

Faculté des Sciences et de la Technologie
Université de Guelma
Département de génie civil et d'hydraulique



Polycopié de cours

Voiries et Réseaux

Divers

Destiné aux étudiants de licence en Génie civil
Dr : Kherouf Mazouz

2023

Préface

L'étudiant apprendra dans cette matière l'ensemble des ouvrages et des travaux d'infrastructure relatifs à la réalisation et à l'aménagement des voies d'accès et de circulation à la périphérie des constructions: voiries, trottoirs, pistes cyclables, espaces verts, éclairage public, mobilier urbain, etc.

Ce cours est structuré en quatre chapitres :

Le premier chapitre traite la voirie autrement dit la route qui représente l'appareil circulatoire et qui joue un rôle important dans le développement de la structure spatiale de la ville.

Le deuxième chapitre représente le réseau d'assainissement, ce dernier a pour but d'assurer l'évacuation de l'ensemble des eaux pluviales et usées ainsi que leur rejet dans l'exutoire naturel par des modes compatibles avec les exigences de la santé publiques et de l'environnement.

Le troisième chapitre est consacré aux autres réseaux divers à savoir l'alimentation en eau potable, le réseau électrique, le réseau gaz naturel et les télécommunications.

Un dernier chapitre qui traite les différents espaces verts en passant par les espaces verts dans le panorama historique jusqu' à étudier les différents types d'espaces verts.

L'auteur : Kherouf .M

Table des matières

Contenu

1.1. Définition.....	2
1.2. Classement des voiries	2
1.2. 1.Classification administrative de la voirie urbaine	2
1.2.2. Classification fonctionnelle	4
1.2.3. Création d'une voirie urbaine	4
1.3. Caractéristiques de la voirie	4
1.3.1. Les différentes classes de trafic.....	5
1.3.2. La voirie à faible trafic	6
1.3.3. Les caractéristiques géométriques.....	6
1.3.3.1. Profil en travers	7
1.3.3.2. Profil en long	7
1.3.3.3. Tracé en plan	7
1.3.3.4. Routes à deux voies de circulation.....	7
1.3.3.5. Routes à une voie de circulation	8
1.4. Constitution des chaussées: les différentes couches.....	9
1.4.1. Pourquoi la chaussée est-elle formée de plusieurs couches ?.....	9
1.4.2. Pourquoi la couche de surface?	10
1.4.3. Faut-il une couche de forme?	10
1.5. Les différentes structures de chaussées	10
1.5.1. Les chaussées souples	11
1.5.2. Les chaussées semi-rigides.....	11
1.5.3. Les chaussées rigides.....	12
1.6. Les aires de stationnement	13
1.6.1. Stationnement logement	13
1.6.2. Stationnement travail.....	13
1.6.3. Stationnement affaire	13
1.6.4. Demande de stationnement-logement.....	13
1.6.5. Demande de stationnement travail	14
1.6.6. Estimation de la demande de stationnement.....	14
1.6.7. Largeur à donner à la bande de stationnement :.....	15
1.7. Les trottoirs	16
1.7.1. Introduction.....	16
1.7.2. Capacité des trottoirs et vitesse de marche.....	16

1.7.3. Largeur des trottoirs.....	16
1.7.4. Bordures de trottoirs.....	16
1.7.5. Types de trottoirs	17
1.8. Les voies réservées aux engins de secours.....	17
1.8.1. Voies pompières.....	17
1.8.1.1. Propriétés des voies pompières	17
1.8.2. La voie engin.....	18
1.8.3. La voie échelle	19
1.8.4. L'espace libre.....	20
2.1. Définition.....	22
2.1.1. Natures des eaux d'assainissement	22
2.1.1.1. Eaux de ruissellement	22
2.1.1.2. Eaux usées, d'origine domestique :.....	22
2.1.1.3. Eaux industrielles :.....	22
2.1.2. Types de système d'assainissement, leurs avantages et inconvénients	22
2.1.2.1. Système séparatif.....	23
2.1.2.2. Système unitaire.....	23
2.1.2.3. Système pseudo-séparatif.....	24
2.1.2.4. Assainissement individuel	24
2.2. Evaluation des débits des eaux usées	25
2.2.1. Généralités	25
2.2.2. Eaux usées domestiques	26
2.2.2.1. Qualité des eaux domestiques	26
2.2.2.2. Calcul des débits des eaux usées.....	26
2.2.3. Les eaux industrielles	28
2.2.3.1. Qualité des eaux industrielles	28
2.2.3.2. Quantités à évacuer	28
2.3. Dimensionnement des canalisations.....	28
2.3.1. Calcul des réseaux unitaires	29
2.3.1.1. Calcul des sections.....	29
2.3.1.2. Conditions d'écoulement	30
2.3.1.3. Conditions d'implantation et de fonctionnement des réseaux	30
2.3.2. Calcul des réseaux séparatifs	30
2.3.2.1. Ouvrages pluviaux	30

2.3.2.2. Canalisations d'eaux usées.....	31
2.4. Exercices	31
3.1. Les réseaux d'alimentation en eau potable	33
3.1.1. Généralités	33
3.1.1.1. Fonctions des installations	34
3.1.1.2. Usages fondamentaux de l'eau	34
3.2. Calcul des besoins en eau et détermination des débits aux nœuds	35
3.2.1. Calcul des besoins en eau.....	35
3.2.1.1. Différents types de besoins en eau	35
3.2.1.2. Calcul des besoins de consommation	35
3.2.1.3. Calcul de la population	36
3.2.1.4. Dotations en eau	36
3.2.1.5. Variations des besoins.....	37
3.3. Détermination des débits aux nœuds.....	41
3.3.1. Besoins en eau potable par secteur	41
3.3.2. Trace en plan (recommandations générales).....	43
3.3.3. Protection du réseau	43
3.3.4. Organes annexes	43
3.3.6. Choix des canalisations.....	45
3.4. Exercices	45
3.4. Le réseau électrique	48
3.4.2. Terminologie.....	48
3.5. Le réseau gaz	48
3.5.1. Les différentes pressions utilisées :.....	48
3.5.2. Eléments d'un réseau de distribution de gaz :.....	49
3.5.3. Consommations annuelles moyennes par logement individuel	49
3.6. Télécommunications	50
3.6.1. Les différents systèmes de réseaux.....	50
3.6.2. Emplacement du réseau souterrain :.....	50
3.6.3. Pose du réseau téléphonique :.....	50
4.1. Définition de l'espace vert	51
4.2. Les espaces verts dans le panorama historique.....	51
4.2.1. Le jardin d'Eden.....	51
4.2.2. Le jardin de Babylone	51

4.2.3. Le jardin égyptien	52
4.2.4. Le jardin grec	52
4.2.5. Le jardin arabe.....	52
4.2.6. Le jardin romain	52
4.2.7. Le jardin de la renaissance	53
4.2.8. Le jardin français	54
4.2.9. Le jardin japonais.....	55
4.2.10. Le jardin contemporain	55
4.3. Les différents types des espaces verts	56
4.3.1. Forêt urbaine.....	56
4.3.2. Le parc national	56
4.3.3. Le parc régional	56
4.3.4. Le jardin public	57
4.3.5. Le square	57
Bibliographie.....	58
Annexes	59

Table des illustrations

Figure 1. Définition du VRD.....	2
----------------------------------	---

Figure 2. Voie de distribution	3
Figure 3. Auto route	3
Figure 4. Voirie de déserte	4
Figure 5. Schéma de principe illustrant les agressivités respectives vis-à-vis de la chaussée d'un véhicule léger et d'un poids lourd.....	5
Figure 6. Classification du trafic	6
Figure 7. Profil en travers type d'une route	7
Figure 8. Route à deux voies	8
Figure 9. Route à une voie.....	9
Figure 10 . Structure de la chaussée	10
Figure 11. Structure type d'une chaussée souple	11
Figure 12. Structure type d'une chaussée semi rigide	11
Figure 13. Structure type d'une chaussée rigide à trafic > 50PL/j/sens.....	12
Figure 14. Structure type d'une chaussée à trafic < ou égale 50 PL/j/sens	12
Figure 15. Stationnement logement	13
Figure 16. Stationnement parallèlement à la voie	15
Figure 17. Stationnement en oblique par rapport à la voie	15
Figure 18. Stationnement perpendiculaire par rapport à la voie.....	15
Figure 19. Schéma d'une bordure de trottoir	16
Figure 20. Différents types de trottoirs.....	17
Figure 21. Voie engins	18
Figure 22. Caractéristique de la voie engin	19
Figure 23. Voie échelle	20
Figure 24. Caractéristique de la voie échelle	20
Figure 25. Espace libre.....	21
Figure 26. Système séparatif	23
Figure 27. Système unitaire.....	24
Figure 28. Principe et objectif de l'alimentation en eau potable.....	33
Figure 29. Schéma de l'alimentation en eau potable.....	34
Figure 30. La niche à gaz.....	49
Figure 31. Le jardin de Babylone	51
Figure 32. Le jardin arabe.....	52
Figure 33. Le jardin romain.....	53
Figure 34. Le jardin de la renaissance	54
Figure 35. Le jardin français	54
Figure 36. Le jardin japonais.....	55
Figure 37. Le jardin contemporain	55
Figure 38. Forêt urbaine	56
Figure 39. Le square	57

Introduction

L'urbanisme et l'aménagement du territoire sont des éléments essentiels pour assurer le bon fonctionnement des villes et améliorer la qualité de vie de leurs habitants. Parmi les composantes clés de ces processus, on retrouve la voirie, les réseaux d'assainissement, les réseaux d'alimentation en eau potable et les espaces verts. Chacun de ces domaines joue un rôle spécifique et contribue à la création d'un environnement urbain harmonieux et durable.

La voirie constitue le réseau de voies de communication qui permet la circulation des véhicules et des piétons. Elle englobe les rues, les avenues, les routes et les trottoirs. La planification et la conception de la voirie tiennent compte de facteurs tels que la classification administrative et fonctionnelle des voies, les caractéristiques géométriques, les niveaux de trafic et les besoins en stationnement. Une voirie bien conçue favorise la fluidité du trafic, la sécurité des usagers et l'accessibilité des différentes zones de la ville.

Les réseaux d'assainissement jouent un rôle crucial dans la gestion des eaux usées, des eaux de ruissellement et des eaux industrielles. Ils sont responsables de la collecte, du traitement et de l'évacuation de ces eaux afin de préserver la santé publique et l'environnement. Différents systèmes d'assainissement existent, tels que les systèmes séparatifs qui traitent séparément les eaux usées et les eaux pluviales, les systèmes unitaires qui collectent ces deux types d'eaux dans un même réseau, ainsi que l'assainissement individuel qui concerne les habitations non raccordées aux réseaux publics.

Les réseaux d'alimentation en eau potable assurent la distribution d'eau de qualité aux habitants de la ville. Ils sont responsables de l'approvisionnement en eau potable, de sa collecte, de son traitement et de sa distribution jusqu'aux points de consommation. La conception de ces réseaux tient compte des besoins en eau potable des habitants, des débits nécessaires aux différents nœuds du réseau, ainsi que des choix des canalisations et des organes annexes pour garantir une distribution efficace et fiable.

Les espaces verts représentent des zones aménagées avec de la végétation dans un environnement urbain. Ils jouent un rôle essentiel dans la création d'un cadre de vie agréable et sain pour les habitants. Les espaces verts peuvent prendre différentes formes, tels que les parcs, les jardins publics, les forêts urbaines et les squares. Ils offrent des espaces de détente, de loisirs, de rencontre et de préservation de la biodiversité. La conception et l'aménagement des espaces verts tiennent compte des caractéristiques spécifiques, des usages prévus et des besoins des habitants de la ville.

Dans l'ensemble, ces éléments sont essentiels pour garantir le bien-être des habitants de la ville et pour assurer le bon fonctionnement de la ville elle-même.

Chapitre 1

Les travaux de voirie

1.1. Définition

On désigne par les VRD (voiries et réseaux divers) l'ensemble des travaux qui ont pour objet de mettre un terrain en état de recevoir une construction, et de raccorder le bâtiment aux divers réseaux de distributions et d'évacuations collectifs et à la voirie publique.

Ceci concerne les amenés d'eau, de gaz, d'électricité, téléphone; évacuation des eaux.

La voirie est un réseau constitué d'un espace collectif qui est appelé à couvrir la circulation des différents usagers (piétons, véhicules) avec une certaine fluidité.

La voirie est à la fois le squelette et l'appareil circulatoire qui joue un rôle important dans le développement de la structure spatiale de la ville.

Les voiries et les cheminements doivent être conçus de manière à :

- Diminuer le trafic automobile,
- Diminuer les nuisances; les dangers,
- Organiser le stationnement,
- Faciliter le repérage.

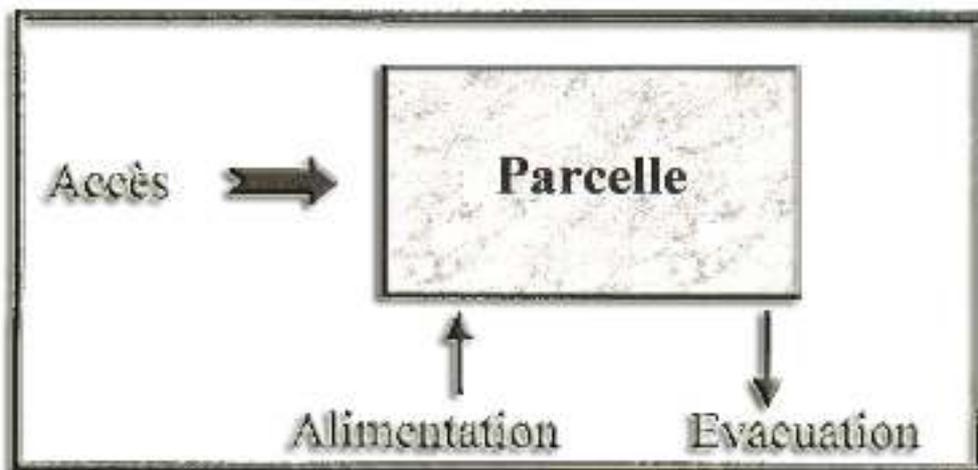


Figure 1. Définition du VRD

1.2. Classement des voiries

1.2. 1. Classification administrative de la voirie urbaine

Les voies urbaines peuvent être classées selon trois (03) critères :

1/Critère technique

On distingue :

Les autoroutes-voies express-voies de type classique.

2/Critère administratif & juridique :

On distingue :

- Autoroute,
- Voie rapide urbaine,
- Route Nationale,
- Voirie départementale,
- Voirie communale,
- Voirie privé.



Figure 2. Voie de distribution



Figure 3. Auto route

1.2.2. Classification fonctionnelle

On distingue:

- Voirie de déserte,
- Voirie artérielle,
- Voirie rapide urbaine,
- Voirie de distribution.

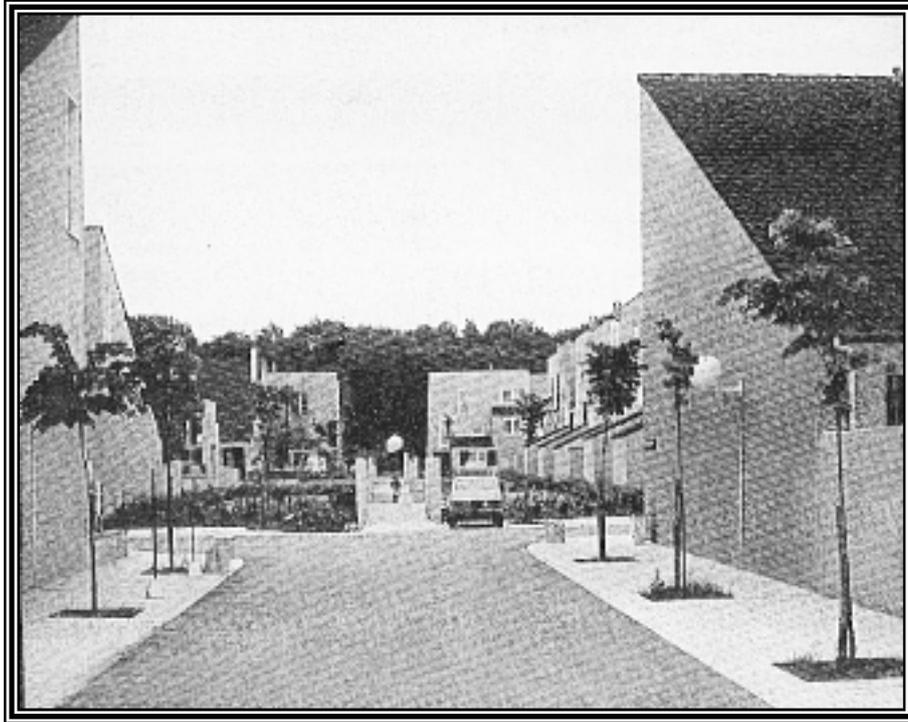


Figure 4. Voirie de déserte

1.2.3. Création d'une voirie urbaine

La décision de création d'une voirie est d'abord politique puis juridique ensuite urbanistique, et enfin technique, cette dernière et qui nous concerne, porte l'objet de la faisabilité du réseau de voirie afin d'aboutir aux objectifs pour lesquels ce réseau est conçu.

Pour une voirie tertiaire qui est conçue dans le but d'établir une liaison de circulation dans les habitations et groupe d'habitation doit se conformer aux critères suivants :

- Desservir chaque habitation et chaque groupe d'habitation par un tronçon de voirie;
- Assurer une fluidité de circulation suffisante afin d'éviter les problèmes de circulation;
- Aménager telle façon à protéger les piétons et les véhicules en stationnement.

1.3. Caractéristiques de la voirie

Le trafic constitue un élément essentiel du dimensionnement des chaussées. Il correspond à un nombre de passages de véhicules sur une période déterminée. Le poids des véhicules est transmis à la chaussée, sous forme de pressions, par l'intermédiaire des pneumatiques.

Pour une automobile, cette pression est de l'ordre de 0,1 MPa (soit 1 Kg/cm²). Mais, elle est de l'ordre de 0,7 MPa sous une roue de camion (Figure 5.).

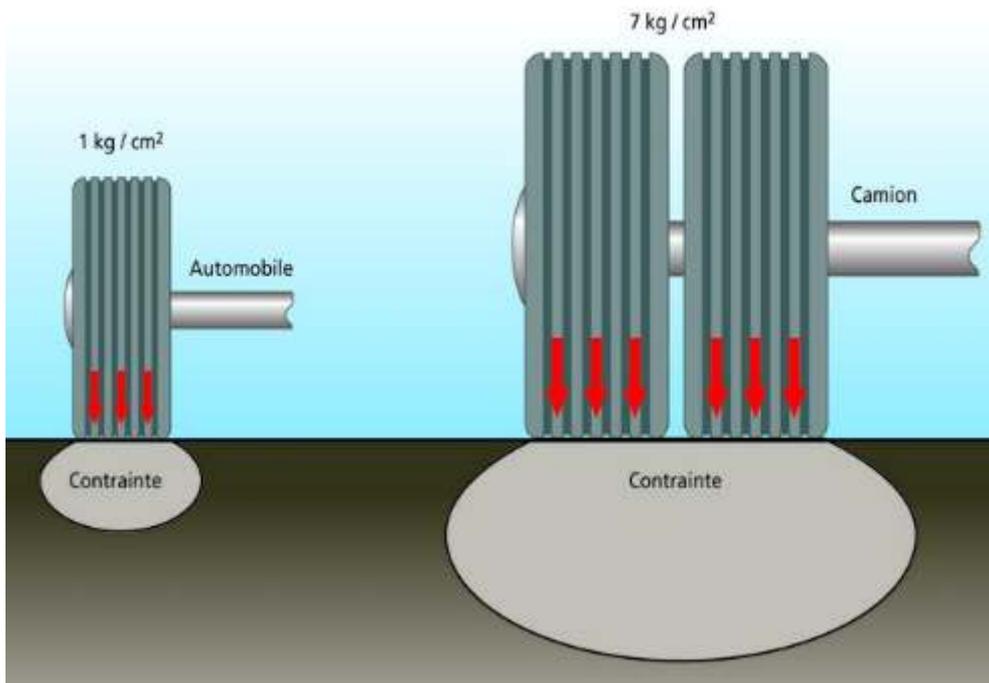


Figure 5. Schéma de principe illustrant les agressivités respectives vis-à-vis de la chaussée d'un véhicule léger et d'un poids lourd

Les matériaux situés sous les roues subissent des efforts très différents lorsque passe une voiture ou lorsque passe un camion. Seul ce dernier est pris en compte pour déterminer les classes de trafic. La méthode de dimensionnement ne prend en compte que les poids lourds définis dans la norme NF P 98-082 dont le poids total autorisé en charge (PTAC) est supérieur ou égal à 35 kN (3,5 tonnes).

