



كلية العلوم السملالية مراكش  
Faculté des Sciences Semlalia Marrakech



## Licence Professionnelle : Gestion de l'Assainissement en Milieu Urbain Promotion : 2012/2013

Mémoire  
Stage : Projet Professionnel (PP)

ETUDE D'ASSAINISSEMENT ET DE VOIRIE DU  
LOTISSEMENT BENI AMIR A FQUIH BEN SALAH

*Présenté par :*

- **Abdelilah OUTFAROUIN**

- Encadrant professionnel : Mr. Y. SANIL, BET 3D CONCEPT
- Encadrant universitaire : Mr A. NOKRANE, Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech

Soutenu le 25/06/2013, devant les membres du jury :

- Pr. B. IMZILN, Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech
- Pr. A. NOKRANE, Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech
- Pr. A. MOUJTAHID, Ingénieur consultant, Enseignant vacataire, Faculté des sciences Semlalia
- Pr. K. OUFDUO, Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech



# Sommaire

<b>Introduction</b> .....	1
<b>CHAPITRE 1 : PRESENTATION DU BUREAU D'ETUDE</b> .....	2
I.    Renseignements généraux sur le bureau 3D CONCEPT.....	2
II.   Domaines d'intervention du bureau.....	2
III.  Organigramme du bureau d'étude 3D CONCEPT .....	3
<b>CHAPITRE 2 : PRESENTATION DU PROJET</b> .....	4
I.    Situation du lotissement Beni Amir.....	4
II.   Données Foncières du lotissement Beni Amir.....	5
III.  Topographie du site .....	5
IV.   Consistance du lotissement.....	5
IV.1.  Lots habitats .....	5
IV.2.  Les équipements .....	6
<b>CHAPITRE 3 : GENERALITES SUR LES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT</b> ...	7
I.    Systèmes de collecte des eaux usées et pluviales .....	7
II.   Facteurs influençant la conception d'un projet d'assainissement.....	10
III.  Caractéristiques techniques et mise en œuvre des ouvrages .....	11
III.1.  Implantation des ouvrages annexes .....	11
III.2.  Implantation des collecteurs .....	11
III.3.  Calage des collecteurs.....	11
III.4.  Conception des branchements particuliers .....	12
III.5.  Matériaux et séries utilisés pour les conduites.....	13
IV.   Étapes de la conception d'une étude d'assainissement.....	13
<b>CHAPITRE 4 : CALCUL DES DEBITS DES EAUX PLUVIALES</b> .....	14
I.    Tracé en plan du réseau des eaux pluviales .....	14
II.   Délimitation des bassins versants .....	14
III.  Méthode de calcul des débits élémentaires des bassins versants.....	14
III.1.  La méthode superficielle de CAQUOT .....	15
III.2.  Assemblage des bassins .....	17
III.3.  Limites d'application de la méthode de Caquot .....	18
III.4.  Montage des profils en long des collecteurs .....	19
III.5.  Dimensionnement des collecteurs pluviaux .....	19

III.6.	Données de conception .....	19
III.7.	Caractéristiques des bassins versants.....	20
III.8.	Calcul des débits des eaux pluviales.....	21
<b>CHAPITRE 5 : CALCUL DES DEBITS DES EAUX USEES .....</b>		<b>25</b>
I.	Dimensionnement du réseau eaux usées.....	25
II.	Découpage des bassins versants .....	25
III.	Caractéristiques des bassins versants des eaux usées.....	25
IV.	Calcul des débits de chaque bassin versant .....	26
V.	Calcul des débits d'assemblage .....	26
VI.	Calcul de diamètre des collecteurs eaux usées .....	26
<b>CHAPITRE 6 : ETUDE DE VOIRIES .....</b>		<b>27</b>
II.	Le tracé en plan.....	27
III.	Le profil en long .....	27
IV.	Le profil en travers.....	27
V.	Constitutions des chaussées.....	28
<b>CHAPITRE 7 : ETUDE FINANCIERE DU PROJET.....</b>		<b>30</b>
I.	L'avant métré des réseaux d'assainissement.....	30
II.	L'avant métré de voiries .....	33
III.	Estimation du projet.....	34
<b>Conclusion .....</b>		<b>35</b>
<b>Bibliographie .....</b>		<b>36</b>
<b>Annexes.....</b>		<b>37</b>

## Liste des figures

Figure 1 : Organigramme du bureau d'étude.....	3
Figure 2 : Plan de situation du lotissement Beni Amir-Fquih Ben Salah .....	4
Figure 3 : Systèmes d'assainissement.....	10
Figure 4 : Représentation de conduite à une hauteur d'eau Y .....	23
Figure 5 : Demi-profil en travers type .....	29
Figure 6 : Coupe transversale d'une tranchée.....	30

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Données foncières de la zone du lotissement Beni Amir .....	5
Tableau 2 : Avantages et Inconvénients du système unitaire .....	8
Tableau 3 : Avantages et Inconvénients du système séparatif .....	8
Tableau 4 : Avantages et Inconvénients du système pseudo- séparatif.....	9
Tableau 5 : Coefficient de ruissellement selon l'occupation du sol .....	16
Tableau 6 : Formules d'assemblage des bassins versants.....	18
Tableau 7 : Paramètres de calcul du projet.....	20
Tableau 8 : Caractéristiques des bassins versants des eaux pluviales .....	20
Tableau 9 : Débits des bassins versants des eaux pluviales.....	21
Tableau 10 : Caractéristiques des bassins versants des eaux usées .....	25
Tableau 11 : Débit des bassins versants des eaux usées .....	26
Tableau 12: Profils en travers par emprise .....	28
Tableau 13 : Largeurs des tranchées en fonction des diamètres.....	31
Tableau 14 : Exemple de calcul du métré d'un collecteur.....	33
Tableau 15 : Métré des voiries.....	34

## Liste des abréviations

- **AC** : Amiante Ciment ;
- **BET** : Bureau d'Etude Technique ;
- **CAO** : Centrifuge Armé Ordinaire ;
- **CP** : cote de projet ;
- **D** : distance partielle entre deux regards(m) ;
- **Di** : Diamètre de conduite ;
- **E** : Epaisseur de conduite ;
- **EP** : Eaux Pluviales ;
- **EU** : Eaux Usées ;
- **GNA** : Grave Non traitée pour couche de base type A ;
- **GNB** : Grave Non traitée pour couche de base type B ;
- **GNF1** : Grave Non traitée pour couche de fondation type 1 ;
- **GNF2** : Grave Non traitée pour couche de fondation type 2 ;
- **Hl** : Hauteur de lit de pose ;
- **Hm** : Hauteur Moyen des terrassements ;
- **Hr** : Hauteur du terrassement Réel ;
- **Hr1** : Hauteur du terrassement Réel de piquet 1 ;
- **Hr2** : Hauteur du terrassement Réel de piquet 2 ;
- **L** : Largeur de tranchée ;
- **NGM** : Niveau Général du Maroc ;
- **ONEP** : Office National de l'Eau Potable ;
- **PEHD** : Polyéthylène à haute densité ;
- **PVC** : Polychlorure de Vinyle non plastifié ;
- **RS** : Revêtement Superficiel ;
- **TF** : Titre foncier ;
- **TN** : cote du terrain naturel ;
- **Tr** : Temps de retour ;
- **Vt** : Volume des terrassements ;
- **Vlp** : Volume de lit de pose ;
- **VRD** : Voirie et Réseaux Divers ;
- **Vrp** : Volume du Remblai Primaire ;
- **Vrs** : Volume du Remblai Secondaire.

## Remerciements

Je tiens à remercier sincèrement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce projet de fin d'étude.

Je présente mes sincères remerciements à Monsieur **IMZILN BOUJAMAA**, coordonnateur de la filière **LP-GAMU** pour l'ensemble des efforts qu'il fournit pour notre bien, ainsi que pour sa sympathie et son sens d'écoute et d'accueil.

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur **NOKRANE ABDELKARIM**, mon encadrant universitaire pour l'ensemble d'indications et de recommandations qu'il m'a accordé ainsi que pour son judicieux encadrement.

