

Chapitre IV : Calcul hydraulique du réseau d'évacuation des eaux

Introduction

Une fois que la totalité des débits fut déterminée, on passe au dimensionnement proprement dit des ouvrages tout en respectant certaines normes d'écoulement du point de vue sanitaire les réseaux d'assainissement devront assurer :

- L'évacuation rapide des matières fécales hors de l'habitation ;
- Le transport des eaux usées dans des conditions d'hygiène satisfaisantes ;

Les ouvrages d'évacuation (collecteurs et regards), doivent respecter certaines normes d'écoulement. L'implantation en profondeur se fait d'une manière à satisfaire aux conditions de résistance mécanique due aux charges extérieures et avec un meilleur choix du tracé des collecteurs.

IV.1. Conception du réseau d'assainissement

La conception d'un réseau d'assainissement est la concrétisation de tous les éléments constituant les branches du réseau sur un schéma global.

Les collecteurs sont définis par leur :

- Emplacement (en plan).
- Profondeur.
- Diamètres (intérieur et extérieur).
- Pente.
- Leur joints et confection.

Les regards de visite et de jonction sont également définis par leur :

- Emplacement (en plan).
- Profondeur.
- Côtes.

IV.2. Dimensionnement du réseau d'assainissement

IV.2.1 Conditions d'écoulement et de dimensionnement

L'écoulement en assainissement est gravitaire dans la mesure du possible, donc tributaire de la topographie du terrain naturel, en plus cet écoulement doit avoir une vitesse qui permet l'auto curage, et ne détériore pas les conduites.

La vitesse d'auto curage : comme les eaux usées sont des eaux chargées, qui contiennent du sable, facilement décantable. Pour empêcher ce phénomène il faut avoir une vitesse d'écoulement qui satisfait les conditions suivantes :

- Une vitesse minimale de 0.6 m /s pour le (1/10) du débit de pleine section.
- Une vitesse de 0.3 m / s pour le (1/100) de ce même débit avec un diamètre minimal de 300 mm.

Si ces vitesses ne sont pas respectées, il faut prévoir des chasses automatiques ou des curages périodiques.

A l'opposé des considérations relatives à l'auto curage, le souci de prévenir la dégradation des joints sur les canalisations circulaires et leur revêtement intérieur, nous conduit à poser des limites supérieures aux pentes admissibles.

Donc, il est déconseillé de dépasser des vitesses de l'ordre de (4 à 5) m / s à pleine section.

Si la pente du terrain est trop forte, il y aura lieu de ménager des décrochements dans le profil en long des ouvrages par l'introduction des regards de chute.

IV.3. Formules d'écoulements

Dans le calcul des canalisations, on utilise les différentes formules d'écoulements qui ont été développées par des chercheurs scientifiques. Parmi ces formules, on a :

IV.3.1. Formule de Chézy

$$V = C \cdot \sqrt{R \cdot I} \dots\dots\dots(1)$$

Où,

I : Pente du collecteur (m/m).

R_h : Rayon hydraulique (m).

C: Coefficient de Chézy, il dépend des paramètres hydrauliques et géométriques de l'écoulement. Le coefficient « C » est donné à son tour par la formule de BAZIN :

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R_h}}} \dots\dots\dots(2)$$

γ : Coefficient de Bazin qui varie suivant les matériaux employés et la nature des eaux transportées. Dans laquelle :

γ = 0.06 pour les collecteurs d'eaux pluviales.

γ = 0.16 pour les collecteurs d'eaux usées.

IV.3.2. Formule de Manning

$$V = \frac{\alpha}{n} R_h^{2/3} I^{1/2} \dots\dots\dots(3)$$

Où,

α : Coefficient d'unité qui vaut 1 en système international et 1,486 en système Anglo-saxon.

n : Coefficient de Manning, il dépend des parois des conduites.

R_h : Rayon hydraulique (m).

I : Pente du collecteur (m/m).

IV.3.3. Formule de Manning –Strickler

$$V = K_s R_h^{2/3} I^{1/2} \dots\dots\dots(4)$$

Avec :

K_s : Coefficient de rugosité dépend de la nature des parois est donné dans le tableau suivant :

Tableau VI.1 : Coefficients de rugosité

Nature des parois de la conduite	K_s
Canal en maçonnerie	60
Conduite en béton	75
Conduite en fibre ciment	80
Conduite en fonte ou en grès	90
Conduite en PVC	100
Conduite en PEHD	150

IV.4. Mode de calcul

Avant de procéder aux calculs hydrauliques du réseau d'assainissement en gravitaire, nous considérons les hypothèses suivantes :

- L'écoulement est uniforme à surface libre, le gradient hydraulique de perte de charge est égal à la pente du radier.
- La perte de charge engendrée est une énergie potentielle égale à la différence des côtes du plan d'eau en amont et en aval.

Les canalisations d'égouts dimensionnées pour un débit en pleine section Q_{ps} ne débitent en réalité et dans la plupart du temps que des quantités d'eaux plus faibles que celles pour lesquelles elles ont été calculées.

