

Sommaire du chapitre II

Sommaire du chapitre II

| | | |
|-------------|---|----------|
| I. | Introduction | 2 |
| II. | Classification des eaux usées : | 2 |
| | II.1. Eaux usées domestiques..... | 2 |
| | II.2. Eaux du service public..... | 3 |
| | II.3. Eaux industrielles | 3 |
| | II.4. Eaux de ruissèlement (eaux pluviales) | 3 |
| III. | Calcul des débits des eaux usées :..... | 4 |
| | III.1. Situation démographique..... | 4 |
| | III.2. Evaluation du débit moyen journalier :..... | 4 |
| | III.3. Evaluation du débit de pointe :..... | 5 |
| IV. | Calcul des débits des eaux pluviales | 5 |
| | IV.1. La méthode rationnelle | 5 |
| | IV.2. La méthode superficielle..... | 8 |

Chapitre II : Effluents des agglomérations

I. Introduction

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

- Les eaux pluviales en quantité importante, qui englobent toutes les eaux de ruissèlement.
- Les eaux usées (eaux vannes, ménagères, etc.) provenant des habitations appelées également eaux d'origine domestique.
- Les eaux usées provenant des industries et services publics.

Le mode de transport de ces eaux est en fonction de leur origine, et leur composition en matières. De ce fait, elles peuvent être transportées séparément d'après leur nature ou mélangées dans le même transit soit dans un système unique.

II. Classification des eaux usées :

II.1. Eaux usées domestiques

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 ;
- Les eaux de vaisselle, de lavage, de bain et douche ;
- Les eaux usées des cours.

Ces eaux sont évacuées à travers des canalisations à normes respectées.

II.1.1. Les eaux vannes (de W.C)

Chaque poste de toilette consiste en un W.C et un appareil de rinçage. En ce qui concerne les appareils de rinçage, on distingue :

- Le système à réservoir incorporé en bas ou en haut ;
- Le système à robinet ;
- Le système avec chasse d'eau.

II.1.2. Les eaux de vaisselle, de lavage, de bain et douche

Ces eaux sont évacuées par les éviers des lavabos et des baignoires. Ces installations doivent être raccordées aux tuyaux de chute par des siphons inodores. Ces tuyaux doivent avoir un diamètre de 70 mm à 100 mm. Les siphons inodores empêchent par obturation hydraulique l'entrée des gaz d'égout dans les maisons.

II.1.3. Les eaux usées de la cour :

Les eaux usées produites dans les cours sont déversées dans un puisard de décantation. Celui-ci possède une grille d'entrée qui retient les gros déchets. Ces puisards ne nécessitent pas une installation siphonique qui cause un gêne de ventilation. Dans les cantines, cuisines, hôtels, abattoirs, on utilise une séparation de matières légères, car les matières grasses et les huiles se déposent sur les parois des canaux. Elles se décomposent en formant des acides gras qui attaquent le béton.

II.2. Eaux du service public

Les eaux de lavage (marchés, rues) des espaces publics sont recueillies par les ouvrages de collecte des eaux pluviales, sauf dans le cas d'un système unitaire. Les autres besoins publics seront pris en compte avec les besoins domestiques.

II.3. Eaux 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.

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.

La quantité d'eau industrielle peut être évaluée selon deux principes :

- Soit on considère les produits industriels (industrie de production) c'est-à-dire nature et quantité ;
- Soit on considère le nombre de travailleurs employés par l'industrie (industrie de transformation).

Les eaux industrielles doivent répondre à certaines exigences :

- Les eaux chaudes doivent avoir une température < 35°C ;
- Elles ne doivent pas contenir de matières corrosives (acides ou bases) ;
- Elles ne doivent pas également contenir de matières solide (frottement contre les parois des conduites) ;
- Eviter les matières toxiques qui rendent difficile leur traitement au niveau de la station d'épuration.

II.4. Eaux de ruissellement (eaux pluviales)

Nous pouvons avoir lors d'un ruissellement sur les trottoirs et les chaussées, les eaux de pluie principalement et les eaux de lavage. Dans les premières minutes d'une chute de pluie, la teneur en matières organique qui est plus importante, dépend de la surface traversée par le ruissellement d'eau. Vers les dernières minutes de chute, cette teneur diminue du fait du lavage de ces surfaces.

Pour des agglomérations à dominance industrielle, la pollution de ces eaux peut être importante à cause des eaux de lavage qui transportent les huiles et graisses déversées par certains services publics. (Station de lavage, services mécaniques, etc.).