Je remercie également mon encadrant professionnel **SANIL YOUSSEF**, technicien supérieur au bureau d'étude 3D CONCEPT.

Je tiens à remercier tout les membres de jury, qui ont accepté de juger ce travail, qu'ils trouvent ici l'expression de toute ma gratitude.

Je voudrais également exprimer ma gratitude à toute l'équipe pédagogique de la faculté des sciences SEMLALIA et les intervenants de la formation professionnelle de LP-GAMU.

## INTRODUCTION

Le but de l'assainissement est d'évacuer les déchets sans porter préjudice au milieu récepteur. Il s'agit de protéger l'environnement ou les écosystèmes contre toute dégradation. En effet, les effluents urbains rejetés sont pollués et si des mesures techniques ne sont pas prises, les cours d'eau, les nappes d'eau souterraines, l'air peuvent subir des conséquences négatives.

Les effluents rejetés doivent avoir un niveau de qualité qui soit adapté à l'usage qui en est envisagé à l'aval. Ceci conduit à choisir le point de rejet en conséquence: l'exutoire. Celui ci est le point d'arrivée des collecteurs où émissaires.

De point de vue sanitaire, les réseaux d'assainissement devront assurer :

- L'évacuation rapide des matières fécales hors de l'habitat.
- Le transport des eaux usées dans des conditions d'hygiène satisfaisantes [1].

Pour cela le dimensionnement des réseaux d'assainissement doit être bien fait. Dans ce contexte, j'ai réalisé une étude des réseaux d'assainissement et de voiries du lotissement Beni Amir à Fquih Ben Salah.

Cette étude comporte quatre grandes phases :

- L'étude du réseau de voirie ;
- L'étude d'assainissement ;
- Le dimensionnement des collecteurs ;
- L'avant métré et estimation du projet.

## **CHAPITRE 1 : PRESENTATION DU BUREAU D'ETUDE**

---

### **I. Renseignements généraux sur le bureau 3D CONCEPT**

Les informations générales sur le bureau d'études 3D CONCEPT sont :

#### **Adresse :**

Centre Affaires Borj Ménara II – Av. Abdelkrim El Khattabi, Bureau N° A21- 5ème  
Etage - MARRAKECH  
Tél : 212 (0) 524 44 97 88

#### **Identification :**

- REGISTRE DE COMMERCE : 12429
- PATENTE : 47927072
- I.F. : 6504211
- C.N.S.S. : 6177754

#### **Agrément du ministère de l'équipement et des transports :**

Certificat d'Agrément N° MA/19

### **II. Domaines d'intervention du bureau**

Les domaines d'intervention du bureau d'études 3D CONCEPT sont :

- Bâtiment ;
- Génie Civil ;
- Lots Techniques (Electricité, Plomberie, Protection Incendie, Climatisation ;  
Ventilation, Chauffage) ;
- Voiries et Réseaux Divers ;
- Routes et Ouvrages d'Art ;
- Métrés et établissements des dossiers de consultations des entreprises ;
- Coordination, Pilotage, Contrôle et Surveillance des Travaux ;
- Assistance Techniques auprès des maîtres d'ouvrages.

### III. Organigramme du bureau d'étude 3D CONCEPT

L'organigramme du bureau d'étude 3D CONCEPT est le suivant :

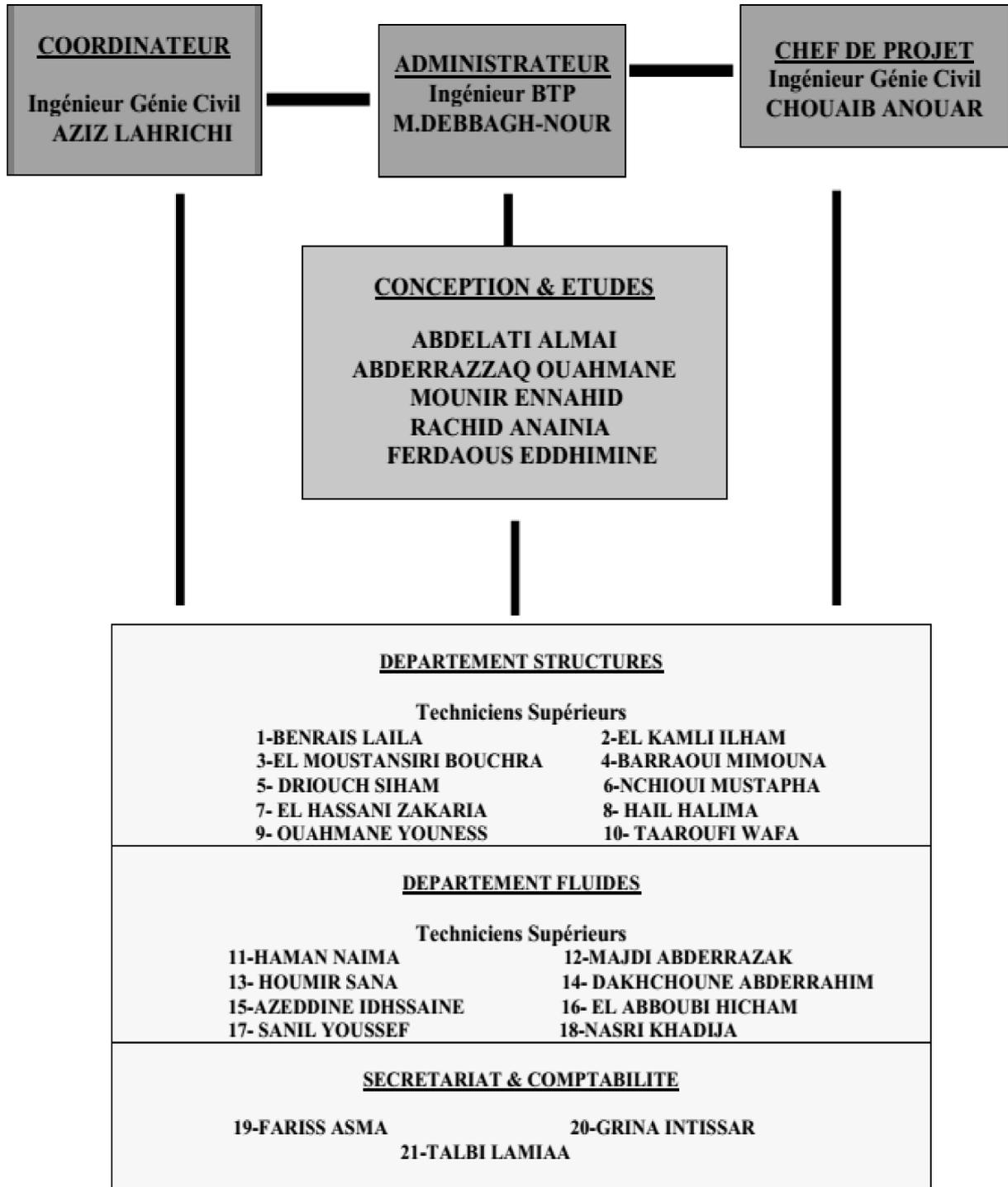


Figure 1 : Organigramme du bureau d'étude 3D CONCEPT

## CHAPITRE 2 : PRESENTATION DU PROJET

### I. Situation du lotissement Beni Amir

Le projet se trouve dans le secteur Nord de la ville de Fkih Ben Salah limitrophe du douar Draaou et lotissement Zouhour totalement équipé par la société d'Aménagement AL OMRANE Beni Mellal.

L'opération Beni Amir consiste à l'équipement en VRD de l'ensemble du terrain comprenant des lots habitat économique R+3 et R+2, place, mosquée, hammam, four, salle de fête, crèche et espaces verts.

- ❖ Maître d'ouvrage : Société d'Aménagement AL OMRANE.
- ❖ Situation du projet : Le projet situé dans le secteur Nord de la ville de Fqih Ben Salah.
- ❖ Superficie du terrain : 10H. 21A. 38CA.
- ❖ Nature juridique du terrain : Terrain domanial demandé en acquisition par AL OMRANE Beni Mellal.