Le trafic est caractérisé par les paramètres suivants :

- TMJA (Trafic Moyen Journalier Annuel) : il est égal au trafic total de l'année, par sens de circulation, divisé par 365 ;
- T_i : Classe de trafic déterminée par le TMJA et décomposée en dix classes (t7 ; t6 ; t5 ; t4 ; t3- ; t3+ ; T3 ; T2 ; T1 et T0) ;
- NPL : Nombre de poids lourds cumulé pendant la durée de service choisie ;
- NE : Nombre équivalent d'essieux de référence à prendre en compte pour le dimensionnement.

1.3.1. Les différentes classes de trafic

Les classes de trafic sont définies par le trafic moyen journalier des Poids Lourds (Poids Total Autorisé en Charge supérieur à 3,5 Tonnes) qui circulent sur la chaussée. On obtient ainsi:

- Classe t7 : de 0 à 2 PL/j
- Classe t6 : de 3 à 10 PL/j
- Classe t5 : de 11 à 25 PL/j
- Classe t4 : de 26 à 50 PL/j
- Classe t3- : de 51 à 85 PL/j
- Classe t3+ : de 86 à 150 PL/j
- Classe T3: de 51 à 150 PL/j

- Classe T2: de 151 à 300 PL/j
- Classe T1: de 301 à 750 PL/j
- Classe T0: de 751 à 2 000 PL/j

Ces classes de trafic définissent deux grandes catégories de routes (Figure 6.):

Les voiries à faible trafic regroupant toutes les classes de t7 à t3+ ;

Les voiries à moyen et fort trafics regroupant toutes les classes de T3 à T0.

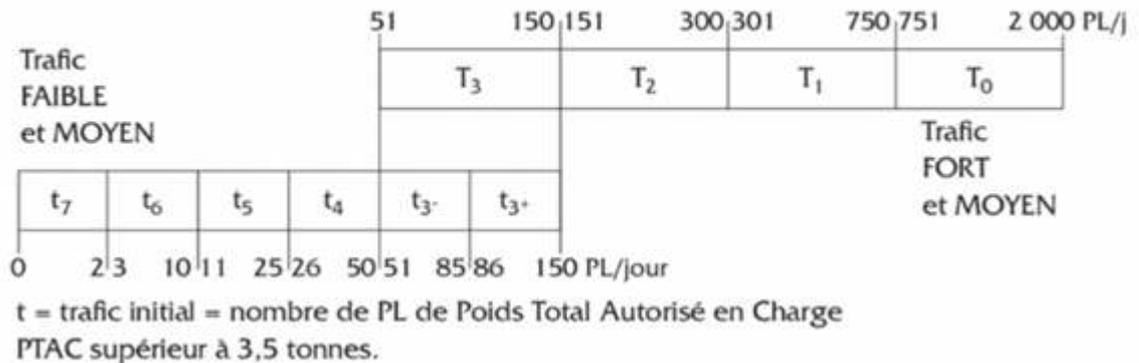


Figure 6. Classification du trafic

Dans la suite du document, nous parlerons plus particulièrement de la voirie à faible trafic.

1.3.2. La voirie à faible trafic

Qu'est-ce qu'une voirie à faible trafic ?

Une voirie est dite à faible trafic lorsque le nombre de véhicules qui y circulent est inférieur à l'équivalent de 150 poids lourds par jour, soit environ 1500 véhicules par jour et par sens, tous modèles confondus. Cette appellation recouvre un très grand nombre de routes.

On distingue:

- Les routes départementales,
- Les routes communales,
- Les voiries agricoles,
- Les voiries forestières,
- Les voiries viticoles,
- Les voiries de lotissement,
- Les aires de trafic industrielles,
- Les aires de stationnement, etc.

1.3.3. Les caractéristiques géométriques

Les caractéristiques géométriques d'une route sont illustrées par le profil en travers, le profil en long et le tracé en plan.

1.3.3.1. Profil en travers

Il illustre essentiellement la largeur de la chaussée et celle des accotements. Il indique aussi les pentes transversales (Figure 7.).

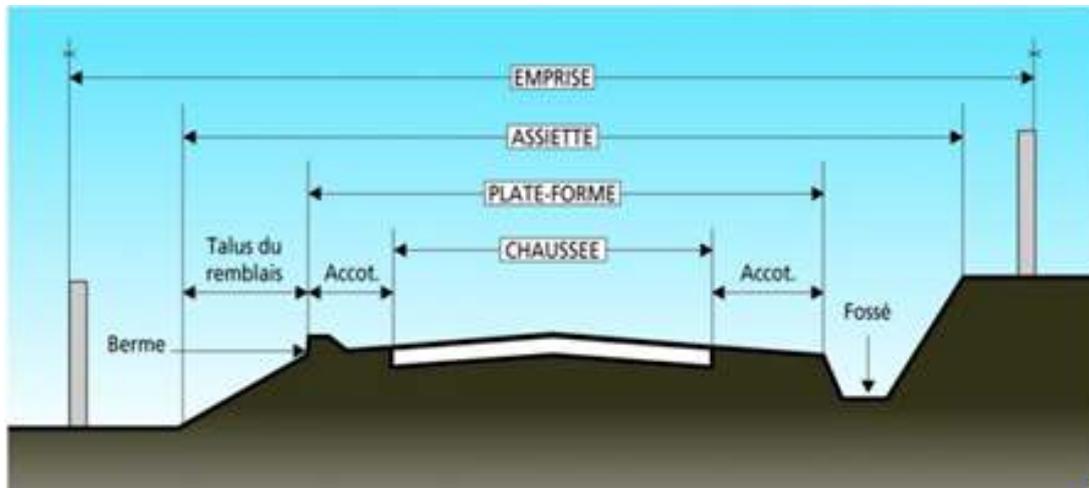


Figure 7. Profil en travers type d'une route

Terminologie

L'emprise : partie du terrain qui appartient à la collectivité et affectée à la route ainsi qu'à ses dépendances.

L'assiette : surface du terrain réellement occupée par la route.

Plate-forme : surface de la route qui comprend la chaussée et les accotements.

Chaussée : surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.

Accotements : zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée.

1.3.3.2. Profil en long

Il indique la valeur des pentes et des rampes, ainsi que les rayons des sommets des côtes et des points bas.

1.3.3.3. Tracé en plan

Il met en évidence les longueurs des sections rectilignes et la valeur des rayons de courbure dans les virages.

1.3.3.4. Routes à deux voies de circulation

Les caractéristiques géométriques respectent les critères liés à la sécurité et au confort des usagers. Les caractéristiques géométriques extrêmes des routes à deux voies de circulation sont données ci-après :

- Largeur de la chaussée: 5,50 à 6,00 mètres,
- Devers : 2 à 3%,
- Rayon de courbure d'un point bas : 700 mètres (min.),
- Rayon de courbure d'un point haut : 500 mètres (min.),
- Pentes et rampes : 8 à 10% (maxi),
- Rayon de courbure (en plan) : 30 mètres (min.).



Figure 8. Route à deux voies

1.3.3.5. Routes à une voie de circulation

Les caractéristiques géométriques respectent les données suivantes:

- Le profil en long épouse au mieux le profil du terrain naturel
- Le profil en travers présente en général une pente transversale unique orientée de façon à permettre l'écoulement des eaux.

Les caractéristiques géométriques extrêmes des routes à une voie de circulation sont données ci-après:

- Largeur de la chaussée : de 3 à 5 mètres,
- Dévers: de 2 à 3%,
- Rayon de courbure d'un point bas : 100 mètres (min.),
- Rayon de courbure d'un point haut : 30 mètres (min.),
- Rayon de courbure (en plan) : 15 mètres (min.),
- Pentes maxi. profil en long : 15 % (maxi).



Figure 9.Route à une voie

1.4. Constitution des chaussées: les différentes couches

1.4.1. Pourquoi la chaussée est-elle formée de plusieurs couches ?

Rappelons que le rôle d'une chaussée est de reporter sur le sol support, en les répartissant convenablement, les efforts dus au trafic. La chaussée doit avoir une épaisseur telle que la pression verticale transmise au sol soit suffisamment faible afin que celui-ci puisse la supporter sans dégradation.

Comme la pression dans la couche granulaire décroît régulièrement en profondeur, on peut constituer une chaussée par la superposition de couches de caractéristiques mécaniques croissantes. En général, on rencontre les couches suivantes à partir du sol (Figure10.) :

- **Couche de forme** : la construction de cette couche ne pose pas de problème particulier ;
- **Couche de fondation** : La plupart des matériaux routiers conviennent ;
- **Couche de base**: la construction de cette couche doit faire l'objet d'une attention toute spéciale : le matériau utilisé dans cette couche doit pouvoir résister aux contraintes résultant du trafic ;
- **Couche de surface** : compose de deux couches à savoir la couche de liaison et la couche de roulement.

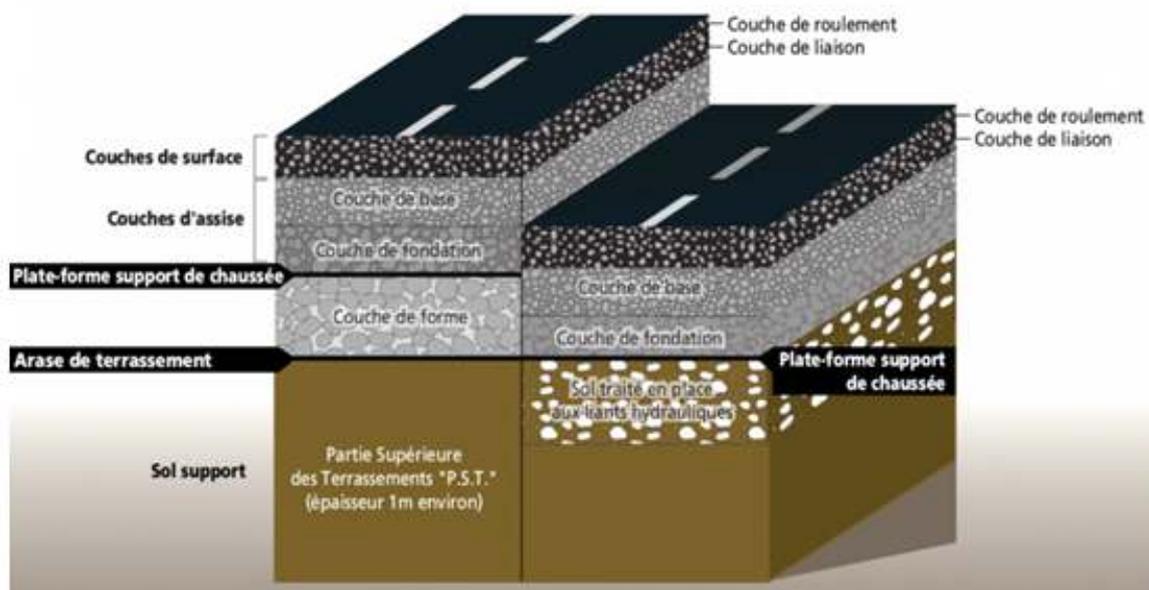


Figure 10 . Structure de la chaussée

1.4.2. Pourquoi la couche de surface?

La couche de base est recouverte par une couche de surface pour:

a) Résister aux efforts horizontaux des pneumatiques

En effet, les pneumatiques exercent sur la chaussée des efforts horizontaux résultant de :

- La transmission de l'effort moteur (accélération),
- La mise en rotation des roues non motrices,
- La transmission de l'effort de freinage.

b) S'opposer à la pénétration de l'eau

Il est important d'empêcher l'eau de pénétrer dans les couches de la chaussée. Les conséquences sont connues:

- Elle délite les granulats,
- Elle ramollit les sols fins, faisant chuter leur portance.

1.4.3. Faut-il une couche de forme?

On peut rencontrer dans un même projet des sols de caractéristiques très variables. Afin d'améliorer et d'uniformiser la portance du sol, on est amené à interposer, entre le sol support et les couches de chaussée, un élément de transition qui peut être constitué soit de matériaux grenus roulés ou concassés, soit de matériaux traités aux liants hydrauliques. Il est appelé couche de forme.

1.5. Les différentes structures de chaussées

Selon le fonctionnement mécanique de la chaussée, on distingue généralement les trois différents types de structures suivants :

- Chaussée souples,
- Chaussées semi-rigides,
- Chaussées rigides.

1.5.1. Les chaussées souples

C'est une structure de chaussée dans laquelle l'ensemble des couches liées qui la constituent, sont traitées aux liants hydrocarbonés. La couche de fondation et/ou la couche de base peuvent être constituées de grave non traitée.

Dans le cas d'une chaussée neuve à faible trafic, la structure type est illustrée sur la figure 10.

1.5.2. Les chaussées semi-rigides

Elles comportent une couche de surface bitumineuse reposant sur une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques disposés en une couche (base) ou deux couches (base et fondation). Dans le cas d'une chaussée neuve à faible trafic, la structure-type est illustrée sur la figure 10.

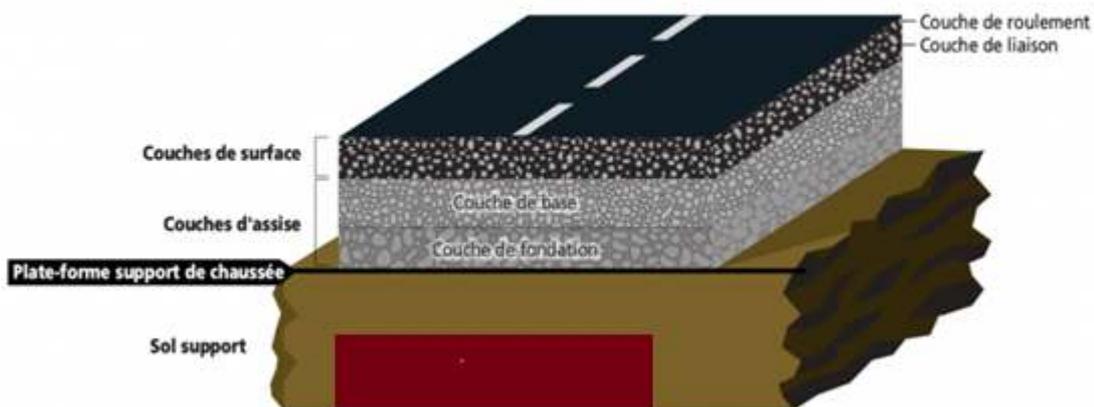


Figure 11. Structure type d'une chaussée souple

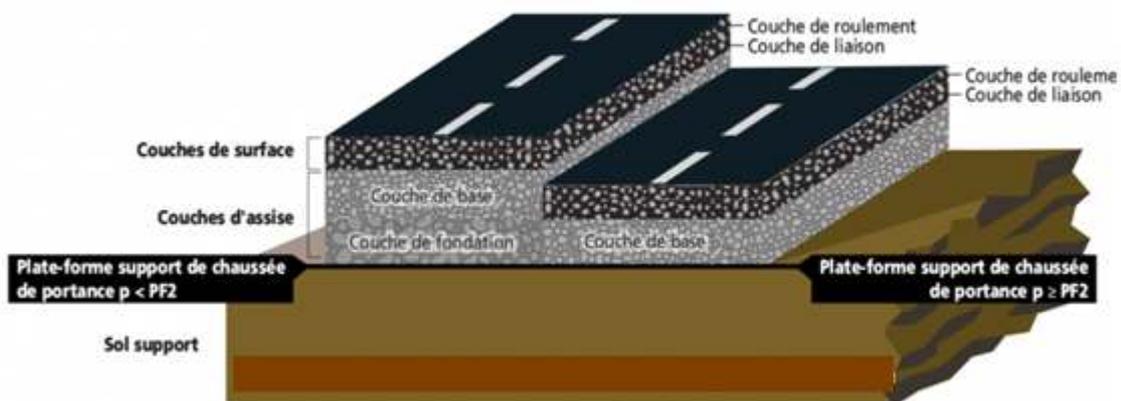


Figure 12. Structure type d'une chaussée semi rigide

1.5.3. Les chaussées rigides

Une chaussée rigide est constituée d'un revêtement en béton de ciment pervibré ou fluide. En règle générale, une chaussée en béton comporte, à partir du sol support, les couches suivantes (Figure13):

- Une couche de forme,
- Une couche de fondation,
- Une couche de roulement en béton de ciment.

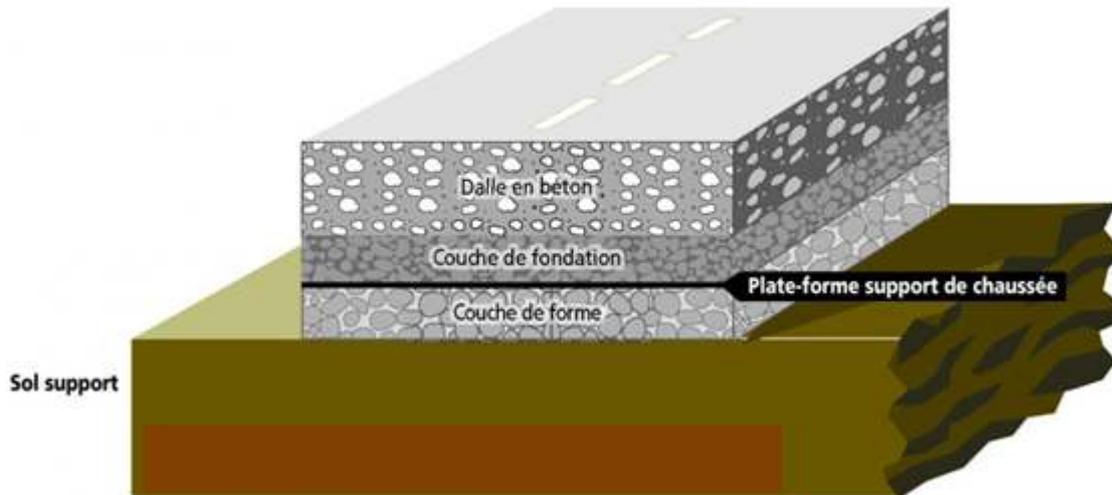


Figure 13. Structure type d'une chaussée rigide à trafic > 50 PL/j/sens

Dans le cas d'une chaussée neuve à faible trafic (trafic ≤ 50 PL/j/sens), la couche de fondation n'est pas nécessaire. La dalle en Béton de Ciment peut ainsi être réalisée directement sur l'arasement (avec une couche de réglage éventuelle) ou sur la plate-forme support de chaussée (figure 14).

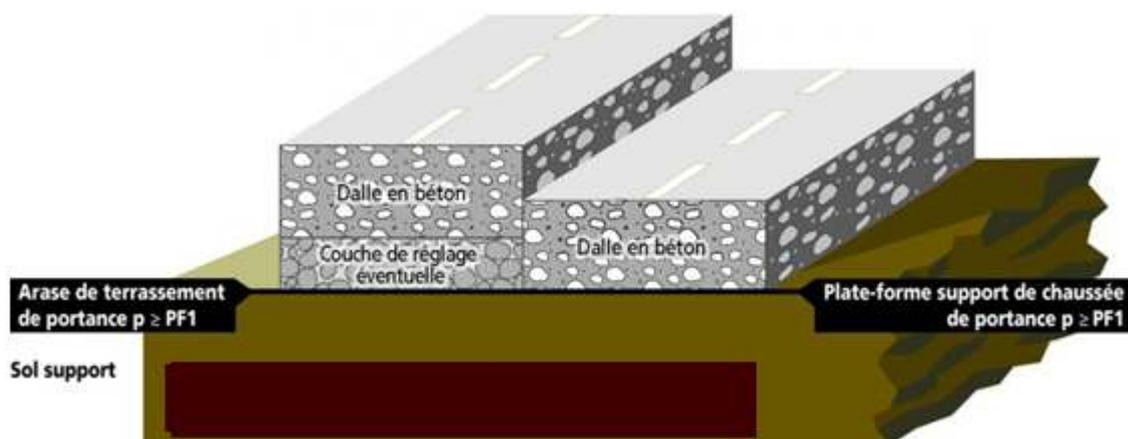


Figure 14. Structure type d'une chaussée à trafic < ou égale 50 PL/j/sens

1.6. Les aires de stationnement

1.6.1. Stationnement logement

Ceci est caractérisé par une durée longue, en général, ce stationnement est assuré en dehors des voiries de circulation, excepté dans les quartiers anciens.

Les garages privés tendent à manquer le stationnement alors s'effectue sur la voie publique.



Figure 15. Stationnement logement

1.6.2. Stationnement travail

Ce stationnement est également de longue durée sauf les zones industriels modernes, où il est assuré par l'employeur, en zone dense, ce stationnement se répercute sur plusieurs voies aux alentours de l'établissement.

1.6.3. Stationnement affaire

Contrairement aux deux premiers (1.6.1 et 1.6.2) ce stationnement est de courte durée, il est de l'ordre de ¼ heure à 1 heure.

Deux méthodes peuvent être utilisées pour évaluer la demande. La première consiste à prévoir le comportement des usagers l'autre à extrapoler.