Avant tout, nous définissons les paramètres suivants :

- Périmètre mouillé (P) : c'est la longueur du périmètre de la conduite qui est en contact avec l'eau (m).
- Section mouillée (S) : c'est la section transversale de la conduite occupée par l'eau (m²).

- Rayon hydraulique (R_h) : c'est le rapport entre la section mouillée et le périmètre mouillé. (m).
- Vitesse moyenne (v) : c'est le rapport entre le débit volumique (m^3/s) et la section mouillée (m^2).

L'écoulement dans les collecteurs est un écoulement à surface libre régi par la formule de la continuité :

$$Q = V.S \dots\dots\dots(4)$$

Avec, Q : Débit (m^3/s) ; V : Vitesse d'écoulement (m/s) et S : Section mouillée (m^2).

- *Calcul de diamètre par la formule de Chézy*

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

$$Q=VS=CS\sqrt{R_h I}$$

- R_H : rayon hydraulique $r/2$
- S : section
- V : vitesse moyenne dans la section
- C : coefficient de Chezy
- I : pente (m/m)

Réseaux eaux usées en système séparatif: $C=70R_H^{1/6}$

$$V= 70 R_H^{1/6} R_H^{1/2} I^{1/2} = 70 R_H^{2/3} I^{1/2}$$

$$Q=VS=70 (D/4)^{2/3} I^{1/2} (\pi D^2 /4)$$

$$Q= (\pi 70/4^{3/4} 4) D^{8/3} I^{1/2}$$

$$Q= 21.82 D^{8/3} I^{1/2}$$

$$D= (Q/21.82 I^{1/2})^{3/8}$$

Réseaux unitaires ou pluviaux séparatifs: $C=60R_H^{1/4}$

$$V= 60 R_H^{1/4} R_H^{1/2} I^{1/2} = 60 R_H^{3/4} I^{1/2}$$

$$Q=VS=60 (D/4)^{3/4} I^{1/2} (\pi D^2 /4)$$

$$Q= (\pi 60/4^{3/4} 4) D^{11/4} I^{1/2}$$

$$Q = 16.56 D^{11/4} I^{1/2}$$

$$D = (Q/16.56 I^{1/2})^{4/11}$$

➤ *Calcul de diamètre par la formule de Manning -Strickler*

$$Q = VS = SK_s R_h^{2/3} I^{1/2}$$

D'où le diamètre est calculé par la formule :

$$D = \left(\frac{Q \cdot 4^{8/3}}{4 \cdot \pi \cdot K_s \cdot \sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$D = \left(\frac{3.2099 * Q}{K_s \sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Canalisations d'eaux usées

- Les canalisations eaux usées sont généralement circulaires.
- diamètre minimum de 200 mm pour éviter les risques d'obstruction
- pente minimum : 0,002 m/m

Canalisations d'eaux pluviales ou unitaires

- Les canalisations eaux pluviales sont généralement circulaires.
- diamètre minimum de 300 mm pour éviter les risques d'obstruction
- pente minimum : 0,003 m/m.

Le débit en plein section est donné par la relation :

$$Q_{ps} = V_{ps} \cdot S \quad S = \frac{\pi D^2}{4}$$

Nous définissons les rapports suivants :

$$R_q = Q_v / Q_{ps}$$

$$R_{q,min} = Q_{eu} / Q_{ps}$$

Ensuite, nous calculons les vitesses et les hauteurs :

$$R_v = V / V_{ps} \Rightarrow V = R_v * V_{ps}$$

$$R_h = H / D_N \Rightarrow H = R_h * D_{nor}$$

$$R_{v,min} = V_{min} / V_{ps} \Rightarrow V_{min} = R_{v,min} * V_{ps}$$

$$R_{hmin} = H_{min} / D_{nor} \Rightarrow H_{min} = R_{hmin} * D_{nor}$$

IV.5. Conditions d'auto-curage

On dit qu'un réseau d'assainissement est auto cureur, s'il admet la faculté de se nettoyer tout seul, en d'autres termes l'écoulement de l'eau à travers le réseau peut entraîner les matières solides au fond de l'ouvrage.

Pour la vérification de la vitesse d'auto-curage nous avons deux conditions à vérifier:

Condition 1: Vitesse d'écoulement ($V > 1.00 \text{ m / s}$)

Condition 2:

- Pour un réseau séparatif eaux usées

$$V_{ps} > 0.7 \text{ m/s}$$

$$V (R_H = 0.2) > 0.3 \text{ m/s}$$

- Pour un réseau unitaire ou séparatif eaux pluviales :

$$V (R_Q = 0.1) > 0.6$$

$$V (R_Q = 0.01) > 0.3$$

Avec :

R_q : rapport des débits.

R_v : rapport des vitesses.

R_h : rapport des hauteurs.

Q : Débit véhiculé par la conduite circulaire. (m^3/s).

V : Vitesse d'écoulement de l'eau (m/s).

h : Hauteur de remplissage dans la conduite (m).