Figure 2 : Plan de situation du lotissement Beni Amir-Fquih Ben Salah [2]

## II. Données Foncières du lotissement Beni Amir

La zone du projet est située au Nord de Fkih Ben Salah. L'assiette foncière est délimitée par le titre foncier TF 23682/10 et par les bornes suivantes :

**Tableau 1 : Données foncières de la zone du lotissement Beni Amir**

N° Borne	X	Y
3	378826,84	214257,75
B40	378937,13	214244,49
B41	379007,09	214194,15
B42	379033,94	214232,85
B43	379046,08	214231,50
B44	378995,87	214012,42
4	378947,00	213902,28
5	378699,70	213790,92
6	378746,21	214187,26
7	378783,91	214203,75

## III. Topographie du site

Le site se caractérise par une topographie régulière dont une pente varie en 1 % et 2%. L'assiette foncière est localisée entre les côtes 438,660 et 441,320 NGM.

## IV. Consistance du lotissement

Le projet consiste à l'équipement du lotissement Beni Amir comme suit :

### IV.1) Lots habitats

- ✓ **Lots habitat R+2**
  - Nombre total de lots : 73 lots
  - Superficie moyenne : 100 m<sup>2</sup>
  - Superficie totale des lots : 7300 m<sup>2</sup>
  
- ✓ **Lots habitat Economique R+2**
  - Nombre total de lots : 196 lots
  - Superficie moyenne : 100 m<sup>2</sup>

- Superficie totale des lots : 196000 m<sup>2</sup>
- ✓ **Lots habitat R+ 3**
- Nombre total de lots : 84 lots
- Superficie moyenne : 120 m<sup>2</sup>
- Superficie totale des lots : 10800 m<sup>2</sup>

**IV.2) Les équipements**

- Mosquée : 874 m<sup>2</sup>
- Hammam : 200 m<sup>2</sup>
- Four : 749 m<sup>2</sup>
- Salle de fête : 765 m<sup>2</sup>
- Espace vert : 747 m<sup>2</sup>

## CHAPITRE 3 : GENERALITES SUR LES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT

---

### Introduction

L'assainissement assure l'évacuation des eaux usées et pluviales ainsi que leur rejet dans les exutoires naturels sous des modes respectueux des exigences de la santé publique et de l'environnement.

En effet, l'assainissement, dont le but premier est précisément d'assainir les agglomérations, doit garantir la protection sanitaire de l'homme et du milieu naturel. Il relève ainsi d'une triple préoccupation :

- La santé et l'hygiène publique,
- La protection de l'environnement,
- L'insertion de la ville ou de l'agglomération dans le cycle de l'eau d'un point de vue hydrologique et hydraulique afin d'éviter la submersion [3].

### I. Systèmes de collecte des eaux usées et pluviales

La collecte des eaux pluviales et des eaux usées, peut s'effectuer par l'un des quatre systèmes types de collecte : l'unitaire, le séparatif, le pseudo-séparatif ou le mixte [4].

#### Système unitaire

C'est le véritable "tout-à-l'égout" ; l'évacuation de l'ensemble des eaux usées et pluviales est assurée par un réseau unique, généralement pourvu de déversoirs permettant en cas d'orage le rejet d'une partie des eaux, directement dans le milieu naturel [4].

❖ **Avantages et Inconvénients du système unitaire**

Les avantages et les inconvénients du système unitaire sont présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 2 : Avantages et Inconvénients du système unitaire [4]**

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
Système compact	Surdimensionnement de la STEP
Facile à installer	Une partie des effluents est rejetée dans le milieu récepteur, en période de pluie, sans passer par la station.
Moins coûteux	Problème de dépôts en temps sec.
Impact environnemental réduit	Coût d'entretien plus élevé.

**Système séparatif**

Il consiste à réserver un réseau à l'évacuation des eaux domestiques (eaux vannes et eaux ménagères), alors que l'évacuation de toutes les eaux météoriques est assurée par un autre réseau.

La collecte séparative des eaux usées domestiques nécessite des ouvrages de sections réduites en raison du volume limité des effluents en cause [4].

❖ **Avantages et Inconvénients du système séparatif**

Les avantages et les inconvénients du système séparatif sont présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 3 : Avantages et Inconvénients du système séparatif [4]**

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
Pas ou peu de dépôts dans le réseau	Investissement important
Traitement de la totalité de la pollution, Coût d'entretien peu élevé	Encombrement des réseaux (difficulté d'installation)

**Système pseudo-séparatif**

C'est un système dans lequel la collecte et l'évacuation des eaux météoriques sont divisées en deux parties :

- L'une provenant uniquement d'une partie des cours des habitations et de leurs terrasses et qui se déverse dans le réseau d'assainissement des eaux usées.
- L'autre provenant de la partie restante des cours et des terrasses d'une part et des surfaces de voirie d'autre part. Cette partie s'écoule dans des ouvrages particuliers conçus pour cet objet (fossés, caniveaux ou canalisations) avec rejets directs dans la nature [4].

❖ **Avantages et inconvénients du système pseudo-séparatif**

Les avantages et les inconvénients du système pseudo-séparatif sont présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 4 : Avantages et Inconvénients du système pseudo- séparatif [4]**

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
Simplification des raccordements des immeubles	Installation assez complexe
STEP non surdimensionnée	Déversoir à ciel ouvert
Coût d'investissement et d'entretien raisonnable	Réutilisation des eaux rejetées non contrôlée

**Système mixte**

C'est un système constitué, selon les zones d'habitation, en partie en système unitaire, et en partie en système séparatif ou pseudo-séparatif [4].

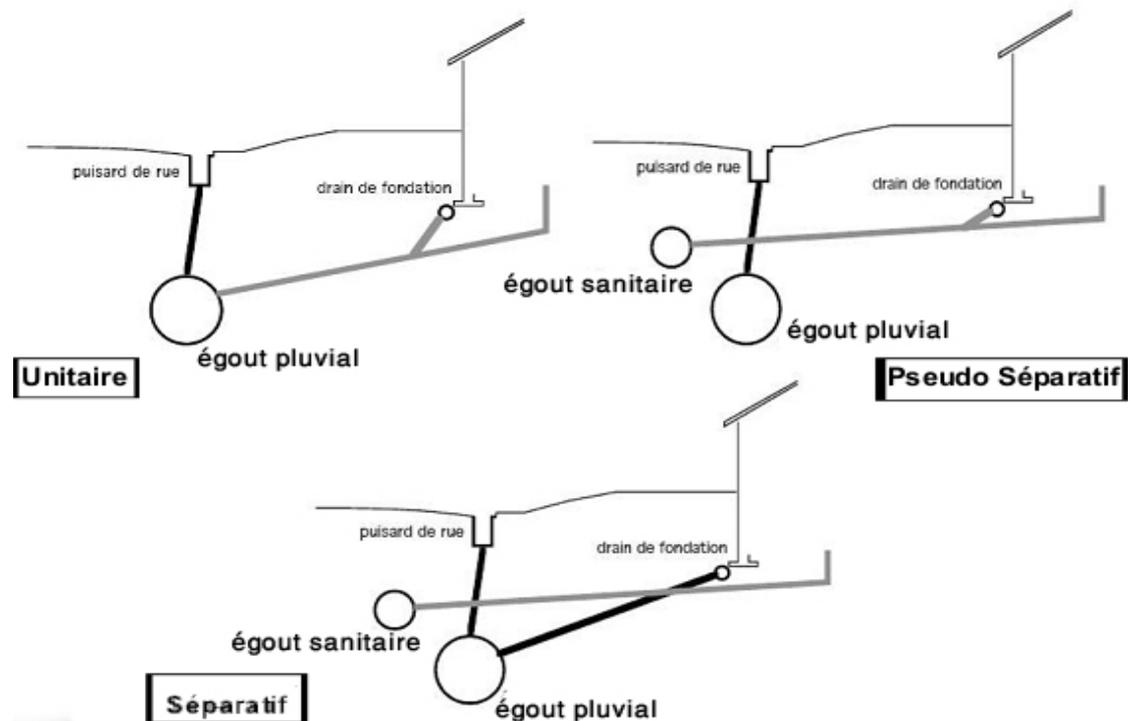


Figure 3 : Systèmes d'assainissement [4]

### Système retenu dans la présente étude

Tenant compte de la présence d'un système pseudo séparatif hors site, le raccordement du réseau de l'ensemble du projet sera acheminé vers ces collecteurs existants. Ainsi le système d'assainissement adopté pour ce projet est le système pseudo séparatif.