La première méthode est basée sur des procédés statistiques et enquêtes qui sont fonctions de certains paramètres dont on distingue :

- La population totale de la zone urbanisée,
- Le taux de motorisation de la zone considérée,
- Le taux des véhicules en heure de pointe.

1.6.4. Demande de stationnement-logement

Pour chaque zone i , et à l'heure de pointe, la demande résiduelle D_i de stationnement-logement est donnée par l'expression :

$$D_i = P_i * m_c * t * (1 - d_i)$$

Dans laquelle les paramètres ont la signification suivante :

P_i : population total de la zone i

mc: taux de motorisation par habitant

t: pourcentage de véhicules présents à l'heure de pointe

di: pourcentage de la demande de stationnement dans les garages et cours intérieures.

1.6.5. Demande de stationnement travail

Pour chaque zone i, la demande de stationnement travail à l'heure de pointe est donnée par l'expression :

$$D_i = P \cdot \frac{1}{T_0} \left[1 - \mu_i \frac{\sum A_i - \sum \lambda_i A_i}{\sum E_i - \sum \lambda_i A_i} \right] (E_i - \lambda_i A_i) T_{ui}$$

P : pourcentage d'actifs présents à leur lieu de travail; p est de l'ordre de 90% à 95%

t : taux de présence à l'heure de point ; ce taux varie peu avec la taille de l'agglomération mais croît avec le taux d'utilisation de la voirie publique.

T₀ : taux d'occupation des V.P pour le motif du travail

μ_i: pourcentage d'actifs de la zone i se déplaçant à pied

A_i: nombre d'actifs habitant la zone i

E_i: nombre d'emplois de la zone i

λ_i: proportion d'actifs travaillant sur place

T_{ui}: pourcentage des déplacements motorisés en voie publique par rapport à l'ensemble des déplacements motorisés à destination de la zone i

1.6.6. Estimation de la demande de stationnement

- Habitation H.L.M : 0.5 à une place / appart,
- Habitation de standing : 1.5 à 2 places /appart,
- Bureaux laboratoire : 1 place /20m² bureaux ,1 place /4 employés,
- Centre commerciale : 1 place /50 m² de surface,
- Hôtel : 1 place / chambre,
- Zone industrielle : 0.7 place / ouvriers,
- Hôpital : 1 place / 5 lit,
- Cinéma : 1 place / 10 spectateurs,
- Restaurant : 1 place / 10 clients,
- Salle de jeux, de spectacle, de dancing : 1 place pour 20 m² de salle,
- Pour les établissements d'enseignement du premier cycle : une place de stationnement par classe,
- Pour les établissements d'enseignement du second cycle : deux places de stationnement par classe,
- Pour les établissements d'enseignement supérieur, le nombre de places doit répondre aux besoins créés par l'équipement en tenant compte de son lieu d'implantation et des possibilités de stationnement existantes à proximité.

1.6.7. Largeur à donner à la bande de stationnement :

Elle est fonction de la façon dont sont rangés les véhicules :

- **Parallèlement** à la voie (stationnement longitudinal) largeur normale 2.5, mètre (minimale 2 mètres),
- **En oblique** par rapport à la voie c'est à dire en épi :angle d'inclinaison conseillé : 45° ; largeur : 2.3 à 2.5 mètres,profondeur de la bande prise perpendiculairement à la voie 5.5 mètre pour les grosses voitures,
- **Perpendiculairement** à la chaussée, Largeur 2,5 mètres,profondeur : 5.5 mètre à 6 mètres,la piste d'accès doit avoir au moins 6mètres de large.

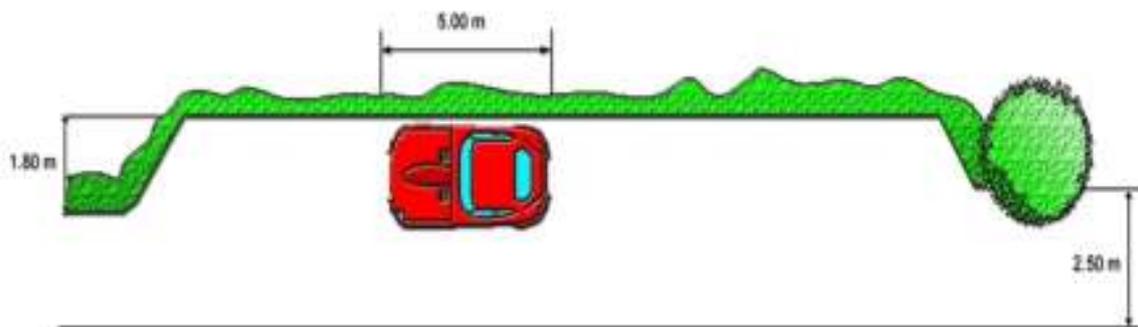


Figure 16. Stationnement parallèlement à la voie



Figure 17. Stationnement en oblique par rapport à la voie

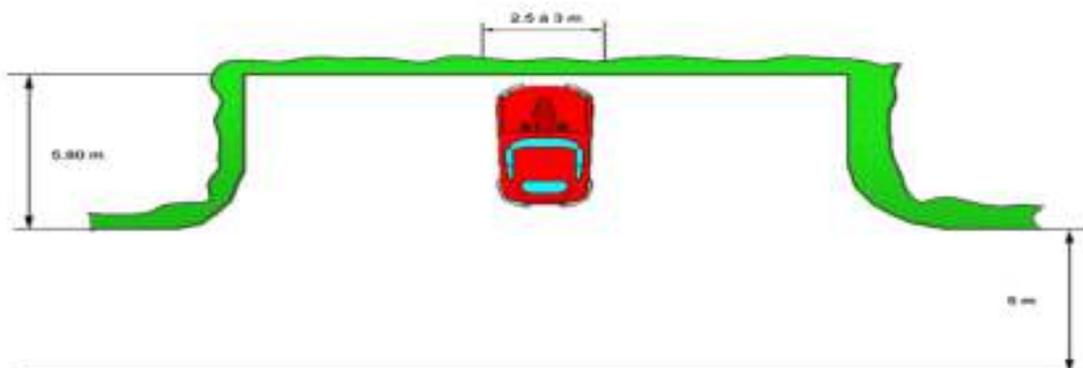


Figure 18. Stationnement perpendiculaire par rapport à la voie

1.7. Les trottoirs

1.7.1. Introduction

Les accotements dans une voie urbaines sont remplacés par les trottoirs dont la fonction n'a est pas seulement d'assurer une certaine fluidité rapide des piétons mais aussi, les promenades des gens pour voir les expositions dans les vitrines.

1.7.2. Capacité des trottoirs et vitesse de marche

Dans certains pays occidentaux on a observé que la vitesse moyenne de marche sans obstacle et de:

- En palier 5.8 km/h.
- En déclivité 2.9 km/h en montant.
- 3.5 Km/h en descendant.

A partir de ces vitesses moyennes, en pourrait déduire un débit horaire connaissant l'encombrement moyen d'un piéton qui varie selon l'environnement de la voirie.

Ainsi on estime que les débits horaires / mètre de largeur de trottoir son les suivants:

- Pour une voie commerçante 1000 p/h.
- Pour une voie non commerçante 2000 p/h.
- Pour les passagers spéciaux ou les gens circulent sans distraction (accès a la gare) 4000 à 4500 p/h.

1.7.3. Largeur des trottoirs

Les normes n'exigent que la largeur minimale du trottoir déterminée par le fait qu'un piéton et une voiture d'enfant puisse se croiser sans gêne. On obtient ainsi pour le trottoir d'une voirie tertiaire les dimensions suivantes:

- 1.50 m lorsque le trottoir ne comporte pas d'obstacle.
- 2.00 m lorsque le trottoir comporte des candélabres d'éclairages public.

1.7.4. Bordures de trottoirs

La séparation physique entre la chaussée et le trottoir est matérialisée par des bordures, qui constituent un obstacle pour l'envahissement du trottoir par les véhicules pendant les manœuvres de stationnement, la hauteur de bordure est fixée selon l'endroit de son implantation.

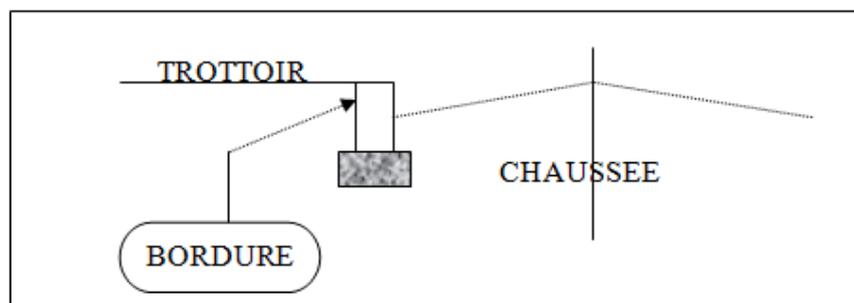


Figure 19. Schéma d'une bordure de trottoir

1.7.5. Types de trottoirs

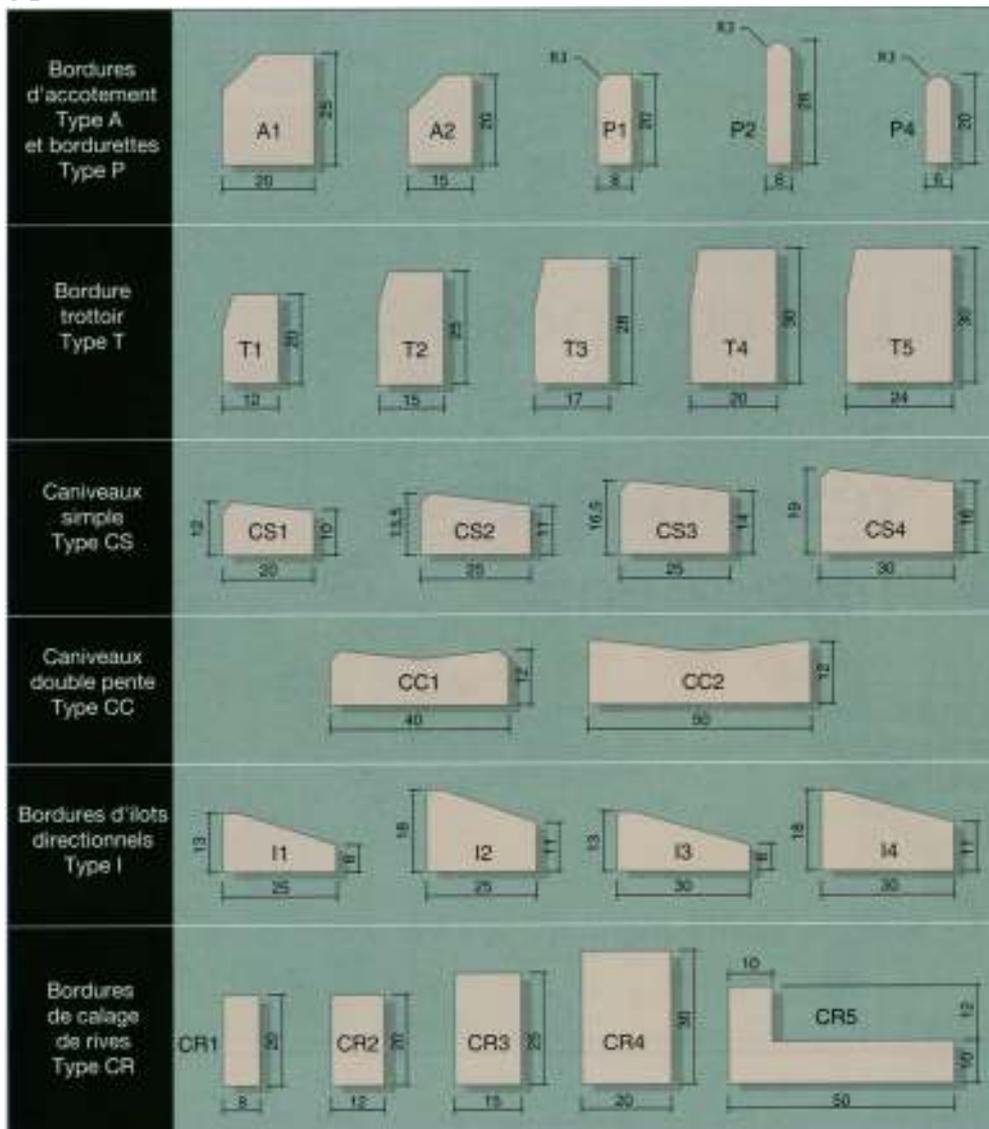


Figure 20. Différents types de trottoirs

1.8. Les voies réservées aux engins de secours

1.8.1. Voies pompières

Lorsqu'on procède à la conception d'une zone urbaine, on doit garder en vue que chaque bâtiment doit être desservi par un tronçon de voirie afin de permettre toute sorte de liaison entre l'intérieur de l'immeuble et l'environnement extérieur.

Lorsque le bâtiment est implanté loin de la voirie, ainsi le bâtiment est isolé à ce moment une voie pompière s'avère nécessaire afin de permettre aux véhicules de secours des sapeurs pompiers l'intervention facile et rapide en cas d'incendie.

1.8.1.1. Propriétés des voies pompières

Afin qu'une intervention des sapeurs-pompiers en cas d'incendie soit efficace sans gêne extérieure, la voie pompière doit avoir les caractéristiques suivantes:

- Possibilité de passage d'un véhicule de 13t portant une échelle de 30m.
- Les voies disposées en parallèle aux façades des bâtiments leur bord le plus proche étant situé d'au moins a 8m de façade. Les voies perpendiculaires aux façades situent a moins de 5m avec une largeur d'utilisation de 10m.
- Rayon de raccordement intérieur est de 11m au minimum avec une sur largeur ($s = 15/R$).
- La voie doit pouvoir résister à un effort de poinçonnement de 10 T sur un cercle de rayon de 20cm.

1.8.2. La voie engin

- C'est une voie d'accès au bâtiment, aménagée pour les véhicules de secours et de lutte contre l'incendie. Elle doit posséder les caractéristiques suivantes :
- Largeur minimale de la voie : 8 mètres
- Largeur utilisable : 3 mètres ($8m > \text{largeur de voie} > 12m$) ou 6 mètres ($\text{largeur de voie} > 12m$)
- Force portante : 90Kw/essieu séparés de 3,60m pour un VL de 160Kw
- Hauteur libre : 3,50m
- Pente $< 15\%$

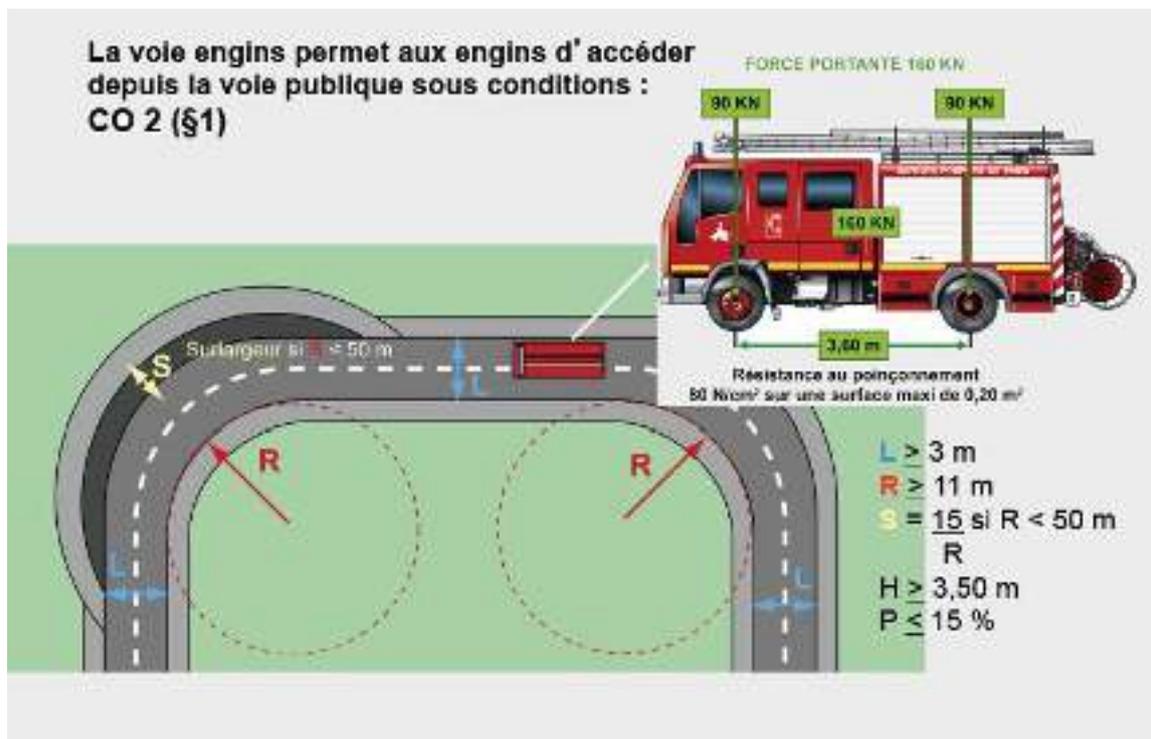


Figure 21. Voieengins

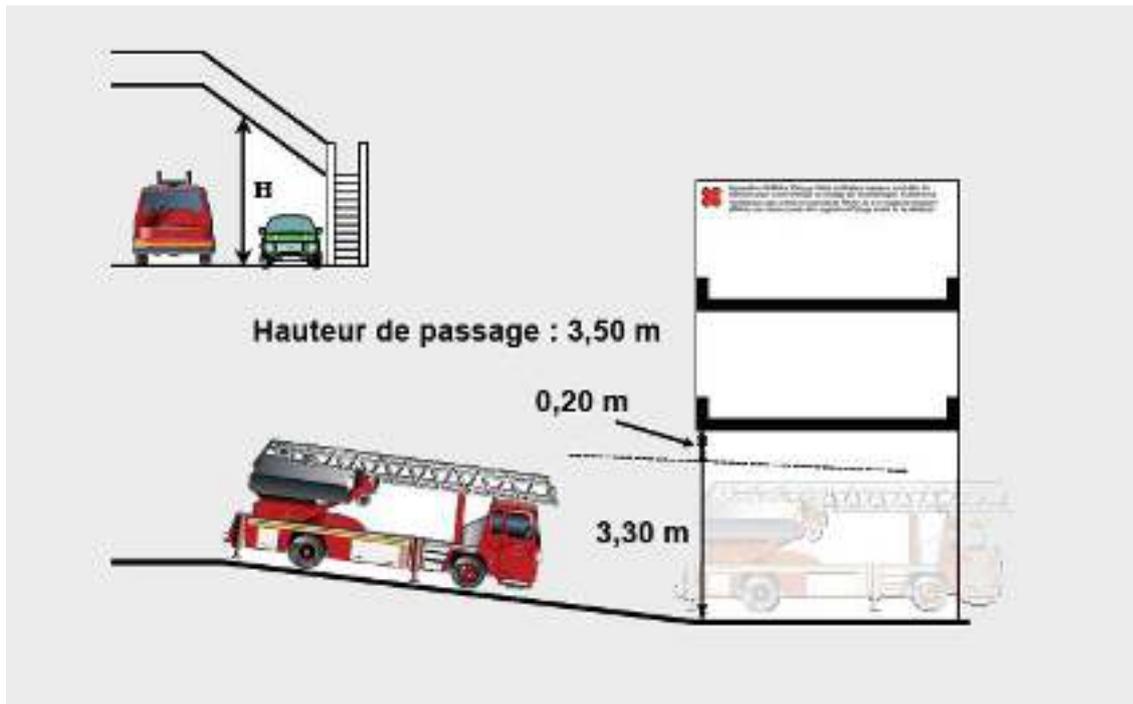


Figure 22. Caractéristique de la voie engin

1.8.3. La voie échelle

Elle est obligatoire pour les bâtiments dont le plancher bas du dernier niveau (PBDN) est à plus de 8m.

C'est une section de voie utilisable pour la mise en station des échelles aériennes. Si cette section de voie n'est pas sur la voie publique, elle doit lui être raccordée par une voie engin.

Elle doit posséder les caractéristiques suivantes :

- Longueur minimale : 10 mètres
- Largeur libre de la chaussée : 4 mètres
- Pente max 10%
- La disposition par rapport à la façade permet avec les échelles d'atteindre un point d'accès (balcons, coursives, etc.) à partir duquel les sapeurs-pompiers peuvent atteindre toutes les baies de la façade.

