).

- ✓ **La méthode superficielle**

Le modèle de Caquot apparaît comme étant l'une des premières approches scientifiques de réglementation de l'estimation des apports pluviaux des bassins versants urbanisés. Cette méthode a été mise au point par Caquot en 1949 sur la base de la méthode rationnelle, dont l'expression suivante :

$$Q = k \times Cr^y \times I^z \times S^v$$

K, y, z, v : sont des paramètres fonctions des caractéristiques du bassin, dépendent des paramètres de la loi de MONTANA $a(F)$ et $b(F)$.

I : désigne la pente moyenne du cheminement hydraulique le plus long du bassin versant;

Cr : Coefficient de ruissellement ;

S : Superficie du bassin considéré (ha).

IV. Calcul des sections d'écoulement:✓ **Formule de Chézy :**

D'une manière générale, les ouvrages sont calculés suivant une formule d'écoulement résultant de celle de **Chézy** :

$$V = C \cdot \sqrt{R_h \cdot I}$$

Avec :

V : La vitesse de l'écoulement dans la conduite (m/s)

R_h : Le rayon hydraulique (m) donné par :

$$R_h = S/P$$

S : La section mouillée de l'écoulement (m²)

P : Le périmètre mouillé de l'écoulement (m)

I : La pente de la conduite (m/m)

C : Le coefficient de résistance selon CHEZY. Plusieurs formules empiriques permettent de calculer ce coefficient, notamment celle de MANNING-STRICKLER et celle de BAZIN données respectivement :

$$C = K_s \cdot R_h^{1/6}$$

$$C = \frac{87 \cdot \sqrt{R_h}}{\gamma + R_h}$$

Le tableau suivant donne la valeur des paramètres de rugosité utilisés classiquement en assainissement.

TYPE D'EFFLUENT	TURBULENCE	VALEUR DE (γ)	VALEUR DE (K_s)
E.U	Lisse	0.16	83
E.U	Rugueux	0.25	73
E.P	Lisse	0.30	67
E.P	Rugueux	0.46	57

✓ **Formule de Manning-Strickler :**

$$V = K_s \cdot (R_h)^{2/3} \cdot \sqrt{I}$$

$$Q = K_s \cdot S \cdot (R_h)^{2/3} \cdot \sqrt{I}$$

Q : Débit d'écoulement (m³/s)

V : La vitesse de l'écoulement dans la conduite (m/s)

R_h : Le rayon hydraulique (m) donné par : R_h = S/P

S : La section mouillée de l'écoulement (m²)

P : Le périmètre mouillé de l'écoulement (m)

I : La pente de la conduite (m/m)

Ks : Coefficient de Manning Strickler

Valeurs courantes de K utilisées pour les études :

Calcul de diamètre du réseau d'assainissement :

$$D = \left(\frac{3.2083 \cdot Q_p}{K_s \sqrt{I}} \right)^{3/8}$$

Qp : débit de pointe à l'amont de la conduite (m³/s).

I : La pente de la conduite (m/m)

D : Diamètre théorique de la conduite (m).

Ks : Coefficient de Manning Strickler

La normalisation du diamètre (DN) en fonction du diamètre calculé (D) est de façon à avoir DN ≥ D disponible sur le marché.

V. Conditions de fonctionnement du réseau :

V.1. Conditions en réseau séparatif :

➤ Réseau des eaux pluviales

D_{min} = 300 mm

I_{min} = 0.5 %

V_{min} = 1 m/s au débit de plein section Q_{PS}

V_{min} = 0.6 m/s à (Q_{PS}/10)

V_{min} = 0.3 m/s à (Q_{PS}/100)

➤ Réseau des eaux usées

D_{min} = 200 mm

I_{min} = (0.2 – 0.3) %

V_{min} = 0.5 m/s pour h/D = 0.2

V_{min} = 0.3 m/s pour le débit moyen Q_m

V_{max} = 4 m/s

V.2. Conditions en réseau unitaire :

$$D_{\min} = 300 \text{ mm}$$

$$I_{\min} = 0.5 \%$$

$$V_{\min} = 1 \text{ m/s au débit de plein section } Q_{PS}$$

$$V_{\min} = 0.6 \text{ m/s à } (Q_{PS}/10)$$

$$V_{\min} = 0.3 \text{ m/s à } (Q_{PS}/100)$$

V.3 Calcul des sections des ouvrages en utilisant abaques :

Les abaques sont des graphiques illustrant la relation entre différentes données. Leur consultation permet de simplifier de nombreux calculs mathématiques.