## II. Facteurs influençant la conception d'un projet d'assainissement

Les divers facteurs influençant la conception d'un projet peuvent se répartir en 4 classes :

- Les données naturelles du site (pente, lithologie...etc) ;
- Les données relatives aux agglomérations existantes (population, taux de branchement...);
- Les données relatives au développement urbanistique (plan directeur d'aménagement homologué) ;
- Les données propres à l'assainissement. (Diamètre des canalisations, tracé des collecteurs, emplacement des regards, choix de l'exutoire...etc).

Vu le rôle important des réseaux d'assainissement dans les projets d'aménagement, les différents ouvrages d'assainissement doivent être bien entretenus afin d'éviter tout signe de vieillissement (fuites, inondations, colmatage...etc) [1].

### **III. Caractéristiques techniques et mise en œuvre des ouvrages**

#### **III.1) Implantation des ouvrages annexes**

Les regards de visite doivent être implantés dans les singularités suivantes :

- ❖ Changement de direction ou de la pente de collecteurs ;
- ❖ Changement de diamètre de collecteurs ;
- ❖ Changement de cote radier de collecteurs ;
- ❖ Intersection de collecteurs ;
- ❖ En alignement droit, la distance maximale entre les regards de visite est d'environ 50 m.
- ❖ Les regards de visite à avaloir ou à grille doivent être implantés à tous les points bas et carrefours.
- ❖ Les regards de visite doubles doivent être réalisés en cas où les hauteurs de chute dépassent 0,80 m [5].

#### **III.2) Implantation des collecteurs**

- ❖ Pour les voies d'emprise inférieure ou égale à 10 m, les collecteurs des eaux usées et des eaux pluviales doivent être implantés dans les axes des voies.
- ❖ Pour les voies d'emprise de 12 m ou de 15 m, les collecteurs des eaux usées et des eaux pluviales doivent être implantés sous trottoir pour les collecteurs des eaux pluviales et sous chaussée pour les collecteurs des eaux usées.
- ❖ Pour les voies d'emprise supérieure ou égale à 20 m, les collecteurs des eaux usées et des eaux pluviales doivent être implantés sous trottoir dans les deux côtés des voies.
- ❖ Les collecteurs de diamètre supérieur ou égal à  $\varnothing 1000$  mm doivent être implantés dans les axes des voies [5].

#### **III.3) Calage des collecteurs**

- ❖ Afin de permettre le croisement avec les canalisations d'eau potable, la couverture minimale est de **1,45m** au-dessus de la génératrice supérieure extérieure de la canalisation d'assainissement.

- ❖ Afin d'éviter les risques de cisaillement en cas de croisement des conduites, la distance minimale entre les extrados des canalisations est de **0,20 m**.
- ❖ La distance verticale entre les fonds de fouille des collecteurs des eaux usées et des eaux pluviales est de **0,80m**.
- ❖ Afin d'éviter les points de perturbation hydraulique qui ralentissent l'écoulement, l'angle de raccordement de deux collecteurs doit être inférieur à  $60^\circ$ . Pour les conduites de diamètre inférieur ou égal à 600 mm, le raccordement à  $90^\circ$  est toléré.
- ❖ Diamètres minimaux adoptés pour les collecteurs sont :
  - $\varnothing 300$  mm pour les eaux usées ;
  - $\varnothing 400$  mm pour les eaux pluviales.
- ❖ Les diamètres minimaux pour les eaux usées et les eaux pluviales adoptés pour les canalisations de branchement sont :
  - 200 mm pour les villas et les petits immeubles ;
  - 300 mm pour les unités industrielles et les grands immeubles [5].

#### **III.4) Conception des branchements particuliers**

- ❖ Un branchement particulier est un ouvrage comportant :
  - Un regard de façade ;
  - Une canalisation de raccordement sur l'égout public, en  $\varnothing 200$  ou en  $\varnothing 300$  ;
  - Un regard borgne enterré.
- ❖ La pente minimale de la canalisation de branchement est **2%** ;
- ❖ Le raccordement doit être réalisé avec un angle maximum de  $60^\circ$  entre la canalisation de branchement et le collecteur dans le sens de l'écoulement ;
- ❖ Un même regard borgne peut desservir deux branchements situés de part et d'autre de la chaussée ;
- ❖ Un seul branchement ne peut desservir qu'une seule construction ;

- ❖ Le raccordement des caves n'est permis que par l'intermédiaire d'une pompe de relevage équipée d'un clapet anti-retour [5].

### **III.5) Matériaux et séries utilisés pour les conduites**

Les matériaux utilisés pour les conduites sont :

- ❖ CAO (Centrifuge Armé Ordinaire), séries 90A et 135A ;
- ❖ AC (Amiante Ciment), séries 9000 et 12000 ;
- ❖ PEHD (Polyéthylène à haute densité) ;
- ❖ PVC (Polychlorure de Vinyle non plastifié) uniquement pour les branchements particulier [5].

## **IV. Étapes de la conception d'une étude d'assainissement**

En général, la conception d'un réseau d'assainissement passe par les étapes suivantes :

1. Etablissement de la vue en plan du réseau, c'est-à-dire le traçage en plan des collecteurs et des regards ainsi que les boîtes de branchement ;
2. Délimitation des bassins versants élémentaires, cette étape consiste à subdiviser le plan en sous bassins élémentaires de l'amont vers l'aval ;
3. Appliquer une méthode de calcul pour déterminer les débits élémentaires de chaque bassin puis établir les assemblages des bassins élémentaires ;
4. Faire le montage des profils en long afin de fixer les pentes des conduites ;
5. Dimensionner les collecteurs et vérifier si le réseau fonctionne bien ;
6. Avant métrés et détail estimatif du projet.

## CHAPITRE 4 : CALCUL DES DEBITS DES EAUX PLUVIALES

---

### I. Tracé en plan du réseau des eaux pluviales

Le tracé en plan du réseau que se soit eaux pluviales où eaux usées est une étape primordiale de l'étude d'assainissement, pour tracer la vue en plan du réseau, on doit avoir un plan de masse pour définir les cheminements à emprunter par les collecteurs, et un plan côté qui nous renseigne sur la topographie de la zone considérée.

Les éléments du tracé en plan sont : les conduites de diamètres variables, les regards de visite, les regards à grille, les regards à avaloir, les regards Borgne, et boîtes de branchement [6].

### II. Délimitation des bassins versants

Le bassin versant se définit comme l'aire de collecte qui recueille les eaux de ruissellement, il les concentre vers le point de sortie appelé exutoire.

Un bassin versant est caractérisé par sa surface, sa pente moyenne, sa longueur hydraulique et son coefficient de ruissellement [6].

Le découpage du bassin versant dépend du type de système d'assainissement choisi. Pour les systèmes séparatifs et unitaires le découpage englobe la surface de toiture et de chaussée, par contre pour le système pseudo séparatif, il comprend l'emprise des voies, les parkings et les espaces verts .La délimitation de ces bassins est présentée en annexe 1.

### III. Méthode de calcul des débits élémentaires des bassins versants

Nombreuses études ont été faites dans le but d'évaluer le débit des eaux pluviales et qui ont abouti à plusieurs méthodes et modèles dont la plupart sont fondées sur la transformation de la pluie en débit, les plus utilisées sont [6]:

- Méthode rationnelle
- Méthode superficielle ou modèle de Caquot

### III.1. La méthode superficielle de CAQUOT

Ce modèle de ruissellement est celui proposé par Albert CAQUOT en 1949. Dans sa forme originale, ce modèle repose sur une expression mathématique globale qui le rend relativement plus facile pour une application manuelle.