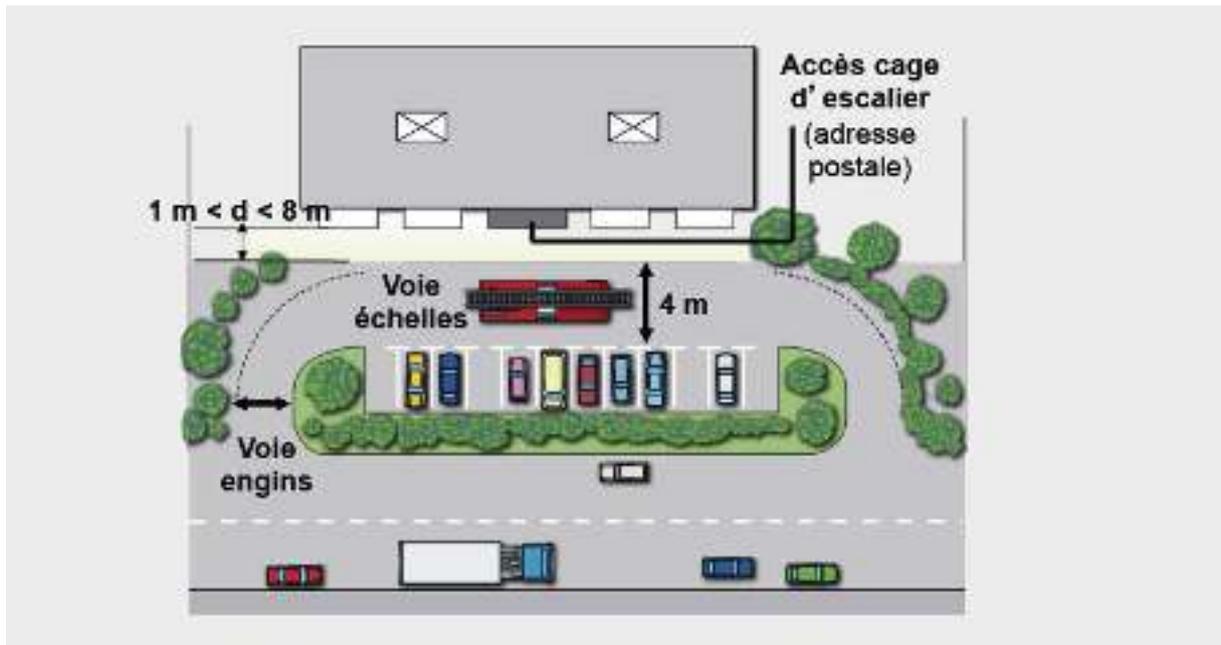


Figure 23. Voie échelle

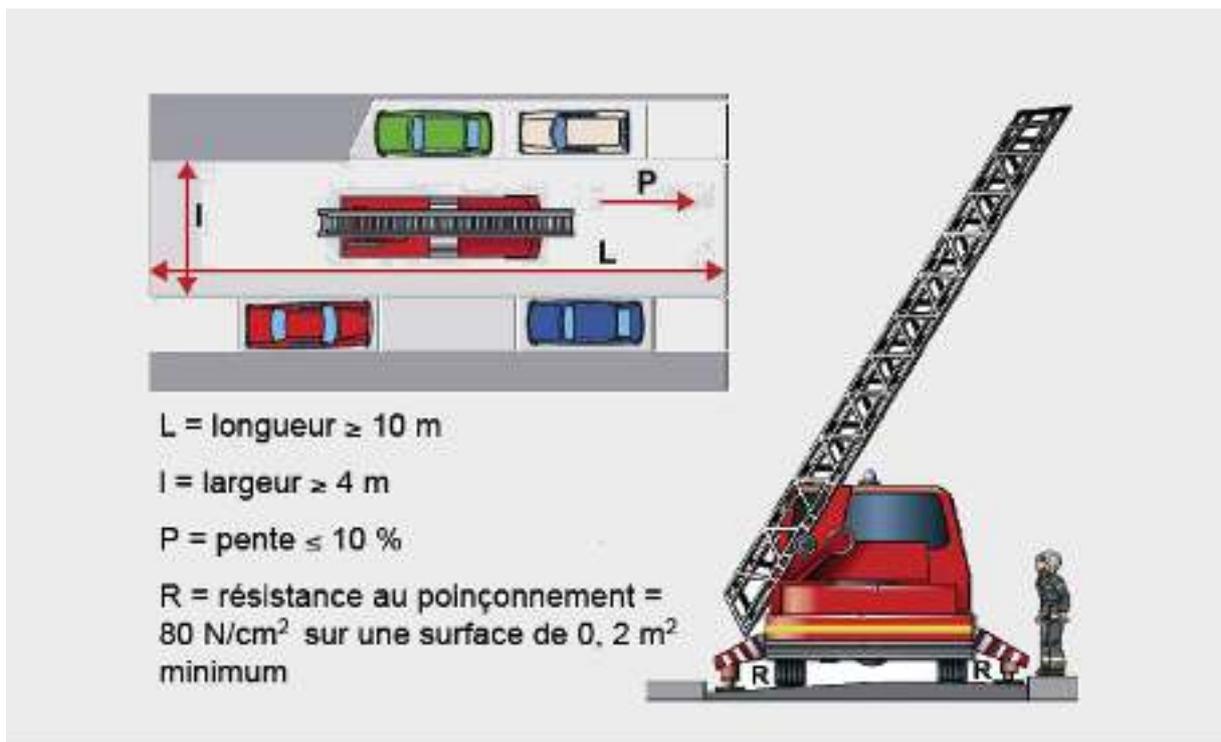


Figure 24. Caractéristique de la voie échelle

1.8.4. L'espace libre

Lorsque la disposition du bâtiment ne le permet pas, ou lorsqu'on souhaite éviter le tracé de voies goudronnées classiques (conservation du paysage, etc.), la solution de l'espace libre existe.

Elle doit posséder les caractéristiques suivantes :

- La plus petite dimension est au moins égale à la largeur totale des sorties de l'établissement sur cet espace (minimum 8m) et aucun obstacle ne doit s'opposer à l'écoulement régulier du public.
- Permet l'accès et la mise en œuvre facile du matériel nécessaire pour opérer sauvetages et combat du feu.
- Les issues de l'établissement sur cet espace libre sont à moins de 60m d'une voie engin. La largeur mini de l'accès à partir de cette voie est de 1,80m (si PBDN ERP < 8m) et 3m (si PBDN ERP > 8m)

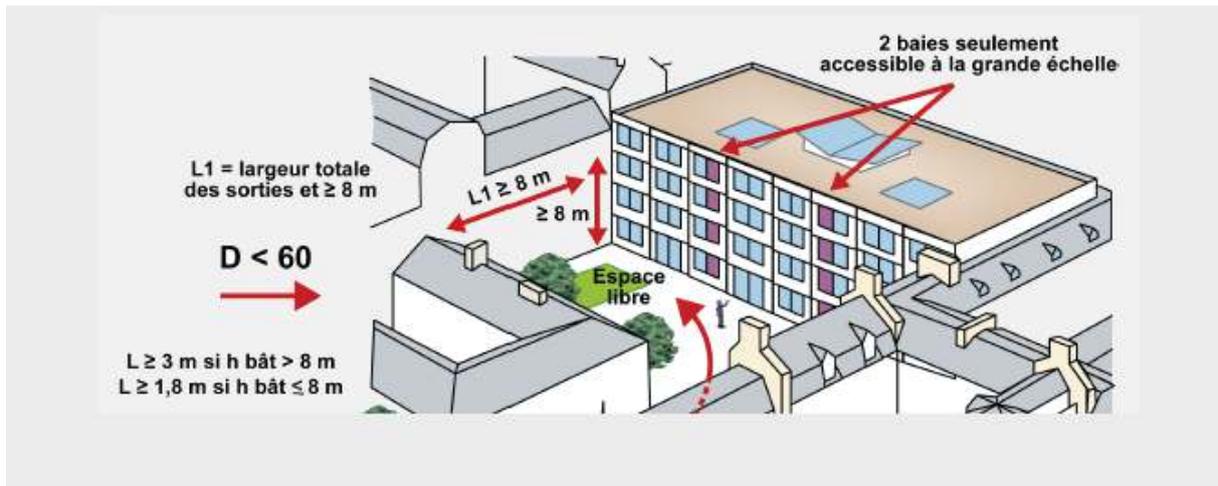


Figure 25. Espace libre

Chapitre 2

L'assainissement

2.1. Définition

L'assainissement a pour objet d'assurer l'évacuation de l'ensemble des eaux pluviales et usées ainsi que leur rejet dans les exutoires naturels par des modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement.

2.1.1. Natures des eaux d'assainissement

Les eaux d'assainissement sont de trois types :

- Eaux de ruissellement ;
- Eaux usées, d'origine domestique ;
- Eaux industrielles.

Ces eaux peuvent être séparées ou mélangées, ce qui fait apparaître la notion de l'effluent urbain constitué par des eaux usées, d'origine domestiques, plus ou moins polluées par des eaux industrielles et plus ou moins diluées par des eaux de ruissellement...

Les caractères de chacune de ces trois catégories sont

2.1.1.1. Eaux de ruissellement

Les eaux de ruissellement comprennent les eaux de la pluie, les eaux de lavage et les eaux de drainage.

La pollution des eaux de ruissellement est variable dans le temps, plus forte au début d'une précipitation qu'à la fin par suite de nettoyage des aires balayées par l'eau.

2.1.1.2. Eaux usées, d'origine domestique :

Les eaux usées d'origine domestiques comprennent :

- Les eaux ménagères (eaux de cuisine, de lessive, de toilette,....)
- Les eaux vannes (en provenance des WC, matières fécales et urines).

2.1.1.3. Eaux industrielles :

Les eaux industrielles sont celles en provenance des diverses usines de fabrication ou de transformation.

2.1.2. Types de système d'assainissement, leurs avantages et inconvénients

Les systèmes d'assainissement les plus rencontrés sont :

- Le système séparatif,
- Le système unitaire,
- Le système pseudo-séparatif,
- Le système individuel.

2.1.2.1. Système séparatif

Le système séparatif se compose de deux réseaux : un réseau pour les eaux usées et un réseau pour les eaux pluviales.

La collecte séparative des eaux usées domestiques nécessite des ouvrages de section réduite en raison du volume limité des effluents en cause. C'est un système économique pour autant que l'évacuation des eaux pluviales ne nécessite pas un autre réseau complet c'est à dire qu'elle puisse être réalisée en faisant un large appel au ruissellement dans les caniveaux.

Le recours à un assainissement séparatif peut être avantageux, en particulier pour l'équipement de quartiers résidentiels réalisés progressivement, si le réseau unitaire existant à l'aval, est sur le point d'être saturé, ou se trouve saturé.

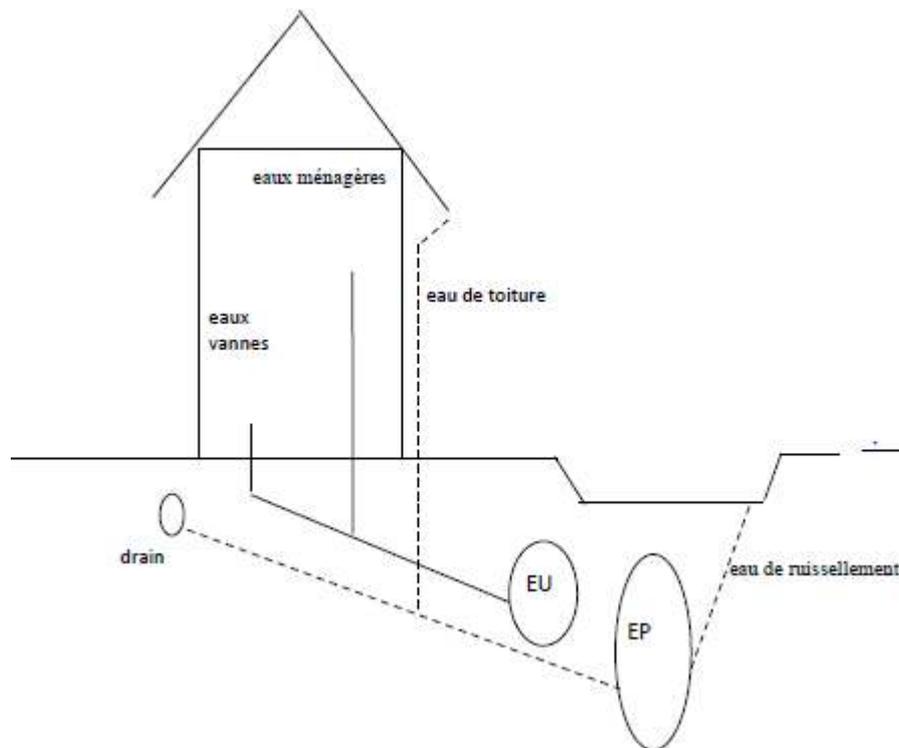


Figure 26. Système séparatif

2.1.2.2. Système unitaire

Il s'impose lorsqu'il n'y a pas de possibilité de concevoir économiquement un réseau des eaux pluviales de surface, c'est à dire :

- Si l'exutoire est éloigné des points de collecte.
- Lorsque les pentes du terrain sont faibles, ce qui impose de grosses sections aux réseaux d'égouts séparatifs.
- Lorsque la proportion de surfaces imperméables (toitures, chaussées, parking, cours) est très élevée et que leurs pentes sont faibles, ce qui impose des ouvrages d'évacuation importants, où il est possible, sans dépenses supplémentaires, d'ajouter les eaux résiduares domestiques.

L'exemple très reconnu pour les systèmes individuels est la fosse septique.

Il est reconnu que le système unitaire est intéressant par sa simplicité, puisqu'il suffit d'une canalisation unique dans chaque voie publique et d'un seul branchement pour chaque habitation.

Le premier flot d'orage fortement souillé, parvient jusqu'à l'aval du réseau, les déversoirs d'orages n'étant pas encore entrés en action, une partie des eaux de ruissellement est donc traitée dans la station d'épuration.

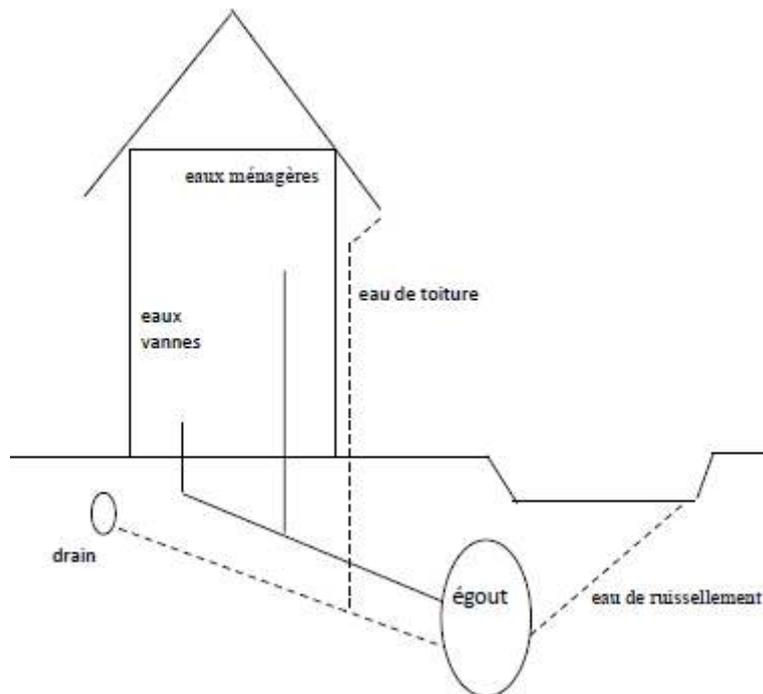


Figure 27. Système unitaire

2.1.2.3. Système pseudo-séparatif

Les eaux météoriques y sont divisées en deux parties :

- D'une part, les eaux provenant des surfaces de voiries qui s'écoulent par des ouvrages conçus à cet effet : caniveaux, fossés, etc...
- D'autre part, les eaux des toitures, cours, jardins qui déversent dans le réseau d'assainissement à l'aide des mêmes branchements que ceux des eaux usées domestiques.

Ce système est intéressant lorsque les surfaces imperméabilisées collectives (voiries, parking, etc...) représentent une superficie importante avec de fortes pentes. Il constitue alors une alternative au réseau séparatif, en réduisant le nombre de branchements par habitation à un.

2.1.2.4. Assainissement individuel

L'assainissement individuel est le système utilisé dans les zones urbaines à faible densité dans lesquelles les eaux usées d'une habitation sont éliminées au niveau même de cette habitation ou à l'extérieur dans un terrain limitrophe.

Avantages et inconvénients des systèmes d'assainissement

Système d'assainissement	Avantages	Inconvénients
Séparatif	<ul style="list-style-type: none"> • Permet d'évacuer rapidement les eaux • Assure à la STEP un fonctionnement régulier 	<ul style="list-style-type: none"> • Multiplication de branchement • Investissement important (mise en place de deux réseaux)
Unitaire	<ul style="list-style-type: none"> • Simple • Un seul réseau • Pas de risque d'erreur de branchement 	<ul style="list-style-type: none"> • Dilution des eaux de la STEP en période pluvieuse (Débit très variable) • Ouvrage important
Pseudo-séparatif	<ul style="list-style-type: none"> • Eaux usées et eau de ruissellement des habitations combinées • Pas de risque d'erreur de branchement 	<ul style="list-style-type: none"> • Investissement important pour la mise en place de deux réseaux
Individuel	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilités d'assainissement de zone de faible densité • Investissement réduit 	<ul style="list-style-type: none"> • Risque de pollution des eaux souterraines

Tableau 1. Avantage et inconvénients des systèmes d'assainissement

2.2. Evaluation des débits des eaux usées

2.2.1. Généralités

Les calculs des débits d'eaux usées portent essentiellement sur l'estimation des quantités et de la qualité de rejets liquides provenant des habitations et lieux d'activité.

Les rejets unitaires à considérer dépendent des facteurs socio-économiques que l'on peut intégrer dans les catégories d'occupation des sols, en fonction de l'importance de l'agglomération et de son activité dominante, sa spécificité.

Après les différents usages, les principes d'assainissement sont l'évacuation rapide, sans stagnation des eaux usées pour éviter les fermentations putrides et les rejets qui pourraient provoquer la contamination du milieu récepteur, tout en tenant compte des contraintes économiques d'équipement.

Les eaux spécifiquement industrielles : eaux de refroidissement, de lavages des produits ou résultant de certains processus, doivent théoriquement être traitées, ou détoxiquées avant rejet dans le réseau.

Les eaux usées sont d'origine :

- Domestique,
- Industrielle,
- Equipements publics.

2.2.2. Eaux usées domestiques

2.2.2.1. Qualité des eaux domestiques

Les eaux usées contiennent, en général, les matières polluantes que nous pouvons classer comme suit :

- Des matières solides,
- Des nutriments,
- Des organismes pathogènes,
- Des métaux lourds.

a- Matières solides

C'est l'ensemble des matières en suspension et des sels dissous généralement exprimés en masse après évaporation de l'eau. Ces matières sont divisées en deux parties :

- Les matières en suspension qui flottent à la surface ou qui sont en suspension dans la masse d'un liquide et que l'on peut enlever par filtration.
- Les matières dissoutes et colloïdales contenues dans l'eau et obtenues par différence entre les matières solides et les matières en suspension

b- Nutriments

Ce sont des éléments essentiels à la croissance des plantes. Leur déversement dans un cours d'eau favorise la croissance des plantes aquatiques indésirables. Les deux nutriments les plus importants sont l'azote (N) et le phosphore (P). Les eaux usées en contiennent de façon significative.

c- Organismes pathogènes

Les organismes pathogènes proviennent d'êtres humains infectés. Ils peuvent causer des maladies telles que la diarrhée, le choléra, etc. Ils sont présents en grand nombre dans les eaux usées.

d- Métaux lourds

Les métaux lourds (Pb, Cd, Cr, etc.) sont toxiques lorsqu'ils sont présents en quantités appréciables. Ils peuvent nuire à la vie aquatique dans les cours d'eau ou empêcher le fonctionnement normal des traitements biologiques. Ils proviennent généralement des rejets industriels.

2.2.2.2. Calcul des débits des eaux usées

La production des eaux usées dépend de la consommation d'eau potable, du taux de retour à l'égout (Tres) ainsi que du taux de raccordement au réseau d'égout (Trac). Elle est calculée comme suit :

$$Q_{m,EU} = Tres * Trac * Q_{m,AEP} \quad (2.1)$$

Avec :

$Q_{m,AEP}$: consommation moyenne d'eau potable.

Le calcul des besoins de consommation d'eau potable se fait sur la base de la formule suivante:

$$Q_{m,AEP} = q_{pb} \cdot P_{pb} + q_{Adm} \cdot P_{tot} + q_{ind} \cdot P_{tot} + \dots \quad (2.2)$$

Où P_{pb} : population branchée au réseau d'eau potable

Avec :

$$P_{pb} = T_B * P_{tot} \quad (2.3)$$

T_B : taux de branchement au réseau d'eau potable

P_{tot} : population totale de la ville.

q_{pb} : dotation en eau de la population branchée

q_{Adm} : dotation des administrations

q_{Ind} : dotation des industries

Débit de pointe journalière :

Le calcul de pointe lors du jour de production maximale $Q_{max,j}$ est fait en se basant sur la pointe journalière relative à la consommation en eau potable. Le débit maximal journalier se calcule de la manière suivante :

$$Q_{max,j} = C_{pj} * Q_{m,EU} \quad (2.4)$$

Le coefficient de la pointe journalière, C_{pj} , est le rapport du volume moyen d'eau potable des trois journées successives les plus chargées de l'année sur le volume moyen annuel.