Le rôle des abaques est toutefois identique à celui des tables : il consiste à mettre plusieurs données en relation les unes avec les autres.

La précision des abaques est liée à la fois à :

- leur qualité graphique,
- la graduation des échelles qu'ils contiennent
- l'interprétation qu'en fait la personne qui les consulte.

Si les abaques se révèlent moins exacts que les tables, ils permettent en revanche d'obtenir une meilleure vue d'ensemble d'un processus.

Exemple : dimensionnement d'un collecteur en système unitaire

Débit calculé $Q=0.4 \text{ m}^3/\text{s}$

Si on choisit une pente de radier $I=2\%$

En utilisant l'abaque Ab 4.a on lit : $DN= 600 \text{ mm}$; $Q_{ps}\approx 0.58 \text{ m}^3/\text{s}$; $V_{ps}=2 \text{ m/s}$.

Avec ces données on peut déterminer $rQ=0.4/.58\approx 0.7$

Utilisant l'abaque Ab 5(a) : pour $rQ=0.7$ lui correspond un taux de remplissage $rH=0.6$ et un $rV\approx 1.08$

Avec ces données on peut déduire que :

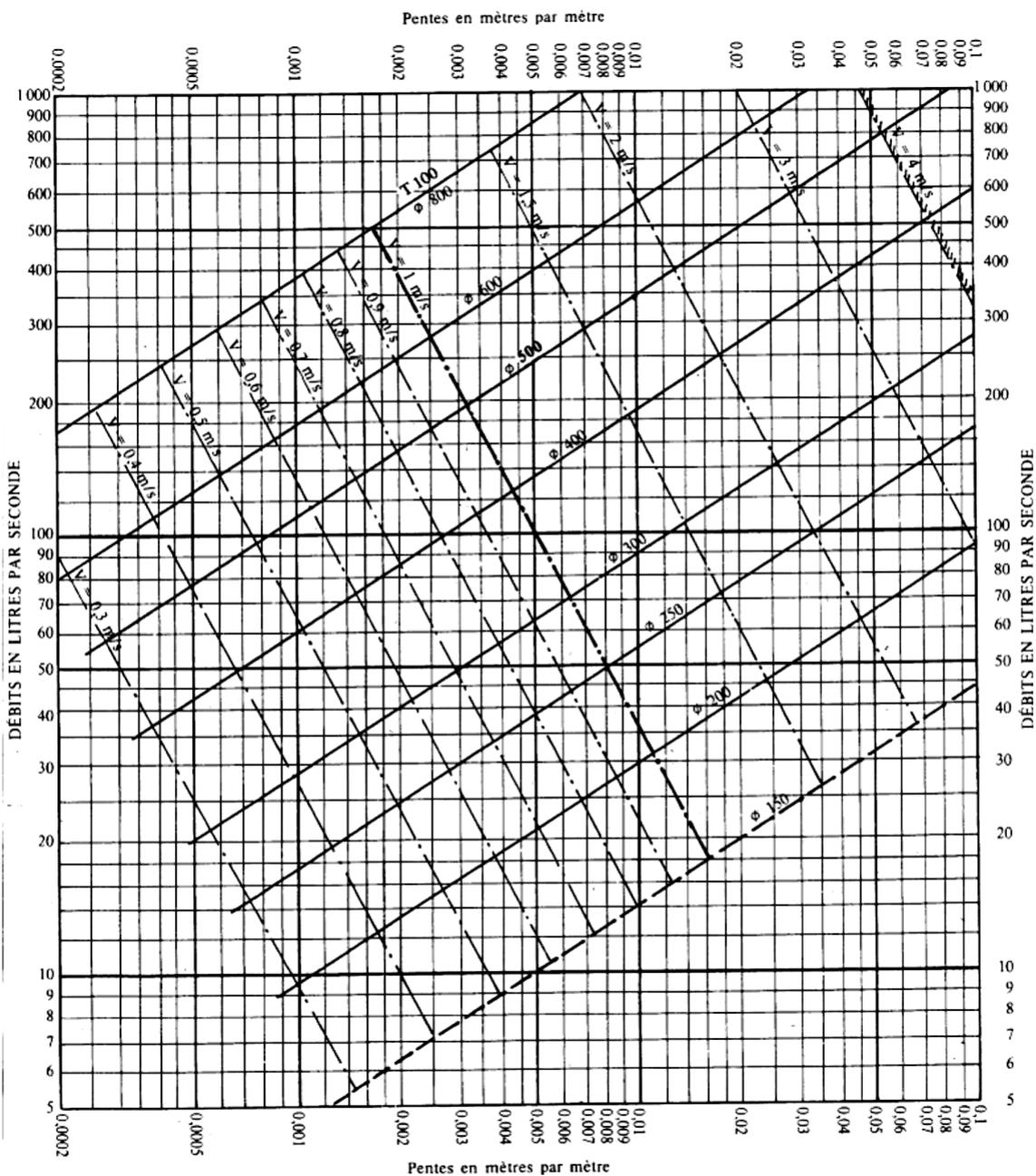
La vitesse d'écoulement $V=rV*V_{ps}=1.08*2=2.16 \text{ m/s}$