Les ouvrages d'assainissement pluviaux sont conçus généralement pour prévenir les inondations provoquées par la pluie. Toutefois, le phénomène d'averses a un caractère plus ou moins exceptionnel exprimé par sa fréquence de dépassement « F » ou sa période de retour  $Tr = 1/F$  [7].

$$Q = K \times C^U \times I^V \times A^W$$

Avec:

**Q** : débit de pointe de fréquence de dépassement F exprimé ( $m^3/s$ )

**K** : Coefficient caractéristique =  $\left(\frac{a \times 0,5b}{6,6}\right)^U$

**C** : Coefficient de ruissellement

**I** : Pente moyenne du BV (m/m)

**A** : Surface du BV(en hectares)

$$U = \frac{1}{1+0,287b}$$

$$V = \frac{-0,41b}{1+0,287b}$$

$$W = \frac{0,507b+0,95}{1+0,287b}$$

**a, b** : coefficients de Montana selon la période de retour

Cette formule donne, pour une période de retour donnée, le débit de pointe à l'exutoire du bassin versant.

La période de retour retenue pour le dimensionnement du réseau d'assainissement de ce projet est décennale (soit 10 ans).

### ❖ Coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement C exprime la fraction d'eau météorique qui, par rapport à la totalité de la précipitation pluviale, parvient à l'égout [7].

**Tableau 5 : Coefficient de ruissellement selon l'occupation du sol**

Occupation du sol	Valeur de C
Voirie et parking	0,90
zones d'habitation dense ou zone industrielle	0,60 à 0,70
Habitat traditionnel	0,80
Habitat économique	0,70
Zone industrielle	0,65
zones d'habitation moins dense	0,40 à 0,60
Immeuble résidentiel	0,50
Complexe universitaire	0,40
Moyenne villa	0,35
voies non goudronnées	0,35
Grandes villas	0,30
Zone hôtelière	0,30
Espaces verts & parcs	0,20

Le coefficient de ruissellement retenu pour un bassin est la moyenne pondérée des coefficients des surfaces  $A_i$  qui le composent :

$$C = \frac{\sum C_i \times A_i}{\sum A_i}$$

### ❖ Coefficient de Montana : (a/b)

Se sont des paramètres qui ont relation avec intensité d'une averse et sa durée, la formule de l'intensité de la pluie est sous cette forme [7] :

$$i = at^b$$

i : l'intensité de l'averse ayant une fréquence donnée de retour en mm/mn.

t : la durée de cette averse en mn.

❖ **Les coefficients : (k, u, v, w)**

Les coefficients K, u, v et w dépendent des coefficients de MONTANA locaux a(F) et b(F) applicables pour le calcul des intensités moyennes maximal d'une pluie de fréquence F [7].

❖ **Le coefficient d'allongement : (M)**

L'allongement " M " est défini comme étant le rapport du plus long cheminement hydraulique " L " à la racine carrée de la superficie du bassin considéré [7].

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

L : Longueur hydraulique du bassin en hectomètre.

❖ **Le coefficient correcteur (m)**

$$m = \left(\frac{M}{2}\right)^{\frac{0,84b}{1+0,287b}}$$

❖ **Surface : (A)**

Dans l'expression du modèle de Caquot, le paramètre A représente de la superficie en hectares du bassin versant.

### III.2. Assemblage des bassins

La formule de CAQUOT développée ci-dessus est valable pour un bassin de caractéristiques physiques homogènes ; dont l'application du modèle à un groupement de sous bassins hétérogènes avec des paramètres individuels  $A_j$ ,  $C_j$ ,  $I_j$ ,  $L_j$ ;  $Q_{pj}$ , nécessite l'emploi de formule d'équivalence pour les paramètres « A, C, I, et M » du groupement Ces formules sont en séries ou en parallèles [7].

Tableau 6 : Formules d'assemblage des bassins versants

Paramètres équivalents	Bassins en parallèle	Bassins en série
Superficie équivalente (A <sub>éq</sub> )	$\sum A_j$	$\sum A_j$
Coefficient de ruissellement équivalent (C <sub>éq</sub> )	$\sum C_j A_j / \sum A_j$	$\sum C_j A_j / \sum A_j$
Pente équivalente (I <sub>éq</sub> )	$\sum I_j Q_{pj} / \sum Q_{pj}$	$\left\{ \sum L_j / \sum (L_j / \sqrt{I_j}) \right\}^2$
Allongement équivalent (L <sub>éq</sub> )	$L(Q_{pmax}) / \sqrt{\sum A_j}$	$\sum L_j / \sqrt{\sum A_j}$
<b>LONGEUR</b>	$L = L_{Q_{max}}$	$L = \sum L_i$
<b>Débit adopté</b>	$Q_{adopté} = Q_{max}$	$Q_{adopté} = \sum Q_{corrigé}$

Le débit doit satisfaire la condition suivante : **Max (Q1, Q2) < Q < Q1+Q2**

Avec Q1 et Q2 = débits des deux bassins assemblés ;

**Q = débit corrigé de l'assemblage**

Si  $Q < \text{Max} (Q1 \text{ et } Q2) \longrightarrow Q \text{ calcul} = \text{Max} (Q1 \text{ et } Q2)$

Si  $Q > Q1+Q2 \longrightarrow Q \text{ calcul} = Q1+Q2$

### III.3. Limites d'application de la méthode de Caquot

Les limites d'applications de la méthode superficielle sont [7] :

- ❖ Surface du bassins ou groupement de bassins : **A ≤ 200 ha**
- ❖ Pente : I entre 0,2% et 5%
- ❖ Coefficient de ruissellement : C entre 0,2 et 1
- ❖ Le coefficient d'allongement : **M ≥ 0,80**

### **III.4. Montage des profils en long des collecteurs**

Après le calcul des débits d'assemblage, on procède au montage des profils en long des conduites pour en tirer les pentes de canalisations.

Pour le traçage des profils en long des collecteurs projetés, on se base sur :

- ❖ Les côtes du terrain naturel du plan côté,
- ❖ Le calage des côtes projets sera en fonction de la côte projet de l'exutoire.
- ❖ On doit travailler avec des pentes comprises entre 3‰ et 5‰.

Il faut toujours respecter une profondeur de recouvrement de 0.8m à 1m au minimum afin d'éviter d'une part les surcharges roulantes et, d'autre part, les encombrements avec les autres réseaux [5].

Ces profils nous donnent une idée sur les côtes du terrain naturel, côtes projet, distances entre points, la pente et le diamètre de la conduite.

L'annexe 3 présente un Profil en long d'une canalisation des eaux pluviales.

### **III.5. Dimensionnement des collecteurs pluviaux**

En écoulement gravitaire, la section des collecteurs est fonction de deux paramètres :

- Le débit à transporter ;
- La pente du collecteur.

Connaissant les différents paramètres relatifs à chaque sous bassin, on peut évaluer par application du modèle de Caquot, le débit du projet.

Les pentes à prendre dans la détermination des sections des ouvrages sont les pentes obtenues après montage des profils en long [5].

### **III.6. Données de conception**

J'ai utilisé comme méthode de calcul des eaux pluviales ruisselées la méthode de Caquot parce qu'elle est la plus utilisée, et elle ne demande pas beaucoup de données.

Les données de calcul sont résumées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 7 : Paramètres de calcul du projet**

Période de retour	Coefficients de Montana		K	U	V	W
	a(F)	b(F)				
10 ans	6,525	-0,625	1,671	1,219	0,312	0,772

### III.7. Caractéristiques des bassins versants

On obtient les caractéristiques de chaque bassin élémentaire situé dans la zone du projet après l'étape du découpage de la zone, ces caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 8 : Caractéristiques des bassins versants des eaux pluviales**

N° BV	Aeq (ha)	Ceq	Ieq (m/m)	Leq (hm)
<b>BV1</b>	0,149	0,9	0,004	1,331
<b>BV2</b>	0,090	0,9	0,004	0,568
<b>BV3</b>	0,372	0,9	0,009	1,285
<b>BV4</b>	0,345	0,9	0,009	1,232
<b>BV5</b>	0,066	0,9	0,004	0,413
<b>BV6</b>	0,156	0,9	0,004	1,486
<b>BV7</b>	0,085	0,9	0,004	0,547
<b>BV8</b>	0,073	0,9	0,003	0,610
<b>BV9</b>	0,055	0,9	0,003	0,521
<b>BV10</b>	0,120	0,9	0,004	0,577
<b>BV11</b>	0,124	0,9	0,004	0,746
<b>BV12</b>	0,300	0,9	0,004	1,075
<b>BV13</b>	0,455	0,9	0,003	1,157
<b>BV14</b>	0,605	0,9	0,003	1,862
<b>BV15</b>	0,150	0,9	0,004	1,2737
<b>BV16</b>	0,068	0,9	0,005	0,832

### III.8. Calcul des débits des eaux pluviales

#### ❖ Calcul des débits bruts

La formule de Caquot devient :

$$Q = K \times C^U \times I^V \times A^W \longrightarrow Q = 1,671 \times C^{1,219} \times I^{0,312} \times A^{0,772}$$

Après le calcul du débit brut on calcule le débit corrigé.