Débit de pointe horaire :

Le débit de pointe horaire tient compte de la variation de la production en eaux usées lors d'une journée. Le débit maximal horaire de temps sec se calcule de la manière suivante :

$$Q_{max,h} = C_{pj} * C_{ph} * Q_{m,EU} / 24 \quad (2.5)$$

Le coefficient de pointe horaire C_{ph} se définit comme le rapport du débit maximum dans l'heure la plus chargée $Q_{max,EU}$ sur le débit moyen journalier $Q_{m,EU}$,

Le coefficient de pointe horaire est déterminé par la formule ci-dessous, en cas d'absence de statistiques :

$$C_{ph} = a + \frac{b}{\sqrt{Q_M}} \quad (2.6)$$

Avec Q_M en (l/s) et $a = 1.5$; $b = 2$ et $C_{ph} \leq 3$

Le débit maximal de temps sec exprimé en l/s se calcule de la manière suivante:

$$Q_{max,EU} = \frac{C_{pj} C_{ph} Q_{m,EU}}{24 * 3.6} \quad (2.7)$$

Avec :

$Q_{m,EU}$ en (m³/j)

L'expression générale de ce débit de pointe en tenant compte de la répartition spatiale des usagers de l'eau est :

$$Q_{max,EU} = \frac{C_{pj} * C_{ph} * \sum S_i d_i d_{NG} * T_{res} T_{rac}}{24 * 3.600} \quad (2.8)$$

Avec :

$Q_{m,EU}$ en (l/s)

C_{pj} : coefficient de pointe journalière

C_{ph} : coefficient de pointe horaire

S_i : superficie (ha) du sous-bas sin correspondant à la zone homogène i

d_i : densité brute en hab/ha de la zone homogène i

T_{rac} : taux de branchement à l'égout

T_{res} : coefficient de retour à l'égout

d_{NG} : dotation en eau (l/j/hab.)

2.2.3. Les eaux industrielles

Les eaux industrielles sont celles en provenance des diverses usines de fabrication ou de transformation.

2.2.3.1. Qualité des eaux industrielles

Les eaux industrielles sont extrêmement variées selon le genre de l'industrie dont elles proviennent. Elles contiennent les substances les plus diverses, pouvant être acides ou alcalines, corrosives ou entartrantes à température élevée, souvent odorantes et colorées.

Ces eaux peuvent nécessiter un prétraitement en usine car il faut éviter d'accueillir dans le réseau général, des eaux dont le traitement se révélerait difficilement compatible avec ceux des effluents urbains.

2.2.3.2. Quantités à évacuer

Les quantités d'eaux évacuées par les industries dépendent de plusieurs facteurs :

- Nature de l'industrie,
- Procédure de fabrication utilisée,
- Taux de recyclage effectivement réalisé.

Il ne peut donc être indiqué que des fourchettes de quantités évacuées, une étude étant à entreprendre dans chaque cas particulier.

Une étude de consommation d'eau a permis de dégager trois types de zones :

- Zones d'entrepôts. ou de haute technicité : 10 à 12 m³ / j /ha lot,
- Zones d'emplois, petites industries et ateliers : 20 à 25 m³ /j /ha lot,
- Zones d'industries moyennes : 50 à 150 m³ /j / ha lot.

En ce qui concerne le rapport du débit de pointe horaire au débit moyen horaire calculé sur le nombre d'heures de travail, celui-ci, se situe généralement, entre les valeurs 2 et 3.

2.3. Dimensionnement des canalisations

La connaissance des débits à évacuer et pente des ouvrages permet de choisir la section qui sera déduite de la formule d'écoulement adoptée. Les dimensions des canalisations varient selon des diamètres courants de fabrication, ce qui apporte de ce fait une capacité d'écoulements.

Les ouvrages sont calculés selon la formule de Chézy.

$$V = C\sqrt{RI} \quad (2.9)$$

Avec : **R** est le rayon hydraulique **R= S/P**

S est la surface d'écoulement en (m²), P le périmètre mouillé en (m) et C : le coefficient de Bazin donnée par la relation en (m^{1/2}/s):

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \quad (2.10)$$

γ : La rugosité de la paroi selon Bazin en (m^{1/2})

Nature des parois	γ (m ^{1/2})
Conduites en PVC ou en béton lisse	0.06
Conduites en béton dégradé	0.16
Maçonnerie ou conduites très dégradés	0.46
Terre non végétalisée	0.85
Terre végétalisée ou très érodée	1.3

Tableau 2. Valeur de la rugosité des parois pour quelques parois

2.3.1. Calcul des réseaux unitaires

Les ouvrages sont calculés pour pouvoir transiter les débits pluviaux en fonction de la région d'implantation des ouvrages et la période de retour d'insuffisance retenue ; il ne sera pas tenu compte des débits d'eaux usées qui sont négligeables par rapport aux débits d'eaux pluviales.

2.3.1.1. Calcul des sections

Le diamètre minimal des canalisations est fixé à 300mm. En égard aux dépôts qui peuvent se former, le coefficient (γ) de la formule de Bazin est pris égal à 0,46 d'où :

$$C = 60R^{1/4} \quad (2.11)$$

$$V = 60R^{3/4}I^{1/2} \quad (2.12)$$

$$Q = 60SR^{3/4}I^{1/2} \quad (2.13)$$

Au-delà de 0,60 m de diamètre, l'utilisation des tuyaux ovoïdes est parfois jugée préférable car leur section inférieure permet un meilleur écoulement du flot de temps sec.

La variation du débit transité est fonction de la hauteur de charge dans les ouvrages d'assainissement. Pour le cas d'une conduite circulaire ou ovoïde, on a : Pour un remplissage de l'ouvrage à 90%, on a :

$$Q_h/Q_H = 1,06 \text{ d'où } : Q_h = 1,06 Q_H \quad (2.14)$$

Soit Q_h le débit (calculé) des eaux à faire évacuer par l'ouvrage. On doit dimensionner par :

$$Q_H = Q_h/1,06 \quad (2.15)$$

On peut utiliser les abaques ou faire un calcul direct (voir annexe).

$$\text{Sachant que } S = \pi D^2/4 \text{ et } P = \pi D \text{ il vient que } R = S/P = D/4 \quad (2.16)$$

Par conséquent :

$$Q = 60 S R^{3/4} I^{1/2} = 16.66 D^{11/4} I^{1/2} \quad (2.17)$$

D'où :

$$D = \frac{Q^{11/4}}{16.66^{4/11} I^{2/11}} \quad (2.18)$$

2.3.1.2. Conditions d'écoulement

Un réseau d'assainissement du type unitaire doit, dans la mesure du possible, être auto-cureur c'est à dire qu'il doit être conçu de telle manière que :

- Les sables soient automatiquement entraînés pour des débits pluviaux atteints assez fréquemment.
- Les vases fermentescibles soient également entraînés pour le débit des eaux usées. Ces conditions sont à peu près satisfaites dans les ouvrages calculés pour l'évacuation du ruissellement de fréquence décennale en y réalisant des vitesses de 0,60 m/s pour 1/10 du débit à pleine section et de 0,30 m/s pour 1/100 de ce même débit. Ces vitesses sont toutes deux obtenues avec des vitesses à pleine section de l'ordre de 1 m/s sur les canalisations circulaires et de 0,90 m/s sur les tuyaux ovoïdes. Si les conditions d'autocurage ne sont pas réalisées, il faut prévoir soit la mise en place de chasses automatiques soit l'utilisation périodique d'engins de curage.

2.3.1.3. Conditions d'implantation et de fonctionnement des réseaux

L'implantation des réseaux est étudiée en donnant aux canalisations amont des pentes permettant l'autocurage. La pente minimale souhaitable est de 5 pour mille.

La profondeur des ouvrages doit permettre le raccordement des immeubles riverains au moyen de branchements, dans la mesure du possible, un peu au-dessus du plan d'eau de temps sec.

Dans le souci de prévenir la dégradation des joints des ouvrages non visitables ou d'assurer la sécurité du personnel des ouvrages visitables, la vitesse de l'eau ne devra pas dépasser 4 m/s à 5 m/s.

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

2.3.2. Calcul des réseaux séparatifs

2.3.2.1. Ouvrages pluviaux

Ces ouvrages sont, d'une manière générale, calculés comme les ouvrages unitaires et ce pour un débit correspondant à l'averse dont la fréquence a été adoptée.

Les conditions de l'autocurage seront moins impérieuses que sur les réseaux unitaires du point de vue hygiène ; les pentes limites pourront, de ce fait, être un peu plus faibles.

Les canalisations doivent être groupées par réseaux partiels, orientés selon les plus grandes pentes et se dirigeant, au plus près, vers le milieu récepteur.

La profondeur des ouvrages peut être réduite, du fait qu'ils n'ont à évacuer que les eaux superficielles mais ce, tout en respectant la question relative à leur résistance mécanique.

2.3.2.2. Canalisations d'eaux usées

Il faut évaluer les débits de pointe pour le calcul des sections des canalisations et aussi les débits minimaux pour la vérification des conditions d'autocurage.

2.3.2.2.1. Sections

Le diamètre minimal des canalisations est fixé à 200 mm. En égard à la pellicule grasse qui se dépose à l'intérieur des ouvrages, le coefficient γ de la formule de Bazin est pris égal à 0,25 d'où :

$$C = 70 R^{1/6} \quad (2.19)$$

$$V = 70 R^{2/3} I^{1/2} \quad (2.20)$$

$$Q = 70 S R^{2/3} I^{1/2} \quad (2.21)$$

Des abaques sont établis pour des conduites pleines (Voir annexe).

2.3.2.2.2. Conditions d'écoulement

Les conditions d'autocurage sont les suivantes :

- A pleine ou à demi-section, la vitesse d'écoulement doit être supérieure à 0,70 m/s, cette limite pouvant, à l'extrême rigueur être abaissée à 0,50 m/s.
- Le remplissage de la conduite doit être assuré au 2/10 du diamètre pour le débit moyen, la vitesse d'écoulement étant alors au minimum de 0,30 m/s.

Les conditions d'autocurage sont souvent délicates à réaliser dans les parties amont des réseaux où les débits sont faibles ; on est alors conduit à rechercher des pentes de 4 à 5 pour mille afin d'améliorer le régime des vitesses, tout en ne perdant pas de vue la nécessité du remplissage au 2/10 du diamètre.

A l'aval, il pourra être admis des pentes de 3 pour mille, le minimum 2 pour mille étant même admis moyennant une pose particulièrement soignée des canalisations.

2.4. Exercices

- a) Il est prévu de construire dans une région touristique un complexe résidentiel de 40 villas (R+1). Avec une moyenne de 20 habitants par villa et une dotation en eau potable de 150 (l/j/hab). Calculer le débit des eaux usées domestiques. (on prendra coefficient de pointe journalier $C_{pj}=1.25$)

Réponse :

On a : $40 \times 20 = 800$ habitants, soit donc un besoin en eau potable de $150 \times 800 = 120\,000$ l/j soit donc : $120\,000 / 86400 = 1.4$ l/s. Le débit moyen des eaux usées est de 80% de la consommation soit donc :

$$Q_{mEU} = 1.4 \times 0.8 = 1.12 \text{ l/s}$$

Avec un coefficient de pointe horaire :

$$C_{ph} = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{mEU}}} = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{1.12}} = 3.8$$

Le débit de pointe sera $Q_{pointe} = 1.4 \times 3.8 = 5.3$ l/s (c'est le débit de projet)

- b) Le débit moyen d'eau usées d'une ville est de l'ordre de 50 litres/ jours / habitant. On veut installer un nouveau collecteur pour assainir une population de 20 000 habitants localisée dans un nouveau lotissement. Ce collecteur sera branché à l'égout public. Le débit des eaux pluviales à été estimé à 623 l/s. Calculer le débit des eaux usées et le débit total sachant qu'il s'agit d'un réseau unitaire et que la pente du collecteur est de 5 pour mille (5‰). Calculer le diamètre du collecteur.

Réponse :

Le débit des eaux usées sera : $Q_{mEU} = 20\,000 * 50 = 12\,000 \text{ l/s}$. Le coefficient de pointe est :

$$C_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{mEU}}} = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{12}} = 2.22$$

Le débit de pointe sera :

$Q_p = 12 * 2.22 = 26.64 \text{ l/s}$, donc le débit total à évacuer est de : $Q_t = 623 + 26.64 = 650 \text{ l/s}$.

Le débit à véhiculer est de $Q = 60 * R^{3/4} * I^{1/2} * S$, avec $R = D/4$ et $S = \pi D^2/4$; il vient alors que :

$$Q = 1.15 D^{11/4}$$

Tout calcul fait, on trouve $d = 811 \text{ mm}$. En pratique on adoptera $D = 800 \text{ mm}$ (buse en béton vibré)

Vérification de la condition d'autocurage :

Eau pluviales : en pleine section on $V = 1.3 \text{ m/s}$ (pour $Q_p/10$ le rapport des vitesses est de 0.55 ; $V/1.3 = 0.55$ donc $V = 0.73 \text{ m/s}$. ainsi la première condition est remplie

Eau usées : pour 2/10 du diamètre le rapport des vitesses est de 0.6 ; $V/1.3 = 0.6$ d'où $V = 0.78 \text{ m/s}$ ($> 0.3 \text{ m/s}$ la deuxième condition d'autocurage est remplie)

- c) Le débit moyen en eau usée d'une agglomération est de 20 l/s, moyennant un coefficient de pointe égale à 2, une pente de terrain naturel de $4 * 10^{-4}$ et dans une conception de réseau séparatif. Calculer le diamètre du collecteur et vérifier la condition d'auto curage.

Réponse :

Sachant que $Q = 70 R^{2/3} I^{1/2} S$ et $S = \pi D^2/4$; $R = D/4$, il vient que :

$$Q = 22 D^{8/3} I^{1/2}$$

Il faut calculer D pour le débit de pointe, $I = 0.5\%$ (pente minimale admise).

$Q = 0.040 \text{ m}^3/\text{s}$; $I = 5.10^{-3}$ soit $D = 25 \text{ cm}$.

Avec ce diamètre et ce débit , la vitesse d'écoulement $V = 0.76 \text{ m/s}$ et la condition d'autocurage est respectée ceci afin d'éviter les dépôts.

Chapitre 3

Les réseaux divers (AEP, électricité et gaz)

3.1. Les réseaux d'alimentation en eau potable

3.1.1. Généralités

L'alimentation en eau potable représente l'ensemble des ouvrages et d'acteurs qui participe à la mise à disposition des utilisateurs d'une eau de bonne qualité et en quantité suffisante. Le terme couramment utilisé AEP représente alors l'alimentation en eau potable. La figure suivante représente le cycle d'extraction et de distribution des eaux de captage.

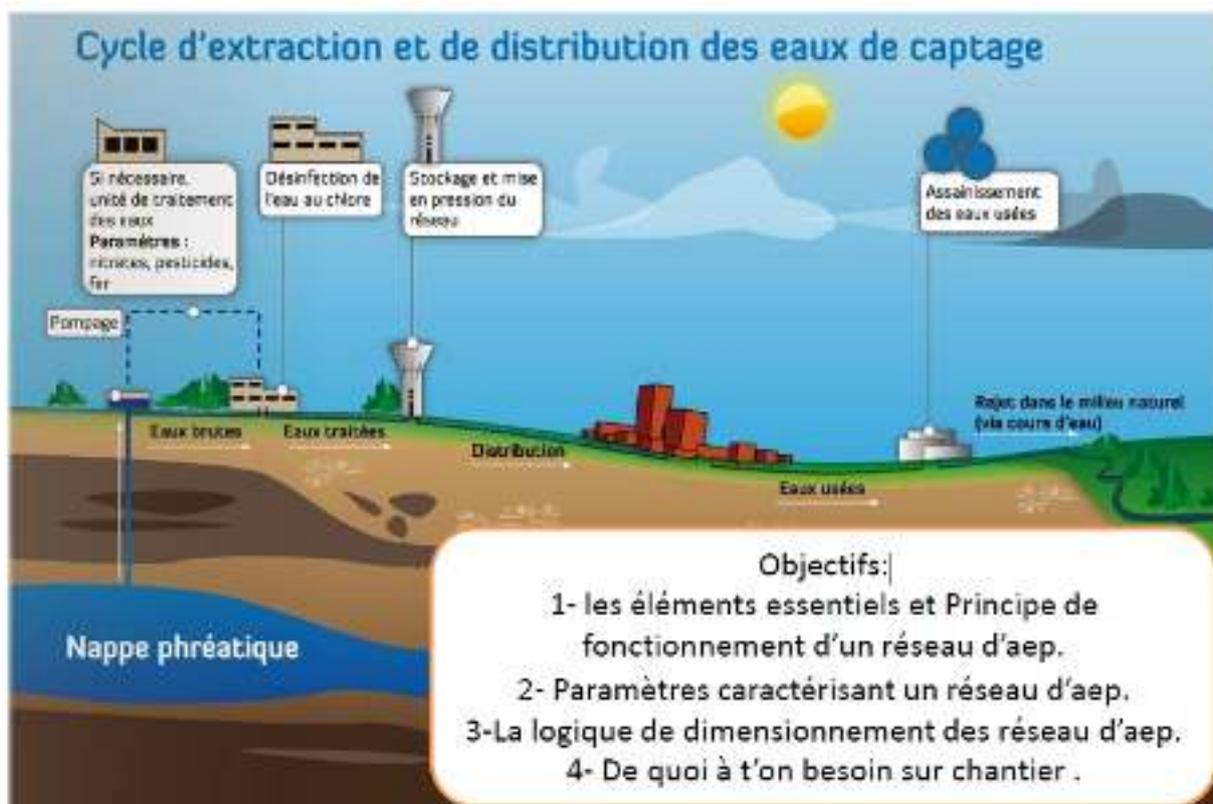


Figure 28. Principe et objectif de l'alimentation en eau potable

Donc l'alimentation en eau potable peut être schématisée par la figure suivante (Figure 29)

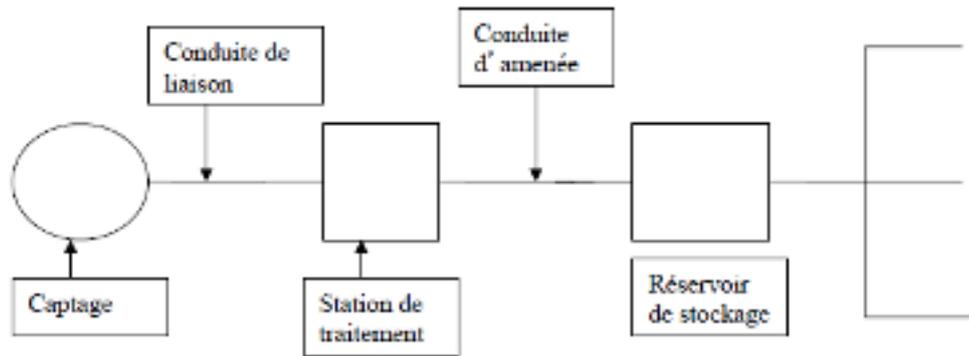


Figure 29. Schéma de l'alimentation en eau potable

3.1.1.1. Fonctions des installations

a- Captage ou prise

- D'origine superficielle : lac, barrage, oued, mer ...
- D'origine souterraine : nappe, source ...

b- Traitement des eaux : désinfection pour l'eau souterraine et traitement à la STP pour l'eau superficielle.

c- Conduite d'amenée: Conduite qui transporte l'eau entre la station de traitement et le réservoir de stockage.

- **Gravité**, si le niveau de la station de traitement (ou captage) est supérieur au niveau du réservoir (**conduite d'adduction**).
- **Refoulement** si le niveau de la S.T (ou captage) est inférieur au niveau du réservoir (**conduite de refoulement**).

d- Accumulation: L'accumulation des eaux (ou stockage) s'effectue dans des réservoirs pour assurer la régularité du débit capté et pour avoir des réserves d'eau en cas d'indisponibilité de la conduite d'amenée.

e- Réseau de distribution: Une série de conduites qui desservent les différents consommateurs. L'écoulement de l'eau dans les conduites de distribution se fait le plus souvent par gravité.

3.1.1.2. Usages fondamentaux de l'eau

Trois catégories de consommation :

- Domestique,
- Publiques,
- Industrielles, touristiques ...

3.1.1.2.1. Consommation domestique

Eau destinée aux besoins domestiques qui sont :

- Usages domestiques (boissons, lavage, douche, WC, ...),
- Arrosage des jardins.

3.1.1.2.2. Consommation publique

C'est une eau destinée aux équipements publics tels que les écoles, les administrations, les hôpitaux ...