La hauteur de remplissage $h=rH*DN=0.6*600=360 \text{ mm}$.

ABAQUE Ab. 3

Ab. 3

RÉSEAUX D'EAUX USÉES EN SYSTÈME SÉPARATIF

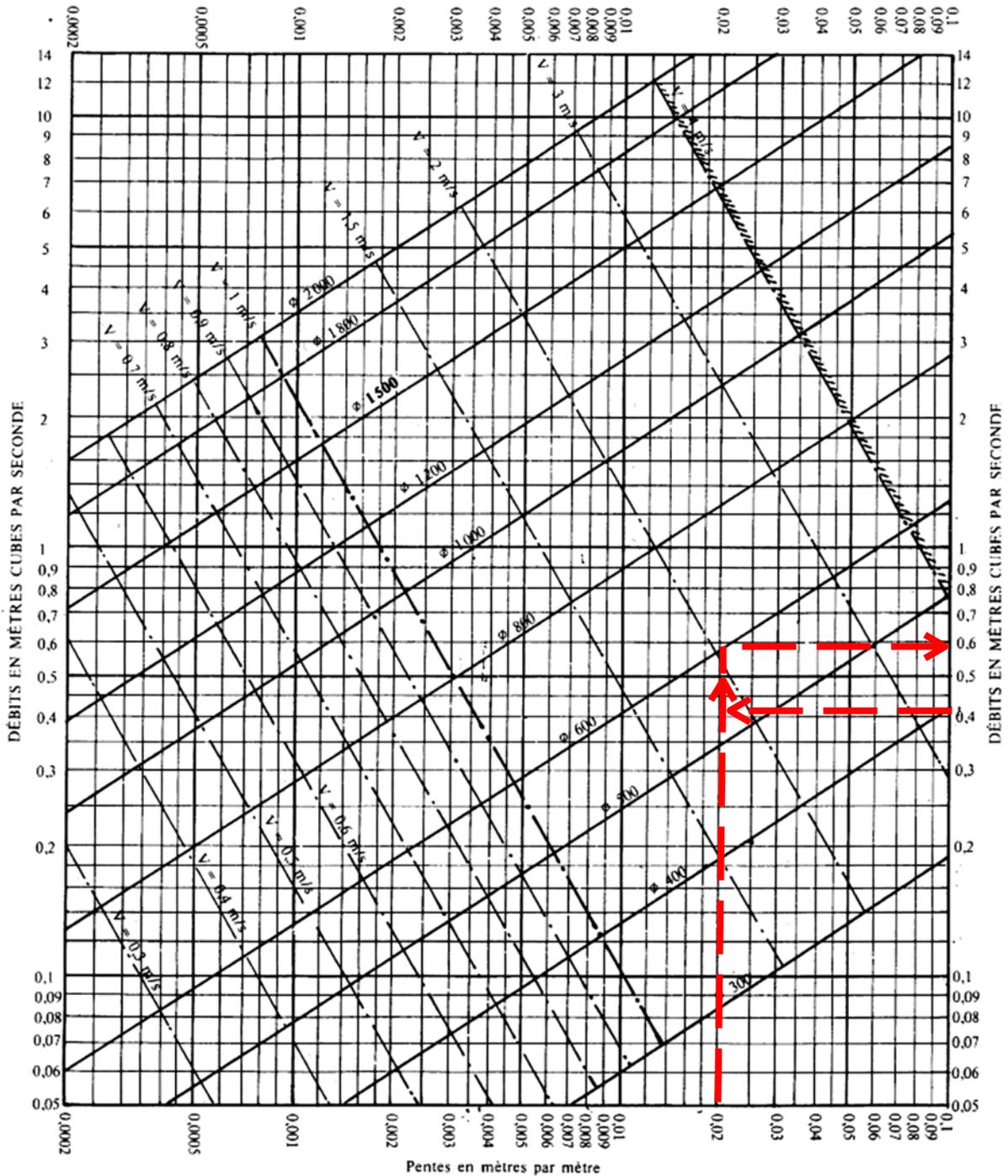


Nota. - La valeur du coefficient de Bazin a été prise égale à 0,25. Lorsque la pose des canalisations aura été particulièrement soignée, et surtout si le réseau est bien entretenu, les débits pourront être majorés de 20 % ($V' = 0,16$). A débit égal, les pentes pourront être réduites d'un tiers.

ABaque Ab. 4 a

Ab. 4a

RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF
(Canalisations circulaires)