#### ❖ Calcul des débits corrigés

Pour avoir le débit corrigé on multiplie le débit brut Q par un coefficient correcteur m.

$$Q = K \times C^U \times I^V \times A^W \times m \longrightarrow Q_p = 1,671 \times C^{1,219} \times I^{0,312} \times A^{0,772} \times m$$

Avec :

$Q_p$  = le débit corrigé (m<sup>3</sup>/s)

m = le coefficient de la correction de débit.

#### ❖ Les résultats du calcul de débits des bassins versants des eaux pluviales

Tableau 9 : Débits des bassins versants des eaux pluviales

N° BV	Aeq (ha)	Ceq	Ieq (m/m)	Leq (hm)	Qb (m3/s)	M	m	Qc (m3/s)
BV1	0,149	0,9	0,004	1,331	0,0603	3,451	0,705	0,043
BV2	0,090	0,9	0,004	0,568	0,0409	1,894	1,036	0,042
BV3	0,372	0,9	0,009	1,285	0,1546	2,108	0,967	0,149
BV4	0,345	0,9	0,009	1,232	0,1486	2,098	0,970	0,144
BV5	0,066	0,9	0,004	0,413	0,0321	1,612	1,148	0,037
BV6	0,156	0,9	0,004	1,486	0,0626	3,760	0,668	0,042
BV7	0,085	0,9	0,004	0,547	0,0393	1,872	1,043	0,041
BV8	0,073	0,9	0,003	0,610	0,0318	2,259	0,925	0,029
BV9	0,055	0,9	0,003	0,521	0,0257	2,211	0,938	0,024
BV10	0,120	0,9	0,004	0,577	0,0510	1,667	1,124	0,057
BV11	0,124	0,9	0,004	0,746	0,0523	2,121	0,963	0,050
BV12	0,300	0,9	0,004	1,075	0,1062	1,962	1,012	0,108
BV13	0,455	0,9	0,003	1,157	0,1306	1,715	1,104	0,144
BV14	0,605	0,9	0,003	1,862	0,1626	2,394	0,891	0,145
BV15	0,150	0,9	0,004	1,2737	0,0605	3,294	0,727	0,044
BV16	0,068	0,9	0,005	0,832	0,0354	3,185	0,743	0,026

### ❖ Calcul des débits d'assemblage

Pour calculer les débits d'assemblage on utilise les formules citées auparavant pour calculer les paramètres pondérés, les résultats de ce calcul sont présentés dans l'annexe 5.

### ❖ Calcul de diamètre des collecteurs pluviaux

Pour calculer le diamètre convenable du collecteur on utilise la formule de **Manning – Strickler**, ce diamètre doit assurer :

- L'évacuation du débit de pointe ;
- Une vitesse d'écoulement normale.

### ❖ Formule de Manning – Strickler

Les sections des collecteurs seront déterminées à partir de la formule de Manning-strickler :

$$Q = K \times S \times Rh^\alpha \times \sqrt{I}$$

Avec :

- **V** : vitesse d'écoulement (m/s)
- **K** : Coefficient de Manning & Strickler qui dépend de la rugosité de la canalisation en fonction du matériau choisi.
- **K=80** pour les canalisations en **PVC** (Polychlorure de Vinyle non plastifié)
- **K=70** pour les canalisations en **CAO** (Centrifugé Armé Ordinaire)
- **Rh** : Rayon hydraulique de la canalisation (**Rh =D/4** en m pour une conduite circulaire).
- **I** : Pente de la canalisation en m/m
- **α**: c'est un coefficient qui varie en fonction du type du système d'assainissement (**α=3/4** pour le réseau des eaux pluviales en Système unitaire ou en système séparatif, **α=2/3** pour le réseau des eaux usées domestique en Système séparatif).

Les résultats de calculs des diamètres des canalisations sont mentionnés dans l'annexe 5.

### ❖ Vitesses d'écoulement et vérification d'auto-curage

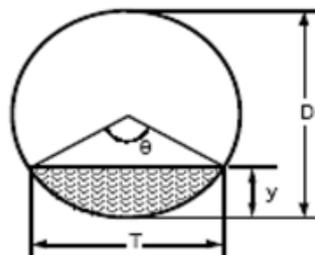
Pour assurer des conditions d'auto-curage dans les réseaux d'évacuation des eaux pluviales, la vitesse d'écoulement pour le un dixième du débit à pleine section doit être supérieure ou égal à 0,6 m/s, tandis que pour les réseaux des eaux usées, les conditions d'auto-curage sont vérifiées lorsque la vitesse d'écoulement à pleine section est supérieure ou égale à 0,70 m/s. Toutefois la vitesse doit rester inférieure à 4 m/s pour éviter les dégradations des joints et l'abrasion des conduites.

Le calcul de vitesse effective (vitesse d'auto-curage) dans les écoulements à surface libre ou dans les conduites partiellement remplies se fait par les méthodes suivantes [8] :

#### ➤ *Méthode par calcul:*

Le calcul se fait selon les relations suivantes :

- $\cos(\theta) = 1 - \frac{2y}{D}$
- Aire de la section de l'écoulement :  $A(\theta) = \frac{1}{8}(\theta - \sin(\theta)) \times D^2$
- Le rayon hydraulique :  $Rh(\theta) = \left(1 - \frac{\sin\theta}{\theta}\right) \times \frac{D}{4}$
- Le périmètre mouillé :  $P(\theta) = \frac{\theta \times D}{2}$



**Figure 4 : Représentation de conduite à une hauteur d'eau Y**

- **T** : Largeur au miroir
- **θ** : angle de mouillage
- **D** : diamètre de conduite
- **Y** : hauteur de l'eau

Il suffit de trouver la valeur de téta qui va permettre d'annuler la fonction suivante :

$$F(\theta) = Q - \frac{A(\theta)}{n} Rh(\theta)^{2/3} \sqrt{I}$$

n : coefficient de rugosité  $k=1/n$

Téta une fois trouver va permettre le calcul du rapport  $y/D$  grâce aux formule auparavant citées. Le tableau dans l'annexe 6 représente le calcul des diamètres des conduites et la vérification de l'auto-curage.

## CHAPITRE 5 : CALCUL DES DEBITS DES EAUX USEES

### I. Dimensionnement du réseau eaux usées

Le système adopté pour ce projet est le système pseudo-séparatif, cela implique que les eaux usées sont négligeables devant les eaux de toitures terrasses, on va procéder pour le dimensionnement du réseau eaux usées de la même manière que les eaux pluviales, c'est à dire on va utiliser la méthode superficielle de Caquot.

### II. Découpage des bassins versants

Dans le système pseudo-séparatif pour dimensionner le réseau des eaux usées, on découpe la zone à des bassins élémentaires, chaque bassin englobe les toitures terrasses qui rejettent dans un collecteur donné.

Le découpage des bassins versants des eaux usées ainsi le tracé en plan est présenté dans l'annexe 2.