3.1.1.2.3. Consommation industrielle

L'eau des industries est consommée de deux façons :

- Matière première,
- Refroidissement.

La consommation dépend de la nature de l'industrie.

3.1.1.2.4. Consommation touristique

Il s'agit de la consommation des établissements touristiques : hôtels, campings ...

3.2. Calcul des besoins en eau et détermination des débits aux nœuds

3.2.1. Calcul des besoins en eau

3.2.1.1. Différents types de besoins en eau

Il existe trois niveaux de besoins en eau

- **Consommation:** Quantité d'eau consommée par l'ensemble des utilisateurs (V_{cons})
- **Distribution:** Quantité d'eau distribuée à partir du (des) réservoir(s) (V_{dist})

$$V_{dist} = V_{cons} / \text{Rendement réseau} \quad (3.1)$$

- **Production:** Quantité d'eau produite = Quantité prélevée à partir du captage – perte au niveau de la production (V_{prod})

$$V_{prod} = V_{dist} / \text{Rendement adduction} = V_{cons} / \text{Rendement global} \quad (3.2)$$

Le rendement global est le produit des rendements du réseau de distribution et de l'adduction.

3.2.1.2. Calcul des besoins de consommation

Une distribution doit satisfaire aux besoins de ceux qu'elle dessert. Ces besoins sont variés, ils peuvent être classés en :

- Besoins domestiques,
- Besoins des administrations,
- Besoins industriels,
- Etc ...

Les besoins de consommation sont calculés par l'expression suivante :

$$V_{cons} = D_{OT_PB} * P_B + D_{OT_PNB} * P_{NB} + D_A * P + D_I * P \quad (3.3)$$

D_{OT_PB} : Dotation de la population branchée (l/j/hab),

P_B : Population branchée (hab),

D_{OT_PNB} : Dotation de la population non branchée (l/j/hab),

P_{NB} : Population non branchée (hab). $P_{NB} = P - P_B$,

P : Population totale (hab),
D_A : Dotation des équipements administratifs (l/j/hab),
D_I : Dotation des équipements industriels (l/j/hab).

3.2.1.3. Calcul de la population

Le nombre de population d'une agglomération dépend des facteurs suivants :

- Taux de natalité,
- Taux de mortalité,
- Immigration et émigration.

On peut connaître les populations des années passées sur la base des statistiques effectuées en :

- 1970 → P₀
- 1981 → P₁
- 1992 → P₂
- 2004 → P₃
- 2014 → P₄

Le calcul de la population peut s'effectuer par lune des méthodes suivantes :

- Méthode rationnelle,
- Méthode arithmétique,
- Méthode géométrique.

La méthode la plus utilisée est la méthode de progression géométrique :

$$P_n = P_0(1 + \tau)^n \quad (3.6)$$

P₀ : population à la date 0,

P_n : population à la date n,

τ : taux d'évolution de la population entre les dates 0 et n.

3.2.1.4. Dotations en eau

3.2.1.4.1. Dotation moyenne de la population branchée

La dotation de la population branchée est obtenue par l'expression :

$$D_{OT_PB} = C_{ONS_PB} / P_B \quad (3.7)$$

D_{OT_P_B} : Dotation de la population branchée (l/j/hab),

C_{ONS_P_B} : Consommation de la population branchée (m³/j),

P_B : Population branchée (hab),

La population branchée est calculée par :

$$P_B = T_B \times P \quad (3.8)$$

T_B : taux de branchement au réseau d'eau potable,

P : nombre de population (hab).

Exemple :

$P = 20\,000$ hab, $T_B = 50\%$, $C_{ONS\ PB} = 1000\text{ m}^3/\text{j}$

$P_B = 0,5 \times 20\,000 = 10\,000$ hab

$D_{OT_PB} = 1\,000 \times (1\,000/10\,000) = 100\text{ l/j/hab.}$

3.2.1.4.2. Dotation moyenne de la population non branchée

La dotation de la population non branchée au réseau d'eau Potable (alimentée par des bornes fontaines) est obtenue par l'expression :

$$D_{OT_PNB} = C_{ONS\ PNB} / P_{NB} \quad (3.9)$$

D_{OT_PNB} : Dotation de la population non branchée (l/j/hab),

$C_{ONS\ PNB}$: Consommation de la population non branchée (m³/j),

P_{NB} : Population non branchée (hab).

Avec :
$$P_{NB} = P - P_B \quad (3.10)$$

3.2.1.4.3. Dotation des équipements administratifs

La dotation des équipements administratifs sert à calculer la consommation journalière des équipements administratifs en multipliant cette dernière par la population totale de l'agglomération.

$$D_A = C_{EA} / P \quad (3.11)$$

D_A : Dotation des équipements administratifs (l/j/hab),

C_{EA} : Consommation des équipements administratifs (m³/j),

P : population totale (hab).

3.2.1.4.4. Dotation industrielle

La dotation industrielle est définie par : la consommation industrielle rapportée sur la population totale de l'agglomération (l/j/hab).

3.2.1.5. Variations des besoins

3.2.1.5.1. Variations journalières

Le coefficient de la pointe journalière, K_j , est le rapport du volumemoyen des trois journées successives les plus chargées de l'année sur le volume moyen annuel.

3.2.1.5.2. Variations horaires

Le coefficient de pointe horaire, K_h , est le rapport du volume moyen del'heure la plus chargée d'une journée par le volume moyen de cettejournée.

Exemple d'application pour le calcul des besoins en eau de la ville de Rommani (Maroc)

Statistiques de la population:

Années	1971	1982	1994
Population (habitant)	4494	9076	11433
Taux d'accroissement	6.53	1.94	
Nombre de personnes/ménage		5.3	5.08

Evolution de la population : Prévisions démographiques de la ville de Rommani

Horizon	1994	2000	2005	2010	2015	2020
Population (habitant)	11433	12825	14076	15314	16498	17686
Taux d'accroissement (%)	2.0	1.8	1.7	1.5	1.4	

Taux de branchement au réseau de distribution

Le taux de branchement calculé pour les années 2000 et 2001 sur la bases des nombres d'abonnés domestiques et d'un nombre de population parabonement.

Année	2000	2001
Nombre d'abonné domestiques	2000	2170
Nombre de population par abonnement (ménage par abonnement)	5.1	5.1
Taux de branchement	79%	84%

Les taux de branchement futurs sont fixés comme suit :

Année	2005	2010	2015	2020
Taux de branchement	85%	90%	98%	98%

Dotation en eau de la population

Les dotations en eau des différents abonnés (population branchée, population non branchée, administration, industrie) sont calculées sur les tableaux donnés ci-dessous pour les années 2000 et 2001.

Année	Population (hab.)		Consommation (m ³ /J)		Dotation (l/j/hab.)	
	Branchée	Non branchée	Pop. Branchée	Pop. Non branchée	Pop. Branchée	Pop. Non branchée
2000	10172	2704	544	39	53,3	14,5
2001	11010	2097	593,2	28	54	13,5

Dotation futur de la population :

Année	2005	2010	2015	2020
Population branché (l/j/hab.)	60	60	60	60
Population Non branché (l/j/hab.)	15	15	15	15

Dotation en eau des administrations et des industries

Année	Population totale (hab.)	Consommation (m ³ /j)		Dotation (l/j/hab.)	
		Administration	Industrie	Administration	Industrie
2000	12875	116	26	9	2
2001	13107	116,6	31,1	9	2.4

Pour les horizons futurs, on adopte :

- la dotation administrative : 10 l/j/hab,
- la dotation des industries : 5 l/j/hab.

Rendement

L'évolution des rendements d'adduction et de distribution pendant les Années 2000 et 2001 est :

Année	Production (m ³ /an)	Distribution (m ³ /an)	Consommation (m ³ /an)	Rendements (%)	
				Adduction	Réseau
2000	314488	286758	264350	91,2	92,2
2001	340444	318323	280575	93,5	88,1

Pour les horizons futurs : nous retiendrons un rendement plus réaliste (85 %) pour le réseau de distribution et de 92 % pour l'adduction.

Coefficients de pointe retenus

- Coefficient de pointe journalière : 1,3,
- Coefficient de pointe horaire : 2.

Tableau des Besoin en eau de Rommani

Désignation	Statistiques			Prévisions				
	1994	2000	2001	2002	2005	2010	2015	2020
Population du centre	11433	12875	13107	13343	14077	15315	16498	17686
Taux d'accroissement (%)	2%	1.8%	1.8%	1.8%	1.7%	1.5%	1.4%	
Taux de branchement (%)		79%	84%	85%	85%	90%	98%	98%
Population branchée (hab.)		10172	11010	11342	11965	13783	16168	17332
Pop. Non branchée (hab.)		2704	2097	2001	2112	1553	330	354
Dotation (l/j/hab.)								
Population branchée		53.5	54	60	60	60	60	60
Population non branchée		14.5	13.5	15	15	15	15	15
Administrative		9	9	10	10	10	10	10
Industrielle		2	2.4	5	5	5	10	10
Dotation nette globale		56	59	68	68	71	79	79
Consommation (m³/j)								
Population branchée		544	595	680	718	827	910	1040
Population non branchée		39	28	30	32	23	5	5
Administrative		116	118	133	141	153	165	177
Industrielle		26	31	67	70	77	165	177
Total consommation		725	772	911	961	1080	1305	1399
Besoins à la distribution (l/s)								
Total moyenne		9.1	10.1	12.4	13.1	14.7	17.8	19
Total pointe journalière		11.8	13.2	16.1	17	19.1	23.1	24.8
Besoins à la production (l/s)								
		10	10.9	13.5	14.2	16	19.3	20.7
		13	14.4	17.5	18.5	20.8	25.1	26.9
Pointe journalière : 1.3								

La solution de l'application se résume au tableau suivant :

ANNEES	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2015	2020	2025
Population (Hab)	163286	165735	168221	170745	173306	175905	178544	192343	207208	223221
Taux d'accroissement (en %)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Taux de branchement (en %)	83	86	89	94	97	97	97	98	98	98
Population Branchée	135395	143299	150309	160578	168405	170628	173188	188496	203063	218757
Population Non Branchée	27991	22436	17912	10167	4901	5277	5356	3847	4144	4464
Consommation (m3/j)										
Population branchée	9964	10789	11028	11203	11377	12626	12989	15080	16245	17501
Population non branchée	739	762	856	783	760	158	161	96	83	67
Administrative	1326	1311	1393	1615	1729	1759	1785	2885	3108	3348
Industrielle	275	216	171	169	181	352	893	1923	2072	2232
Hôtels			112	101	111	176	179	385	622	670
TOTAL CONSOMMATION	12305	13077	13559	13871	14158	15072	16006	20369	22130	23818
DOTATIONS (l/Hab/j)										
Population branchée	75	75	73	70	68	74	75	80	80	80
Population non branchée	8	8	8	9	10	10	10	15	15	15
Administrative	8	8	8	9	10	10	10	15	15	15
Hôtels	0	0	1	1	1	1	1	2	3	3
Industrielle	2	1	1	1	1	2	5	10	10	10
DOTATION NETTE GLOBALE	75	79	81	81	82	86	90	106	107	107
DOTATION BRUTTE GLOBALE	120	124	133	122	128	135	131	144	136	136
RESEAU (%)	64	65	62	68	65	65	70	75	80	80
ADDUCTION (%)	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
GLOBAL (%)	63	64	61	67	64	64	69	74	78	78
BESOINS A LA DISTRIBUTION (l/s)										
MOYENNE	223	233	253	236	252	268	265	314	320	345
POINTE JOURNALIERE	289	303	329	307	328	349	344	409	416	448
BESOINS A LA PRODUCTION (l/s)										
MOYENNE	227	238	258	241	257	274	270	321	327	252
POINTE JOURNALIERE	295	309	336	313	334	356	351	417	445	457
Coefficient de pointe journalière: 1.3										

3.3. Détermination des débits aux nœuds

3.3.1. Besoins en eau potable par secteur

Le dimensionnement d'un réseau de distribution nécessite la détermination du débit maximal à véhiculer par le réseau. Ce débit est le débit de pointe horaire :

$$Q_{ph} = K_h * Q_{pj} \quad (3.12)$$

Avec,

K_h : Coefficient de la pointe horaire,

Q_{pj} : est le débit de la pointe journalière.

Le débit de pointe journalier es donné par la relation :

$$Q_{pj} = K_j * Q_{mj} \quad (3.13)$$

Q_{mj} : débit moyen journalier : produit de la dotation en eau et dunombre de population,

K_j : coefficient de la pointe journalière

Le débit Q_{mj} est calculé par l'expression :

$$Q_{mj}(l/s) = \frac{P * Dot}{86400} \quad (3.14)$$

P : Population ou nombre d'habitants desservis

Dot : dotation en eau des populations (l/j/hab)

La population est calculée par

$$P = D * T_R * S \quad (3.15)$$

D : densité d'habitat (hab/ha)

T_R : taux de remplissage de la zone d'habitat.

S : superficie de la zone (ha).

Le calcul des besoins en eau s'effectue en suivant les étapes décrites ci-dessous :

La densité d'habitat :

La densité d'habitat est le nombre d'habitant par hectare. On donnepour :

- 1- Habitat individuel : 200 hab/ha ;
- 2- Habitat R+1 : 250 hab/ha ;
- 3- Habitat R+2 : 300 hab/ha ;
- 4- Zone villa : 100 hab/ha.

Taux de remplissage :

Rapport de la surface habitée d'une zone sur la surface totale de la mêmezone.

Dotation en eau :

A partir des statistiques de consommation, on peut déduire les dotationscorrespondantes et par suite pour chaque horizon considéré laconsommation totale de chaque catégorie de consommation.

• Dotation domestique

La dotation en eau est calculée par secteurs pour des zones d'habitat homogènes sur la base des statistiques de consommation par secteurs.

Exemple :

Zone d'habitat R+160 l/j/hab
 Zone d'habitat R+270 l/j/hab
 Zone d'immeubles..80 l/j/hab
 Zone de villas.....100 l/j/hab

• Dotation des équipements administratifs

La dotation des équipements administratifs sert à calculer la consommation journalière des équipements administratifs en multipliant cette dernière parla superficie propre de chaque administration.

$$D_A = C_{EA} / S_T \quad (3.16)$$

D_A : Dotation des équipements administratifs ($m^3/j/ha$)

C_{EA} : Consommation des équipements administratifs (m^3/j)

S_T : Superficie totale des équipements (ha)

• Dotation industrielle

La dotation industrielle est définie par : la consommation industrielle rapportée sur la superficie totale des équipements constituant l'industrie ($m^3/j/ha$).

Répartition spatiale de la consommation

La consommation totale, évaluée pour l'horizon d'étude, est répartie selon la méthode nodale entre les différents nœuds constituant l'ossature principale du réseau projeté. Cette méthode se base sur l'évaluation des zones d'influence d'un nœud donné.

Les consommations des gros consommateurs industriels ou des abonnés administratifs seront localisées selon leurs emplacements, tandis que pour les abonnés domestiques, elle se fera compte tenu de l'occupation du sol (Type habitat, superficie...).

3.3.2. Trace en plan (recommandations générales)

- toutes les canalisations sont posées en tranchée sous trottoir
- limiter le nombre de traversée de la chaussée
- occupation de la voirie qui ne contient pas le réseau d'assainissement
- prévoir une protection en béton en cas de traversée de la chaussée et en cas où la profondeur est inférieure à 80 cm.

3.3.3. Protection du réseau

Problèmes fréquents :

- 1- formation des poches d'air dues à l'augmentation de la température T° et la diminution de la pression P_r
- 2- coup de bélier dû à la propagation d'une onde de pression (ou dépression)
- 3- détérioration des coudes dus aux grandes vitesses d'écoulement.

Solution:

- 1- prévoir une ventouse (purgeur) aux points hauts du réseau,
- 2- prévoir des robinets vannes à ouverture et fermeture progressive (à vis),
- 3- prévoir en face des coudes, des butées pour absorber les effets de vitesse.

3.3.4. Organes annexes

1/les canalisations : sont en acier galvanisé, ont pour objet le transport de l'eau du point de piquage jusqu'aux points d'utilisation.

2/ joints : l'assemblage de deux conduites successives.

3/ bouche d'incendie : utilisées pour satisfaire les besoins de lutte contre les incendies, rayon de balayage de 150 à 200 m et le débit est de 17 l / s.

4/ bouche d'arrosage : besoins en eau pour les espaces verts, lavages des trottoirs,.....etc. le débit d'alimentation est de 0,4 l/s.

5/ ventouse : placée aux points hauts du réseau, permet l'évacuation de l'air entraîné à l'intérieur des conduites.

6/ vidange : existe aux points le plus bas du réseau, permet de vider la maille pour l'entretien ou la réparation, elle est reliée au réseau d'assainissement.

7/ robinets:

- a) robinet vanne : l'isolation des conduites.
- b) Robinet de branchement : commande le branchement des immeubles

8/ supprimeur : l'augmentation de la pression

9/ dépresseur : les réductions de la pression

NB : voir planche détail A.E.P.

3.3.5. Application au réseau d'AEP

Le réseau maille est l'option adoptée pour notre projet vu ces avantages dans la distribution, il est composé d'une seule maille, en débouchant des ramifications secondaires et tertiaires.

Le point de piquage : (cote sol = 661,19 cm), pression disponible (35,11 m).

Cote piézométrique = 696,30 m

La cote débouchant au point de piquage débite 26,601 l/s, elle est de diamètre de 200 mm.

Estimation des besoins :

Logement : 150 l/j/ha

Commerce : 5 l/m²

Le coefficient de pointe P=3, les pertes admissibles sont de 15 %.

Exemple de calcul du débit de pointe :

On admet que la densité est prise pour 7 hab. /logt.

Bâtiment ; R+4 → 10 logements, S = 165 m²

Débit de pointe :

$$Q_p = 1,15 (c_j * n * P) / 86400$$

D'où $Q_p = 1,15 (150 * 10 * 7 * 3) / 86400 = 0,419$ l/s

Pour les commerces : $Q_p = 1,15 (5 * 165 * 3) / 86400 = 0,0329$ l/s

Le débit de pointe nécessaire pour le bâtiment y compris le commerce :

$$Q_p = 1,15 (150 \cdot 10 \cdot 7 \cdot 3) / 86400 + 1,15 (5 \cdot 165 \cdot 3) / 86400 = \mathbf{0,452 \text{ l/s}}$$

3.3.6. Choix des canalisations

- les canalisations du réseau seront en acier, ainsi que les pièces de raccordement (Té, coudes, joints), les raccords seront à emboîtement.
- Une bouche d'incendie sur vanne de 100 mm de diamètre par bouche de débit de 17 l/s sous pression minimale de 1 bar.
- Les vidanges seront prévues aux points bas du réseau
- Les ventouses seront prévues aux points hauts du réseau, elles seront raccordées au réseau par diamètre de 60 mm.

3.4. Exercices

Rappel (Prévisions démographiques)

L'hypothèse de croissance arithmétique, c'est-à-dire un taux de croissance dP/dt constant ; dans ce cas, $dP/dt = Cte = K_a$, et après intégration on a entre les temps t_2 et t_1 .

$$P_2 - P_1 = K_a * (t_2 - t_1)$$

Avec t : le temps et K_a la constante arithmétique.

L'hypothèse de croissance géométrique c'est-à-dire un taux de croissance dP/dt proportionnelle à la population dans ce cas $dP/dt = K_g P$ et après intégration entre : t_1 et t_2 on a :

$$\ln P_2 - \ln P_1 = K_g * (t_2 - t_1)$$

ou K_g est la croissance géométrique.

La croissance géométrique peut être aussi exprimée à l'aide de l'équation des intérêts composés lorsque le pourcentage de croissance annuelle est connu ainsi on a :

$$P_2 = P_1 * (1+r)^n$$

Avec :

n est le nombre de croissance en année

r : taux de croissance de chaque période sous forme décimale.

L'hypothèse de croissance à taux décroissant, tendant vers la population maximale à saturation ; dans ce cas $dP/dt = K_d (S-P)$ et après intégration entre les temps t_1 et t_2 ,

$$P_2 = P_1 (S - P_1) (1 - e^{-K_d(t_2 - t_1)})$$

S : population à saturation

K_d = constante de la croissance à taux décroissant

Exemple :

A. Pour les pays en développement la démographie galopante à taux de croissance annuel = 3.4% Déterminer la période de doublement de la population ? (Croissance arithmétique).

B. Estimation basée sur une croissance géométrique

Le taux de croissance annuel d'une population de 25 000 habitants est de 5%.

- Dans combien d'année la population atteindra-t-elle 50 000 habitants ?
- Comparer les valeurs de r et de K_g

Calculer le débit de pointe de consommation d'eau potable des populations actuelles et futur en se basant sur la consommation de 500 l/j/hab.