Pentes en mètres par mètre

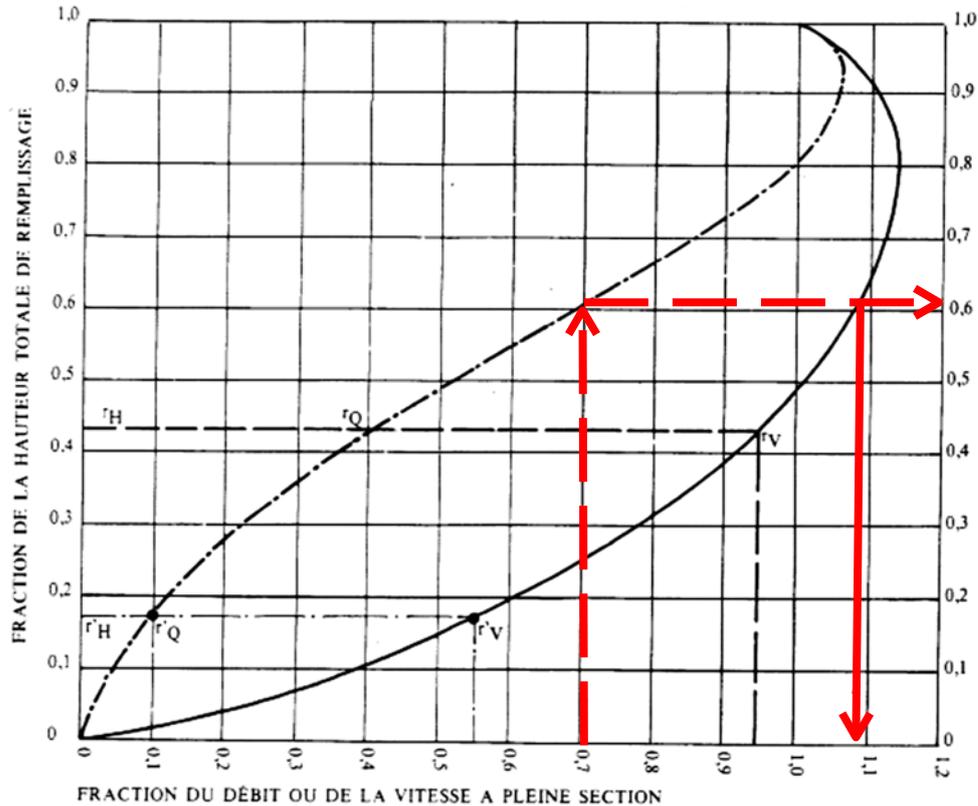
Nota. - La valeur du coefficient de Bazin a été prise égale à 0,46. Lorsque la pose des canalisations aura été particulièrement soignée, et surtout si le réseau est bien entretenu, les débits pourront être majorés de 20 % ($\gamma = 0,30$). A débit égal, les pentes pourront être réduites d'un tiers.

ABAQUE Ab. 5

Ab. 5 (a)

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 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 $r_H = 0,43$.

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.