### III. Caractéristiques des bassins versants des eaux usées

Les caractéristiques des bassins versants des eaux usées sont mentionnées dans le tableau suivant :

**Tableau 10 : Caractéristiques des bassins versants des eaux usées**

N° BV	Aeq (ha)	Ceq	Ieq (m/m)	Leq (hm)
BV1	0,374	0,85	0,005	3,060
BV2	0,323	0,85	0,005	1,166
BV3	0,304	0,85	0,005	1,203
BV4	0,029	0,85	0,005	0,342
BV5	0,139	0,85	0,005	0,905
BV6	0,347	0,85	0,005	0,984
BV7	0,075	0,85	0,005	0,405
BV8	0,132	0,85	0,005	0,906
BV9	0,138	0,85	0,005	1,295
BV10	0,120	0,85	0,005	2,683
BV11	0,024	0,85	0,005	0,299
BV12	0,000	0,85	0,005	0,355
BV13	0,000	0,85	0,005	0,449
BV14	0,000	0,85	0,005	0,427

#### IV. Calcul des débits de chaque bassin versant

Le calcul du débit des bassins versant est résumé dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 11 : Débit des bassins versants des eaux usées**

N° BV	Aeq (ha)	Ceq	Ieq (m/m)	Leq (hm)	Qb (m <sup>3</sup> /s)	M	M	Qc (m <sup>3</sup> /s)
BV1	0,374	0,85	0,005	3,060	0,1227	5,007	0,556	0,068
BV2	0,323	0,85	0,005	1,166	0,1097	2,052	0,984	0,108
BV3	0,304	0,85	0,005	1,203	0,1046	2,182	0,946	0,099
BV4	0,029	0,85	0,005	0,342	0,0173	1,992	1,003	0,017
BV5	0,139	0,85	0,005	0,905	0,0572	2,427	0,884	0,051
BV6	0,347	0,85	0,005	0,984	0,1159	1,671	1,122	0,130
BV7	0,075	0,85	0,005	0,405	0,0356	1,478	1,213	0,043
BV8	0,132	0,85	0,005	0,906	0,0549	2,495	0,868	0,048
BV9	0,138	0,85	0,005	1,295	0,0569	3,485	0,701	0,040
BV10	0,120	0,85	0,005	2,683	0,0510	7,754	0,420	0,021
BV11	0,024	0,85	0,005	0,299	0,0148	1,930	1,023	0,015
BV12	0,000	0,85	0,005	0,355	0,0000	0,000	0,000	0,000
BV13	0,000	0,85	0,005	0,449	0,0000	0,000	0,000	0,000

#### V. Calcul des débits d'assemblage

Pour calculer les débits d'assemblage on utilise les formules citées auparavant pour calculer les paramètres pondérés, les résultats de ce calcul sont présentés dans l'annexe 5.

#### VI. Calcul de diamètre des collecteurs eaux usées

Pour calculer le diamètre convenable du collecteur on utilise la formule **de Manning – Strickler**, le calcul de diamètres des collecteurs des eaux usées ainsi la vérification d'auto-curage est résume dans l'annexe 6.

## CHAPITRE 6 : ETUDE DE VOIRIES

---

### I. Introduction

L'étude de voirie est une étape primordiale pour la mise en place des réseaux d'assainissement, en effet, l'étude de l'assainissement nécessite certaines données comme les côtes projet déterminées par les profils en long de la voirie.

La réalisation de cette étude est résumée en trois éléments qui sont :

- Le tracé en plan.
- Le profil en long.
- Le profil en travers.

### II. Le tracé en plan

Le tracé en plan d'un réseau de voirie est la projection verticale de l'espace occupé par ce réseau sur un plan horizontal, il passe par l'axe des voies comme le tracé des réseaux eaux usées et pluviales. Ce tracé est composé par un ensemble d'alignements droits qui se croisent en certains points d'intersections appelés sommets qui donnent lieu aux virages [9].

### III. Le profil en long

Le profil en long est une coupe longitudinale du projet réalisée suivant l'axe du tracé. On y trouve :

- ✓ Une ligne représentant la ligne rouge de projet,
- ✓ Une ligne représentant le terrain naturel (T.N).

La ligne rouge est définie pour limiter les volumes du déblai et du remblai afin de minimiser le coût du projet.

Les pentes maximales doivent être limitées à 12%. Les pentes minimales sont à limiter à 0,20% [9].

L'exemple d'un profil en long de voirie est présenté dans l'annexe 7.

### IV. Le profil en travers

Le profil en Travers est une représentation d'une coupe verticale suivant un plan perpendiculaire à l'axe de la canalisation, route [9].

Dans le profil en travers, on utilise différents termes qui désignent différents éléments [9] :

- ✓ La **chaussée** : elle est constituée de bandes de roulement ou des voies proprement dites, ouvertes à la circulation.

Le profil type est formé par un ou deux versants de pente de 1,5 à 3%.

- ✓ Les **trottoirs** : espaces latéraux permettant la circulation des piétons le long des voies urbaines avec un minimum de 2,50 m. Cette largeur est portée à 5m si l'on veut une rangée d'arbres (emplacement du tronc à deux mètres de la chaussée).
- ✓ Les **terres – pleins centraux** : A partir et au delà de 2 \*2 voies, il est préférable de séparer les deux chaussées au moyen d'un terre plein central.

Les profils en travers sont :

**Tableau 12: Profils en travers par emprise**

Emprise	Profil en travers
30m	2 chaussées de 9,00m + 1TPC de 2m + 2 trottoirs de 5m
30m	1 chaussée de 12,00m + 2 trottoirs de 9,00m
30m	1 chaussée de 10,50m + 2 trottoirs de 9,75m
15m	1 chaussée de 7 m + 2 trottoirs de 4m
12m	1 chaussée de 7 m + 2 trottoirs de 2,5m
12m	1 chaussée de 6m + 2 trottoirs de 3m
10m	1 chaussée de 6 m + 2 trottoirs de 2m

## V. Constitutions des chaussées

Deux types de données sont nécessaires pour la détermination du corps de la chaussée d'une voie [9] :

- Les données relatives à la nature des sols rencontrés ;
- et les données relatives au trafic écoulé par la voie considérée.

En l'absence d'études géotechniques à ce stade des études, nous adoptons la chaussée suivante :

- 20 cm de GNF dans la couche de fondation ;
- 15 cm de GNB dans la couche de base ;
- 5 cm BB dans la couche de roulement.

CONSTITUTIONS DE CHAUSSEE  
EMPRISE  $\leq$  15m

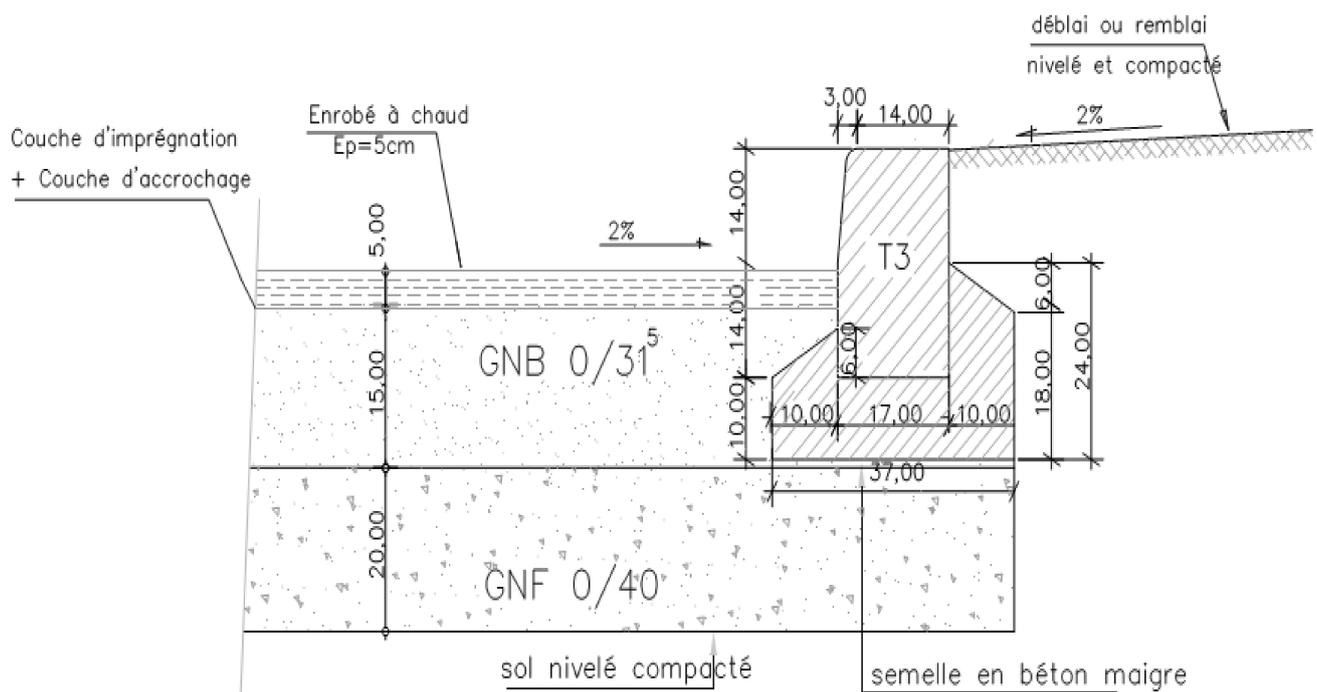


Figure 5 : Demi-profil en travers type [9]