C. Estimation basée sur une croissance à taux décroissant.

Il y'a dix ans, la population de la ville X était 65 145 habitants, elle est actuellement 70 000 habitants et à saturation, elle atteindra 10 000 habitants

- Calculer le taux de croissance annuel de cette population.
- Estimer quelle sera cette population dans 12 ans.
- Calculer la consommation annuelle d'eau potable de la population dans **douze** ans, sachant qu'elle équivalait à 550 l/j/hab. il y'a dix ans et qu'elle correspond actuellement à 500 l/j/hab. en admettant une croissance arithmétique constante et que le coefficient de pointe journalier varie entre 2.5 et 3.

Réponse :

A. Doublement de la population

$$P_n = P_1(1+r)^n \quad \text{Ou : } P_n = 2 * P_1$$

$$\text{Donc : } 2 = (1+0.034)^n \Rightarrow n = 20.7 \text{ ans.}$$

B. Estimation basée sur une croissance géométrique

$$\text{a) } P_n = P_2 * (1+r)^n$$

$$50\,000 = 25\,000 * (1+0.05)^n$$

$$2 = 1.05^n$$

$$\ln 2 = n \ln(1.05) \Rightarrow n = \ln 2 / \ln(1.05) = 14.2 \text{ ans}$$

$$\text{b) } \frac{P_n}{P_1} = (1+r)^n$$

$$\ln\left(\frac{P_n}{P_1}\right) = K_g(t_n - t_1)$$

$$\frac{P_n}{P_1} = e^{K_g(t_n - t_1)} = e^{K_g n} \quad \text{car } (t_n - t_1) = n$$

$$(1+r)^n = e^{K_g n}$$

$$n \cdot \ln(1+r) = K_g * n$$

$$\ln(1+r) = K_g \Rightarrow \text{pour } r = 0.05 \Rightarrow K_g = 0,049$$

c) Population actuelle : 25000 habitants

Population future : 50 000 habitants

Selon le cours le coefficient de pointe journalier est de l'ordre de 3 pour une population de 25000 habitants et de l'ordre de 2.5 pour la population de 50000 habitants (le coefficient de pointe augmente en fonction de la diminution de la population).

Pour 25 000 habitants: le coefficient de pointe journalier $C_{pj} = 3$; $Q_{\max} = 3 * 500 = 1500$ l/hab. j soit : 37500 m³/j.

Pour 50 000 habitants : le coefficient de pointe journalier $C_{pj} = 2.5$; $Q_{max} = 2.5 * 500 = 1250$ l/hab. j
soit : $62500 \text{ m}^3/\text{j}$.

B. Estimation basée sur une croissance à taux décroissant.

a) Calcul du taux de croissance annuel, K.

$$\text{On a : } P_n = P_1 + (S - P_1)[1 - e^{-K(t_n - t_1)}]$$

$$70000 = 65145 + (100000 - 65165)[1 - e^{-K(10)}]$$

$$\Rightarrow K = 0.0015$$

b) calcul de population dans douze ans :

$$P_n = 70000 + (100000 - 70000)[1 - e^{-0.015(12)}] = 74942 \text{ habitants}$$

c) Calcul de la consommation annuelle dans 12 ans

soit C la consommation journalière, on a :

$$C_1 = 550 \text{ l/hab. jour et } C_n = 500 \text{ l/hab. jour}$$

Avec un taux de croissance arithmétique constant

$$C_n - C_1 = K_a (t_n - t_1) \text{ ce qui donne : } 500 - 550 = K_a (10), \text{ ce qui implique que } K_a = -5$$

Dans 12 ans on a : $C_n - 500 = -5 (12)$ ce qui implique $C_n = 440$ l/hab. jour

La consommation annuelle est donc : $74942 * 0.440 * 365 = 12036 \cdot 10^6 \text{ m}^3 / \text{an}$.

d) La production en eau potable pour la ville de Chichaoua pendant l'année 1995 a été comme suit :

Production (m ³)	Consommation (m ³)	Nombre d'abonnés
276979	198940	1184

Sachant qu'un abonné représente un foyer de 6 personnes, calculer la consommation par habitant.

Réponse :

Le nombre d'habitants consommateur est de $1184 * 6 = 7104$ habitants. La consommation annuelle est de 198940 m^3 soit donc : $198940 / 7104 = 28 \text{ m}^3$ pendant 365 jours.

D'où la consommation en (litre /jour/habitant) est de $28 * 1000 / 365 = 77 \text{ litres/jour/habitant}$

e) En milieu urbain (grande ville), la dotation est de 120 (l/j/hab). Une ville comporte 50 000 habitants en 2007. Calculer les besoins moyens et de pointe pour l'année 2007, 2015, 2025 et 2050 en admettant que l'accroissement démographique est de 1% par année et que le coefficient de pointe journalier est de 1.5. (On suppose que les besoins de 120 l/j/hab restent constant au cours de la période d'étude)

Réponse :

En 2007, les besoins moyens sont de $50000 * 120 \text{ l/j} = 70 \text{ l/s}$.

Les besoins de pointe sont : $70 * 1.5 = 105 \text{ l/s}$.

En 2015 la population est $P = 50000 (1+0.01)^8 = 54143$ habitants

En 2025, $P = 50000 (1+0.01)^{18} = 59807$ habitants

En 2050, $P = 50000 (1+0.01)^{43} = 67\ 700$ habitants. Les besoins seront comme suit :

Année	2007	2015	2025	2050
Besoins myens (l/s)	70	75	83	107
Besoins de pointe (l/s)	105	113	125	161

3.4. Le réseau électrique

On distinguera le réseau courant fort (électricité domestique) du réseau courant faible (téléphone)

3.4.1. Les différents systèmes

Il existe trois modes de pose de réseaux de distribution d'énergie électrique :

- le réseau aérien sur poteaux ou sur façades (se justifie difficilement dans les opérations d'habitations);
- le réseau souterrain en pleine terre ;
- le réseau placé en ouvrage technique de surface (bordure de trottoir ou de caniveau).

3.4.2. Terminologie

Les ouvrages sont classés en trois catégories :

- 1^{ère} catégorie : tension < 1 000 V en alternatif ou 1 500 V en continu ;
- 2^{ème} catégorie : tension < 50 000 V ;
- 3^{ème} catégorie : > 50 000 V.

On utilise les dénominations :

- Basse tension (BT) : 220 ou 380 V ;
- Moyenne tension (MT) : 3 à 66 kV ;
- Haute tension (HT) : 45 à 90 kV ;
- Très haute tension (THT) : 150 à 400 kV.
- Les différents éléments d'un réseau de desserte électrique d'une opération d'habitation :

3.5. Le réseau gaz

3.5.1. Les différentes pressions utilisées :

- BP : basse pression, entre 9 et 37 mb (hPa) qui permet l'alimentation directe des appareils domestiques ;
- MP : moyenne pression, entre 0,4 et 4 bar (de 400 à 4000 hPa ou de 40 à 400 kPa) nécessite l'emploi de détendeur régulateur ;

•HP : jusqu'à 67 bar ; utilisée pour les réseaux de transport mais en aucun cas des réseaux de distribution

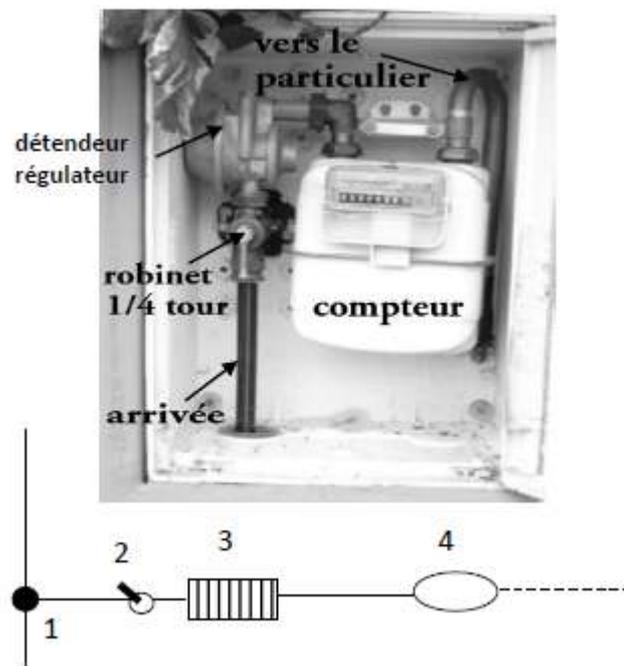


Figure 30. La niche à gaz

3.5.2. Eléments d'un réseau de distribution de gaz :

1. Prise de branchement: dispositif de raccordement entre une conduite et un branchement.
2. Dispositif de coupure ou d'obturation, interrompt le flux gazeux dans une tuyauterie, on utilise un robinet 1/4 de tour ou un robinet poussoir; ce dispositif doit être signalé, muni d'une plaque d'identification et accessible en permanence au niveau du sol
3. Détendeur-régulateur : détend le gaz d'une pression amont à une pression aval.
4. Compteur de volume de gaz en m³, par contre un coefficient de conversion, variable selon le pouvoir calorifique, de l'ordre de 11.5 permet de transformer ce volume en KWH.

3.5.3 Consommations annuelles moyennes par logement individuel

- Un usage (cuisine) : 1200 kWh ;
- Deux usages (cuisine + installation d'eau chaude) : 5 à 6000 kWh ;
- Trois usages (cuisine + eau chaude + chauffage) : 25000 à 45000 kWh.

Le tracé du réseau à créer doit emprunter des espaces accessibles pour permettre les interventions; les canalisations enterrées peuvent être posées dans tout terrain privatif ou non (avec convention de servitude si terrain privé) et sous n'importe quel revêtement. Elles sont, en général, placées sous trottoirs, accotements ou espace libre.

Les conduites seront dimensionnées en fonction du débit instantané.

3.6. Télécommunications

3.6.1. Les différents systèmes de réseaux

-Le réseau aérien sur poteau ou sur façade.

-Le réseau souterrain.

3.6.2.Emplacement du réseau souterrain :

- sous espaces verts ;

- sous aire de jeux;

- sous chemin piéton.

3.6.3. Pose du réseau téléphonique :

La profondeur minimale est de 0,8 m ; le grillage est de couleur verte, posé à 20 cm au-dessus.

Chapitre 4

Les espaces verts

4.1. Définition de l'espace vert

Le terme de l'espace vert est une appellation récente liée à la création, en France, après la 2^{ème} guerre mondiale, des services de l'urbanisme. J.C.N. Forestier, conservateur des parcs et jardins de Paris en fut l'inventeur aux environs de 1925. Si nous voulons définir l'espace vert, nous dirons qu'il est le lieu garni d'un tapis végétal permanent, naturel ou artificiel, urbain, suburbain ou rural et dont la fréquentation et l'usage sont réservés à l'exercice, l'éducation ou le délassement de l'homme. En essayant donc de regrouper les mots qui ont pour objet la description physique de l'espace vert, le terme courant est « l'espace naturel » ou « l'espace végétal ». Il peut être composé de plusieurs éléments, pelouses, arbres, arbustes, fleurs, haies, bosquets, bois, forêt...etc.

4.2. Les espaces verts dans le panorama historique

4.2.1. Le jardin d'Eden

Le jardin remonte à la genèse avec l'apparition d'un premier homme (Adam) et sa compagne (Ève) qui vivaient dans le jardin d'Eden. C'est un espace décrit comme un magnifique jardin rempli de fleurs, de fruits, d'oiseaux et de sources pures et éternelles.

4.2.2. Le jardin de Babylone

L'existence de ces jardins remonte à la haute antiquité, ils sont inspirés de paradis perses et choisis comme l'un des sept merveilles du monde « les jardins suspendus ». Ils sont composés de terrasses superposées en jardins où des animaux vivaient en liberté, et des couches de terres végétales irriguées par des appareils hydrauliques. (Figure 31).



Figure 31. Le jardin de Babylone

4.2.3. Le jardin égyptien

Ce jardin est un prototype de jardin régulier, placés à portée du Nil et reliés au fleuve par un canal car ils sont agrémentés d'eau et de miroir. On y accède par une porte monumentale, pour trouver un espace devisé en carrés ou rectangles par des allés bordés des palmiers.

4.2.4. Le jardin grec

Ce type de jardin est caractérisé par un beau bois sacré planté d'arbre et d'autres pour le plaisir d'objectif et esthétique en tourne le temple d'apollon.

4.2.5. Le jardin arabe

Il porte l'image du paradis d'Allah. Les jardins de génératifs aménagés dans d'Alhambra de grenade au 14eme siècle. Ils caractérisent par :

- la couleur qui joue un rôle essentiel dans le jardin arabe,
- l'eau représente l'âme du jardin arabe, elle est toujours présente et affecte les formes les plus varies ou les techniques d'hydrauliques sont admirables, des fontaines et bassins assurent non seulement l'ornement mais l'irrigation aussi.
- les parfumes sont un élément assez important pour les musulmans. Ils ont su choisir et grouper un nombre de plantes au parfum subtil dont les principales sont : « jasmin », « l'œillet », « la jacinthe », « la bonne de nuit »etc.

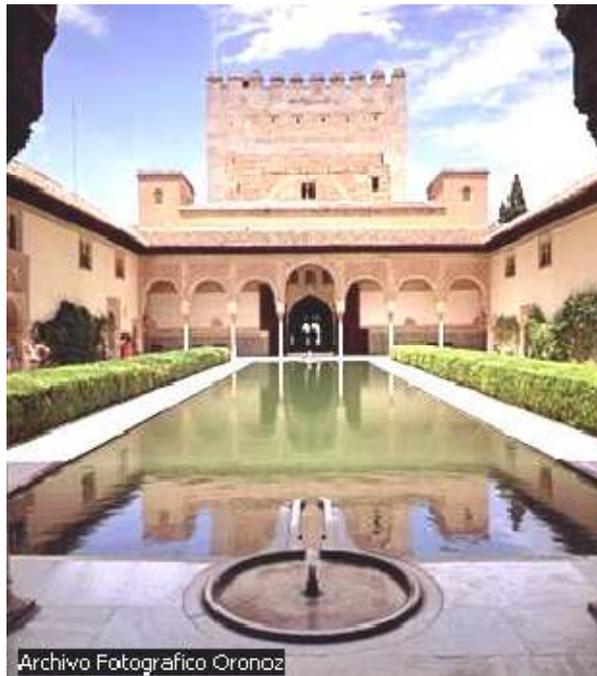


Figure 32. Le jardin arabe

4.2.6. Le jardin romain

A l'origine le jardin Romain était un simple protéger, le contact avec la Grèce entraîna le développement d'un nouvel art des jardins. L'idée des jardins Romains est déterminée par les tracés trouvés dans les ruines de pompieri. Elle était une architecture nette dont la partie inférieure est évidé afin de recevoir un bassin central, entouré d'une bordure de gazon fleuri. Le jardin Romain reposait sur un schéma commun ; une zone rectangulaire entouré des murs et une allés couverte et

bordés de colonnes. Il était bordé d'arbustes suavement taillés et d'arbres. A feuilles persistances. C'est le cas du jardin de canope de la villa d'Hadrien En Italie, qui fut construit entre 118 et 134 apr. j. c. Le jardin caractérisé par un plan d'eau bordé de reproductions de colonnes et d'arches de la période hellénistique.



Figure 33. Le jardin romain

4.2.7. Le jardin de la renaissance

Ce type de jardin possède des ensembles géométriques élaborés, assortis de motifs floraux composés sur des thèmes variés. Le jardin imite également le style romain. Il s'agrandit en utilisant des perspectives plus larges. La transformation véritable des jardins repose sur l'utilisation et la division mathématique des surfaces. C'est l'exemple du jardin du château de Villandry qui est créé au début du 20eme siècle dans l'esprit de renaissance. Ils sont représentés, sur trois niveaux, séparés par des cloîtres de verdure, le jardin d'eau en hauteur, le jardin d'ornement au centre et enfin, le potager en bas.



Figure 34. Le jardin de la renaissance

4.2.8. Le jardin français

Au début du 17^{ème} siècle, les jardins français combinent les divers éléments en un motif homogène de manière à obtenir une plus grande unité formelle. Les jardins à la française se caractérisent par une perspective centrale qui était essentiel, construisant suivant un axe central, matérialisé par une allée portant de centre de la maison.



Figure 35. Le jardin français

4.2.9. Le jardin japonais

Ce type de jardin est caractérisé par ce qu'ils sont les lanternes de pierres qu'on rencontre presque dans l'art des jardins, ainsi que le chemin en pierres qui sont en composante irrégulier pour permettre de traverser à pied secs les jours de pluies.



Figure 36. Le jardin japonais

4.2.10. Le jardin contemporain

Cette notion a pris son sens public au 19eme siècle ou cet espace devient le lieu de promenade, c'est un espace en principe gardé. Il devient en même temps un élément de la réorganisation de l'espace urbain qui peut ordonner la vie collective.



Figure 37. Le jardin contemporain

4.3. Les différents types des espaces verts

4.3.1. Forêt urbaine

Les forêts urbaines sont d'une grande variété, pouvant être catégorisées en trois grands types :

- vestiges préservés de la forêt naturelle. Ces boisements ont souvent été réaménagés, comme par exemple le bois de la Cambre (Ter Kamerenbos, en néerlandais) au cœur de la ville de Bruxelles.
- boisement anciens présents avant l'accroissement urbain (et ensuite ouvert au public ou non), parfois en partie pour des raisons de stratégie militaire (Bois de Boulogne, autour de la citadelle de Vauban à Lille)
- boisements replantés ou artificiellement créés (sur des friches par exemple, ou créé comme jardin urbain, ou comme mesure compensatoire, comme lieu d'aménités ou pour protéger la ressource en eau (protection de captage ou de zone d'alimentation de la nappe phréatique).
- forêts périurbaines : par exemple la forêt de Soignes qui forme environ 50 % de la surface de la région Bruxelles Capitale en Belgique, qui est une relique de 4383 hectares de la forêt ancienne.
- la forêt urbaine est aussi un lieu de premier contact avec la nature pour bien des enfants. Les habitants, les aménageurs, urbanistes et élus locaux leur accordent une valeur environnementale (eau, air, sol), sociale et parfois économique (la productivité n'est pas ce qu'on y recherche, mais la présence d'une forêt urbaine fait nettement grimper la valeur foncière des zones voisines).



Figure 38. Forêt urbaine

4.3.2. Le parc national

Ils répondent au souci de préservation d'une partie de territoire national, des interventions humaines, afin de lui conserver sa beauté et ses richesses naturelles (la faune, la flore et le milieu naturel en général). Le 1er parc national a été créé en 1872.

4.3.3. Le parc régional

Il est réalisé sur les plus beaux secteurs et les plus riches en art et en histoire, assure ainsi la protection du patrimoine, et le maintien. Le contact de l'homme avec nature et les citoyens avec les

ruraux et bien sûr, la préservation de nature. Le parc régional dépend de la collectivité locale et de commune avec l'aide de l'état et de région.

4.3.4. Le jardin public

Le jardin public est un espace vert urbain, enclos à dominante végétale, protégé des circulations générales, libres d'accès, conçu comme un équipement public et géré comme tel. La superficie de ses jardins ne dépasse pas 20 ha.

4.3.5. Le square

C'est un mot qui signifie une place carrée, c'est un jardin public, généralement entouré d'une grille, dans une acception française, c'est un jardin public formé d'une place bordée de façades et contourné par les circulations. Il a des dimensions réduites, il avant tous un décor urbain et il est généralement le lieu de promenade et de détente.