Néanmoins ces eaux, au cours de leur ruissellement, transportent du sable qui peut se déposer dans la canalisation, à la moindre chute de vitesse d'écoulement. Ce dépôt gêne l'écoulement.

III. Calcul des débits des eaux usées :

L'évaluation des quantités des eaux usées à évacuer dans un réseau d'assainissement doit donc se baser sur étude de l'état actuel de l'agglomération qui sert de référence pour les projections prospectives nécessaires à l'élaboration du projet pour l'horizon défini. C'est ainsi qu'on doit procéder à la collecte d'informations concernant :

- La population antérieure et actuelle ;
- L'importance et le mode d'occupation des sols à différentes périodes ;
- L'état actuel et passé de la consommation des eaux pour les différents usages: domestique, collectif et industriel, touristique, etc. ;
- La modulation saisonnière journalière et horaire de la consommation.

Ces informations doivent permettre de préciser les tendances d'évolution de l'agglomération, de la population, de la consommation, des activités...qui séviront comme base à une projection future.

III.1. Situation démographique

Les ouvrages de génie civil comme ceux de l'hydraulique qu'on envisage d'utiliser dans le domaine de la collecte des eaux en milieu urbain doivent pouvoir répondre aux besoins de la population pour une certaine période appelée durée d'utilisation ou durée de vie de l'ouvrage en question.

L'ingénieur concepteur doit donc prévoir dès le stade de la conception quelle sera la population à desservir durant la vie de la structure projetée. Selon les besoins des prévisions, La formule la plus utilisée pour l'estimation de la population d'avenir est la formule de la croissance géométrique basée sur l'équation de Pinterait compose.

$$P_n = P_0 (1 + T)^n$$

T : Taux de croissance de la population considérée.

P₀ : population de référence.

P_n : population à l'horizon futur.

n : C'est la différence en années entre l'année de référence (année du dernier recensement) et l'année de l'horizon de calcul.

III.2. Evaluation du débit moyen journalier :

La base de calcul de ce débit est la consommation en eau potable, Donc le débit d'eau usée dans la canalisation est sujet à des variations, celles-ci sont essentiellement influencées par la consommation d'eau. Toute l'eau utilisée par le consommateur n'est pas rejetée dans le réseau en totalité. Il est admis que l'eau évacuée n'est que les 70 à 80% de l'eau consommée.

Dans les secteurs d'habitats nouveaux dépourvus de statistiques, on pourra se baser une consommation journalière par habitant de 150 L à 250 L selon le degré de confort des habitations.

$$Q_{moy,j} = K_r \cdot \frac{N \cdot Dot}{1000} \quad (m^3/j)$$

Avec, Q_{moy,j} : Débit d'eau usée rejetée quotidiennement (m³/j).

K_r : Coefficient de rejet, on estime que 80% de l'eau potable consommée est rejetée.

5| Chapitre II: Effluents des agglomérations

D : Dotation journalière en eau potable.

N : Nombre d'habitants.

III.3. Evaluation du débit de pointe :

Le régime du rejet est conditionné par le train de vie des citadins, ce qui nous donne des heures où on a un pic et des heures creuses où le débit est presque nul (la nuit). Il est donné par la formule qui suit :

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

Avec, 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 $Q_{moy,j} \geq 2,8 l/s$
 $K_p = 3$; Dans le cas où $Q_{moy,j} < 2,8 l/s$

IV. Calcul des débits des eaux pluviales

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 appelé à évacuer dans des conditions suffisantes le débit d'eau de cette fraction d'un bassin considéré.

En fonction de l'étendue du bassin et de son urbanisation, nous considérons deux méthodes, les plus utilisées pour l'évacuation du débit pluvial

IV.1. 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.

$$Q = Cr \cdot i \cdot S$$

Q : Débit à évacuer (l/s) ;

Cr : Coefficient de ruissellement ;

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

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

a) 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 |
| Foret | 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 |

Le coefficient de ruissellement peut être obtenu d'une manière simplifiée par la relation suivante :

$$Cr = \frac{0.98 t}{4,53 + t} P + \frac{0.78 t}{31,17 + t} (1 - P)$$

t : Temps écoulé à partir du commencement de la précipitation (min) ;

P : Pourcentage des surfaces imperméables ($p < 1$)

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 :

$$C_{rp} = C_{rm} = \frac{Cr_1 S_1 + Cr_2 S_2 + \dots + Cr_n S_n}{S}$$

b) 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 :

$i = 6,8 t^{0,6}$ (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:

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

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

c) 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.