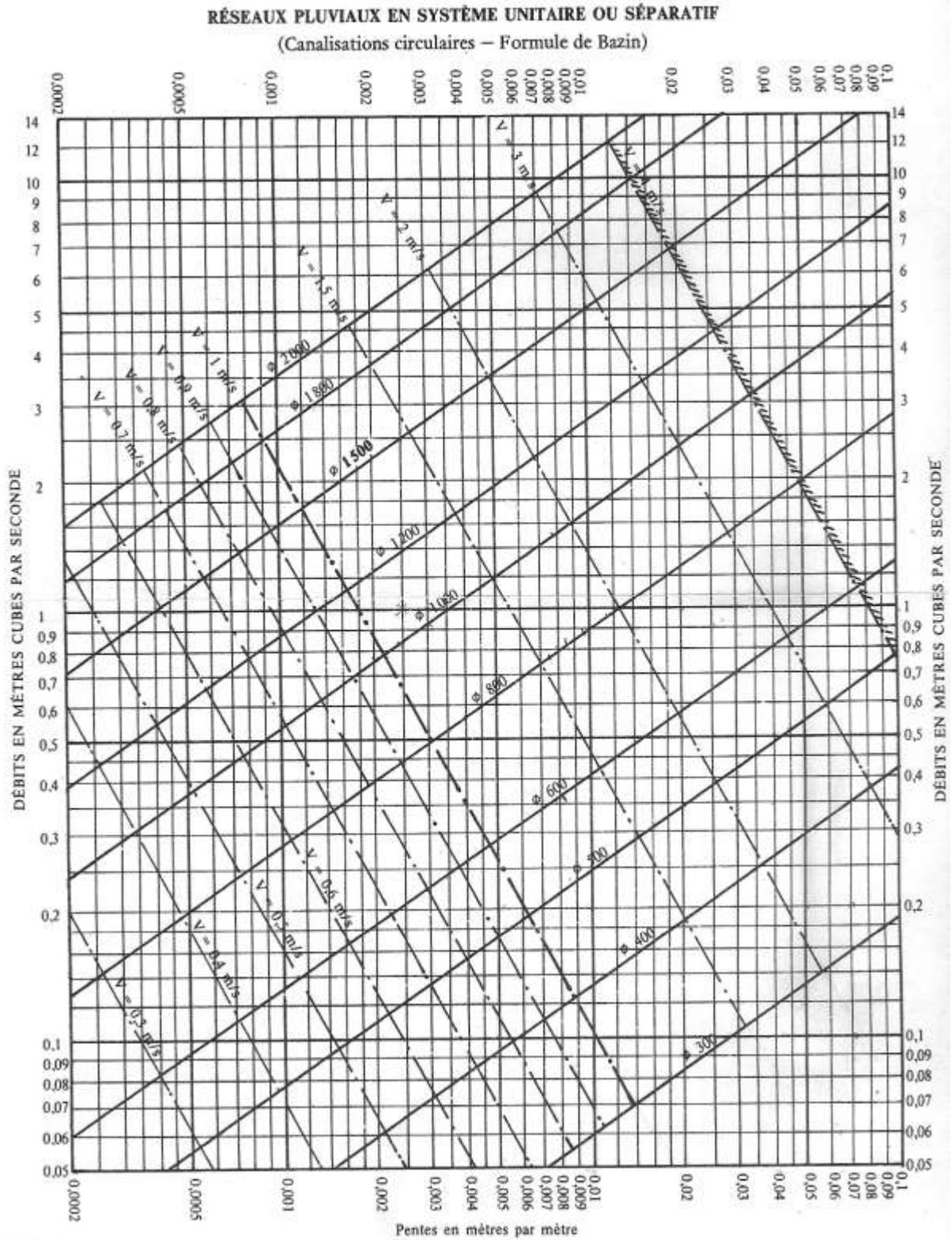
Figure 39. Le square

Bibliographie

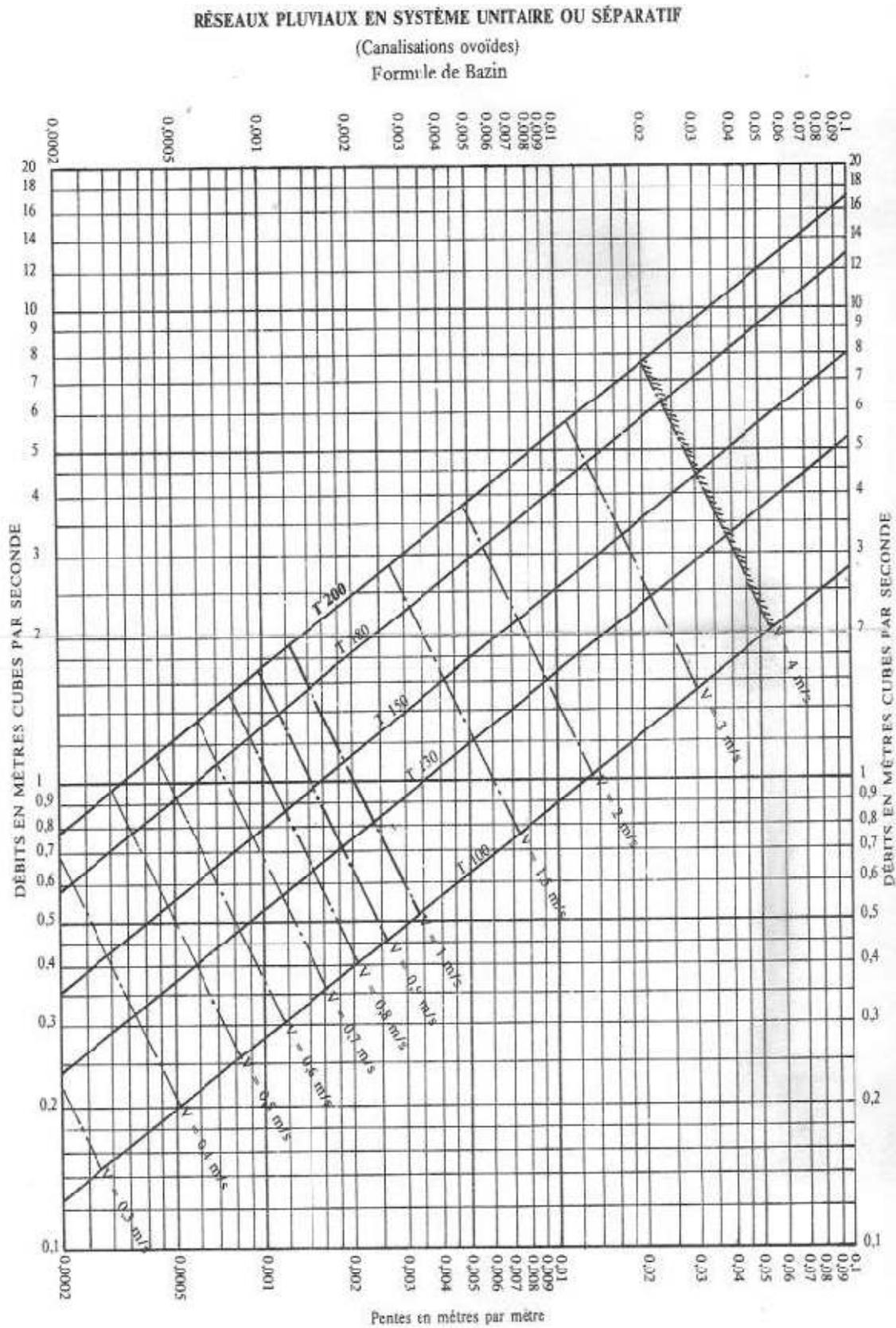
- Cours d'assainissement Ecole Marocaine des Sciences de l'Ingénieur, 2016-2017.
- Le dimensionnement des réseaux d'assainissement des agglomérations. Document réalisé par : KERLOC'H Bruno (C.E.T.E. NORD - PICARDIE) et MAELSTAF Damien (DDE 80)
- Voiries et réseaux divers. R. Bayon, Eyrolles, 1982.
- La pratique des VRD. Le moniteur
- Alimentation en eau potable : Ecole national d'ingénieurs de Tunis-Mahmoud moussa
- Guide pratique des VRD et aménagements extérieurs : Des études à la réalisation des travaux Gérard Karsenty, Edition Eyrolles, 2004.
- Les réseaux d'assainissement : Calculs, applications, perspectives » Régis Bourrier, Edition Lavoisier, 2008.
- Conception, Construction et exploitation, Collection AFNOR, Edition AFNOR, 1998.
- Conception, Réalisation et Entretien de la voirie : Chaussée, trottoirs, carrefours, signalisation, Edition Le Moniteur, Jean-Pierre GyéjacquotAFNOR, 1998.
- V.R.D. : voirie – réseaux divers – terrassements – espaces verts : aide-mémoire du concepteur, Bayon, (R.), éditions Eyrolles, 1998.
- Concevoir des espaces accessibles à tous : transports, voirie, habitations, ERP, IOP, lieux de travail, Goutte Cyril, Sahmi Nadia, éditions CSTB, 2010.
- Trafics en ville : l'architecture et l'urbanisme au risque de la mobilité, Wachter Serge, éditions Recherches, 2004.
- <https://www.infociments.fr/route/caracteristiques-generales-des-chaussees>

Annexes

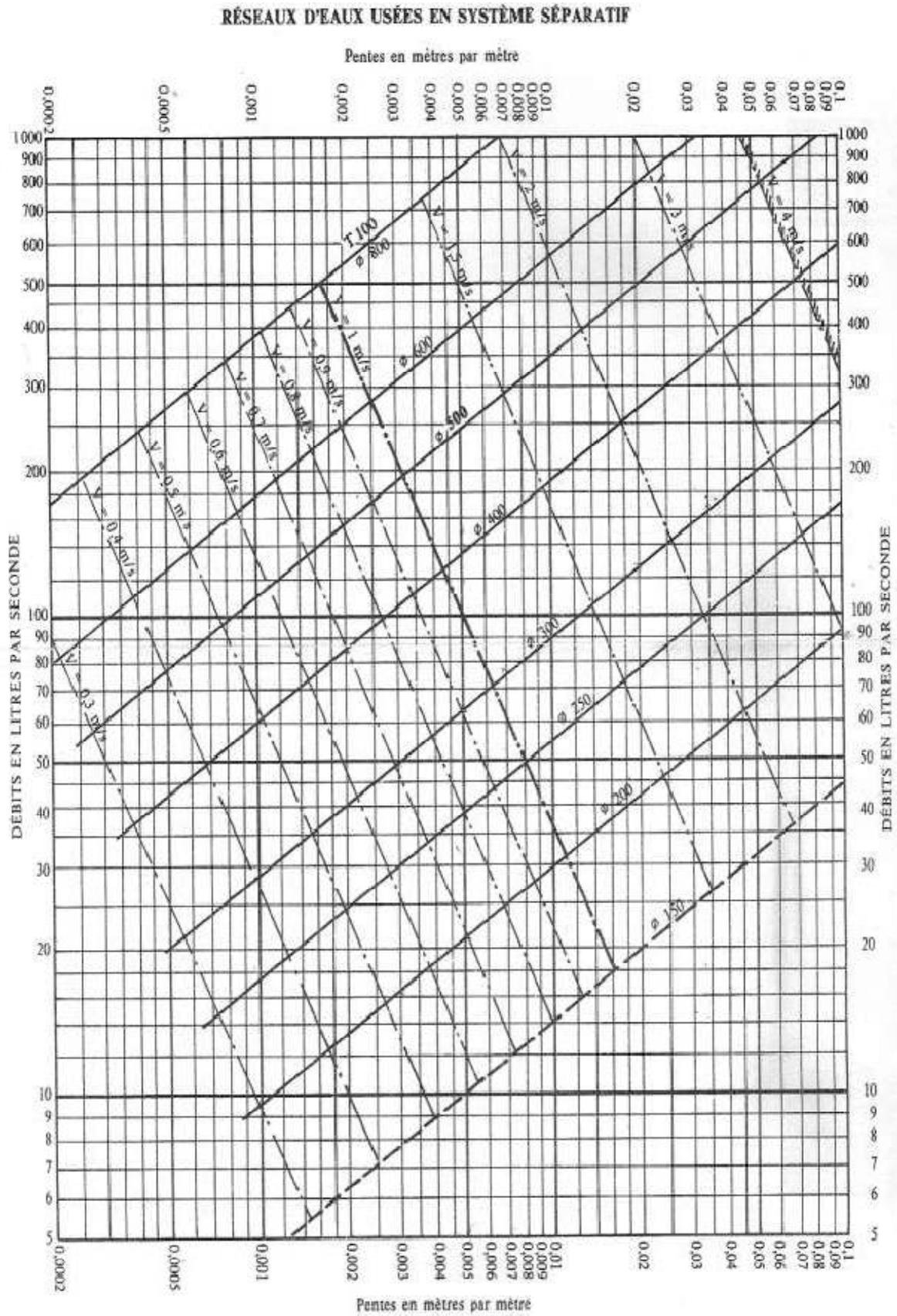
1. Calcul des réseaux pluviaux en système séparatif pour canalisation circulaire par la formule de Bazin



2. Calcul des réseaux pluviaux en système unitaire pour canalisation ovoïde par la formule de Bazin



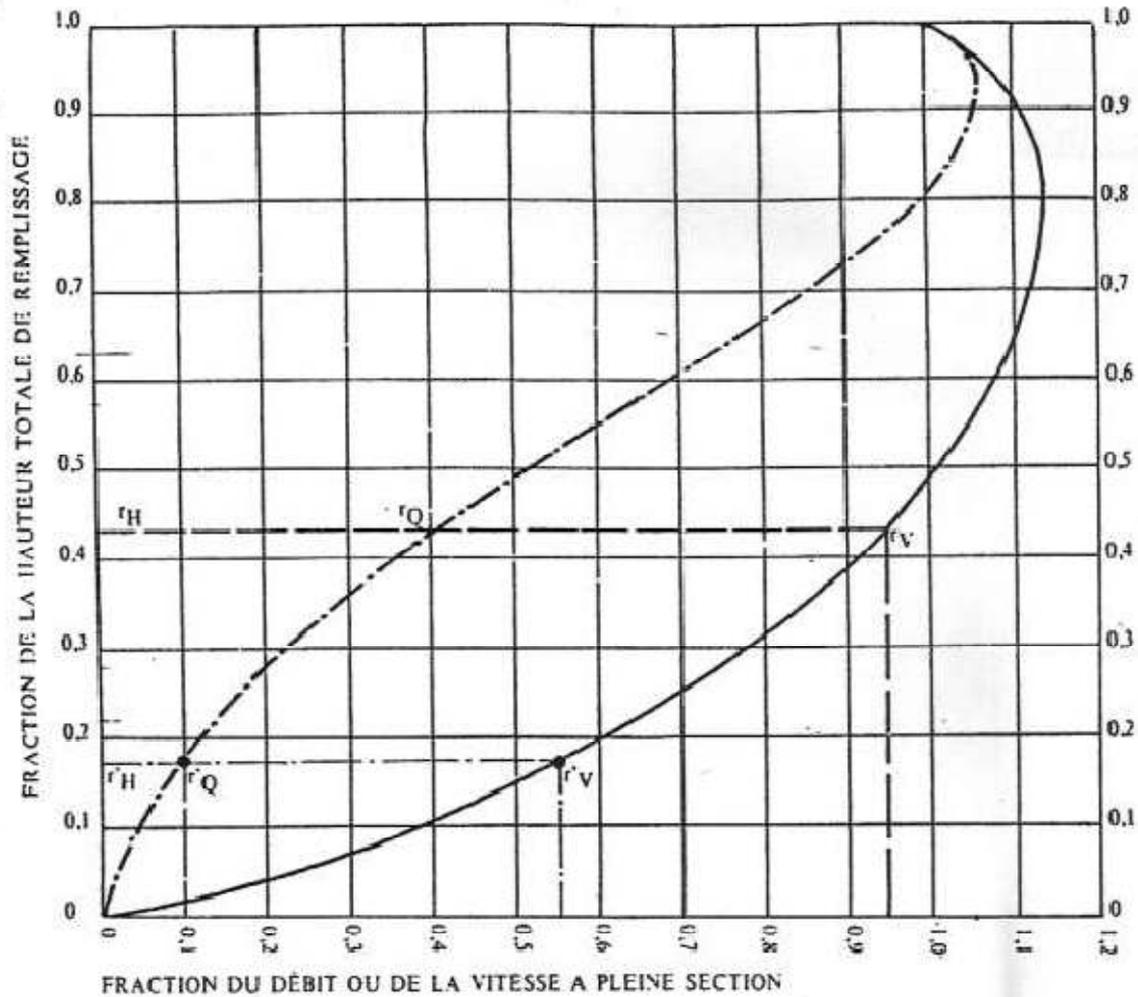
3. Calcul des réseaux d'eaux usées en système séparatif pour canalisation circulaire par la formule de Bazin



4. Variation du débit et de la vitesse en fonction du taux de remplissage pour les sections circulaires

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 $r_H = 0.80$.

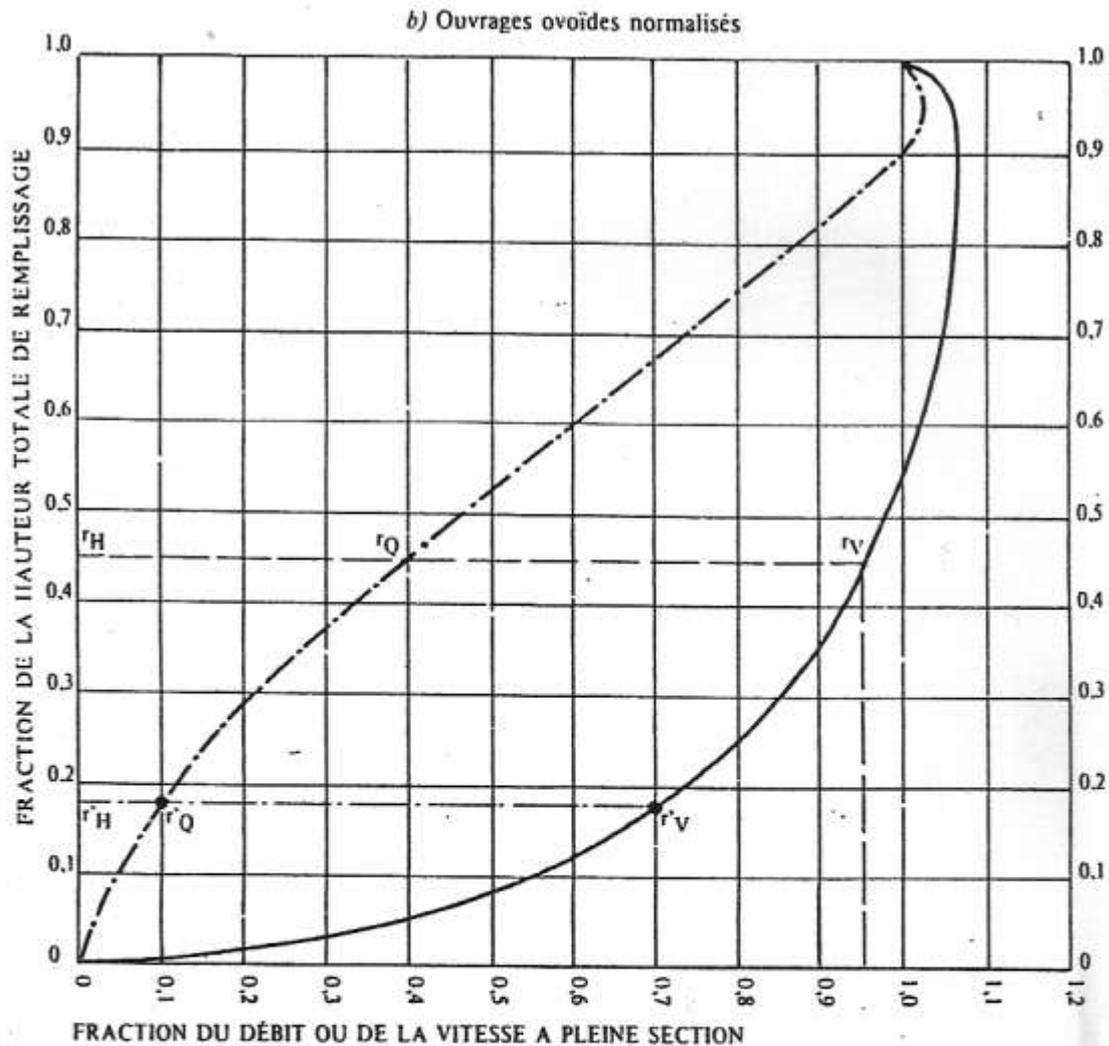
Le débit maximum ($r_Q = 1.07$) est obtenu avec $r_H = 0.95$.

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.

5. Variation du débit et de la vitesse en fonction du taux de remplissage pour les sections ovoïdes

VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES EN FONCTION DU REMPLISSAGE



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).

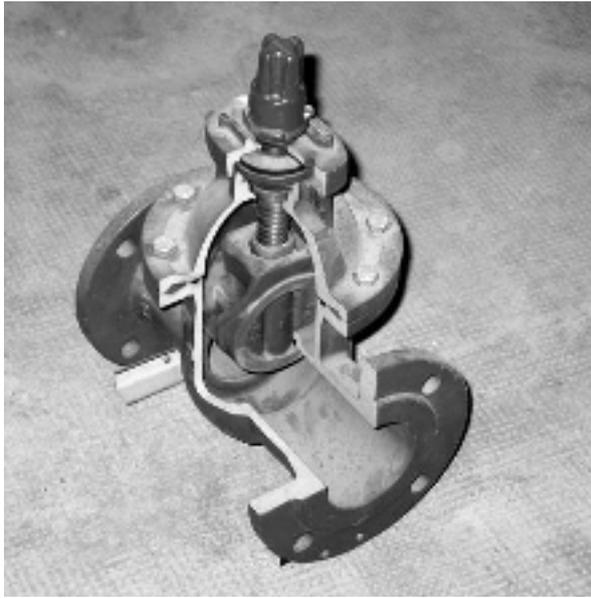
Nota. - Pour un débit égal au débit à pleine section, la valeur du rapport $r_Q = 1,00$ est obtenue avec $r_H = 0,90$.

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.

6. Quelques accessoires en alimentation en eau potable



Vanne à opercule



vanne papillon



Robinet à soupape



Robinet à piston



Ventouse



Soupape de décharge



Clapet anti retour



Anti béliér