Le temps de concentration « t_c » se compose de :

- Temps t_1 mis par l'eau pour s'écouler dans les canalisations :
- Temps t_2 mis par l'eau pour atteindre le premier ouvrage d'engouffrement, ce temps varie de 2 à 20 min.
- Temps t_3 de ruissellement dans un bassin ne comportant pas de canalisation, autrement dit : le parcours superficiel du bassin :

$$t_3 = \frac{L_s}{11\sqrt{I}}$$

I : étant la pente moyenne du bassin ; t (min).

Trois aspects sont à envisager :

1. Le bassin ne comporte pas de canalisation : $t_c = t_3$
2. Le bassin comporte un parcours superficiel puis une canalisation : $t_c = t_3 + t_1$
3. Le bassin est urbanisé et comporte une canalisation : $t_c = t_2 + t_1$

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).

Critique de la méthode rationnelle :

La décomposition du bassin en aires élémentaires est toujours assez grossièrement approchée en raison de la difficulté de déterminer avec une précision suffisante la durée du ruissellement entre ces diverses zones et l'exutoire.

On suppose généralement que le coefficient de ruissellement « Cr » est constant sur tout le bassin et pendant toute la durée de l'averse ce qui est souvent loin de la réalité.

La critique principale que l'on peut faire à cette méthode est qu'elle ne tient pas compte du stockage de l'eau de ruissellement sur le bassin

Remarque

Si la durée d'une averse uniforme dépasse le temps de concentration t_c du bassin, l'hydrogramme de ruissellement comporte un palier correspondant à un débit maximum limité

Q_m égal à l'intensité de la pluie (i) multipliée par la surface (S) du bassin versant :

$$Q_m = i \times S$$

IV.2. 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).

a) La pente moyenne

Si le bassin à étudier demande un long cheminement hydraulique composé de tronçons successifs : L_1, L_2, \dots, L_n et de pentes respectives : I_1, I_2, \dots, I_n . La pente moyenne à prendre en considération est donnée par :

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

b) Allongement d'un bassin

L'allongement « A_l » d'un bassin à assainir est égal au rapport du plus long cheminement hydraulique « L » au côté du carré dont la surface équivalente à celle de ce bassin.

$$A_l = \frac{L}{\sqrt{S}}$$

| | | | | | | | |
|---------|-----|------|------|---|-----|-----|------|
| A_l | 1 | 1,25 | 1,50 | 2 | 2,5 | 3 | 4 |
| β | 1,5 | 1,3 | 1,2 | 1 | 0,9 | 0,8 | 0,67 |

Ce coefficient « β » a pour but de donner une certaine précision dans l'évaluation du débit. S'il s'agit d'un bassin de forme très ramassé ou très allongé, le débit calculé devra être multiplié par le coefficient d'influence « β ». La méthode superficielle est valable pour $A_l > 0,8$.

Validité de la méthode superficielle : Les limites d'application de la méthode superficielle sont :

- La limite supérieure de la surface du sous bassin est de 200 ha.
- Le coefficient de ruissellement doit être compris entre 0.2 et 1.
- Le coefficient d'allongement "M" doit être compris entre $0.8 < M < 2$.
- La pente doit être comprise entre 0.2 et 5%.

Assemblage de bassins versants

Quelle que soit la formule de calcul de débit choisie, le groupement de sous-bassins hétérogènes nécessite l'emploi de formules d'équivalence pour les paramètres A (surface), C (coefficient de ruissellement), I (pente) et M (coefficient d'allongement). Depuis l'amont vers l'aval, on regroupe les sous-bassins pour obtenir au final un bassin d'ensemble permettant de calculer le débit à l'exutoire :

| Paramètres Equivalents | A_{eq} | C_{eq} | I_{eq} | M_{eq} |
|-----------------------------|--------------------|--|--|---|
| <i>Bassins En série</i> | $\sum_{i=1}^N A_i$ | $\left[\frac{\sum_{i=1}^N C_i A_i}{\sum_{i=1}^N A_i} \right]$ | $\left[\frac{\sum_{i=1}^N L_i}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{L_i}{\sqrt{I_i}} \right)} \right]^2$ | $\left(\frac{\sum_{i=1}^N L_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^N A_i}} \right)$ |
| <i>Bassins En parallèle</i> | $\sum_{i=1}^N A_i$ | $\left[\frac{\sum_{i=1}^N C_i A_i}{\sum_{i=1}^N A_i} \right]$ | $\left[\frac{\sum_{i=1}^N I_i Q_i}{\sum_{i=1}^N Q_i} \right]^2$ | $\left(\frac{L(Q_{pjMAX})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N A_i}} \right)$ |