## CHAPITRE 7 : ETUDE FINANCIERE DU PROJET

### I. L'avant métré des réseaux d'assainissement

Le calcul de l'avant métré de réseau d'assainissement se base sur les données des profils en long essentiellement les cotes du terrain naturel, les cotes de projet et les distances entre regards.

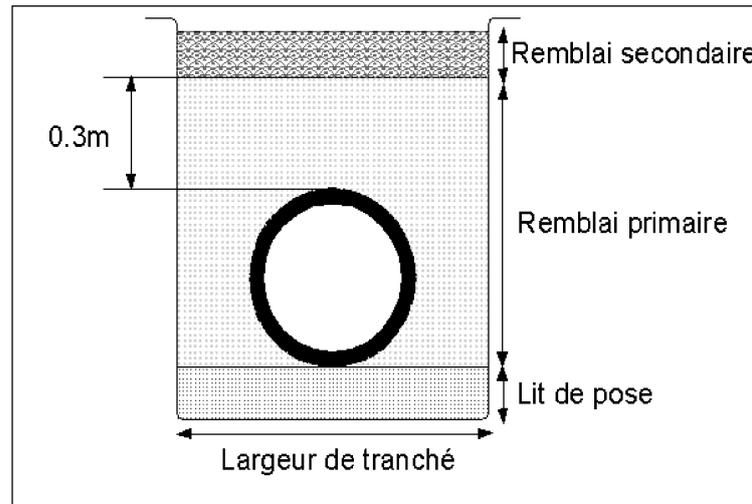


Figure 6 : Coupe transversale d'une tranchée

#### ❖ Volume du terrassement

Pour mesurer le volume du terrassement on utilise la formule suivante :

$$Vt = D \times L \times Hm$$

Avec :

- ✓  $Vt$  : volume du terrassement (m<sup>3</sup>)
- ✓  $D$  : distance entre les regards extraits à partir du profil en long (m)
- ✓  $L$  : Largeur de tranchée (m)
- ✓  $Hm$  : Hauteur du terrassement (m)

### ❖ Largeur de tranchée

La largeur **L** est calculée de la manière suivante:

$$L = Di + e + d$$

Avec :

- ✓ L : Largeur de la tranchée (m)
- ✓ e : épaisseur de la conduite (m)
- ✓ d : la distance de part et d'autre de la conduite (m)
- ✓ di : diamètre intérieur de conduite (m)

Les largeurs des tranchées en fonction du diamètre sont données dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 13 : Largeurs des tranchées en fonction des diamètres**

Ø (mm)	300	400	500	600	700	800	1000	1200
Largeur (m)	0,80	0,9	1,00	1,20	1,30	1,40	1,80	2,10

### ❖ Hauteur du terrassement

Le calcul de la hauteur du terrassement réel et moyen est donné par la formule suivante :

$$Hr = (TN - CP) + Hl$$

$$Hm = \frac{(Hr1 + Hr2)}{2} + Hl$$

Avec

- ✓ Hr : hauteur du terrassement réel (m),
- ✓ Hr1 : hauteur du terrassement réel de piquet 1 (m),

- ✓ Hr2: hauteur du terrassement réel de piquet 2 (m),
- ✓ TN : côte du terrain naturel (m),
- ✓ CP : côte de projet (m),
- ✓ Hm : hauteur du terrassement moyen (m),
- ✓ Hl : hauteur du lit de pose.

### ❖ Lit de pose

C'est la partie sur laquelle se pose une canalisation lors du calage du réseau .Il est généralement soit en gravier si le terrain est rocheux ou en sable.

Le volume du Lit de pose est calculé par la formule suivante :

$$V_{lp} = ep \times L \times l$$

Avec :

- ✓  $V_{lp}$  : volume du lit de pose en ( $m^3$ ) ;
- ✓  $ep_{lp}$  : épaisseur du lit de pose (m) ;
- ✓  $L$  : longueur (m) ;
- ✓  $l$  : largeur (m).

### ❖ Remblais

C'est le nom qui désigne les terres à apporter pour l'opération de remblaiement, elle consiste à apporter des terres en vue de combler un vide, ou former un massif de terre généralement, il existe deux types de remblai :

#### ➤ Remblais primaire

Placé à une hauteur de 0,2 m au dessus de la conduite, sa nature diffère selon la nature des canalisations. Il peut être en sable de concassage 0/5 ou en matériaux extraits des déblais ...etc.

Il est calculé par la formule suivante :

$$R_p = [(\emptyset + e + 0,3) \times L \times l] - V_{con}$$

➤ Remblais secondaire

Il est placé au dessus du remblai primaire, il est calculé par la formule suivante :

$$R_s = V_t - R_p - V_{lp} - V_{cond}$$

Avec :

- ✓  $R_s$  : le remblai secondaire en (m<sup>3</sup>) ;
- ✓  $R_p$  : le remblai primaire en (m<sup>3</sup>) ;
- ✓  $V_t$  : volume du terrassement en (m<sup>3</sup>) ;
- ✓  $V_{lp}$  : volume du lit de pose en (m<sup>3</sup>) ;
- ✓  $V_{cond}$  : Le volume de la conduite (m<sup>3</sup>) =  $(\Pi/4) \times (\Phi^2) \times L$

**Tableau 14 : Exemple de calcul du métré d'un collecteur**

Collec. ou Ant.	N° Regard	Diamètre Collecteur en m	Largeur Tranchée (en m)	Cote TN (en m)	Dist part. Entre regard (en m)	Cote Radier (en m)	Prof. (en m)	Prof. Moy (en m)	Volume Déblai (en m3)	Volume Remblai I (en m3)	Volume Remblai II (en m3)	Lit de sable (en m3)	Cote tampon (en m)	cote tampon . Moy (en m)	Cote rad-cote tampon (en m)	Echelons
COLL EU2	R1	0,4	0,9	440,46	36,31	438,98	1,48	1,55	55,651	19,014	23,793	3,268	440,434	440,28	1,45	3
	R2	0,4	0,9	440,25	38,65	438,62	1,63	1,67	63,414	20,242	27,285	3,479	440,126	439,96	1,51	3
	R3	0,4	0,9	439,95	41,88	438,23	1,72	1,80	73,330	21,931	33,244	3,769	439,797	439,66	1,56	4
	R4	0,4	0,9	439,69	41,32	437,82	1,87	2,02	80,747	21,636	43,473	3,719	439,516	439,53	1,70	4
	R5	0,4	0,9	439,57	39,98	437,40	2,17	2,46	94,023	20,937	66,282	3,598	439,539	439,59	2,14	5
	R6	0,4	0,9	439,36	39,00	436,60	2,76	3,22	118,399	20,422	98,762	3,510	439,649	439,58	3,05	8
	R7			439,12		435,43	3,69						439,512		4,08	12
		7				237,15				485,56	124,18	292,84	21,34			

**II. L'avant métré de voiries**

Pour calculer l'avant métré de voiries on se base sur les profils en long et les profils en travers, généralement le logiciel Covadis nous donne le métré exact et il

nous facilite la tâche, le tableau ci-dessous résume le métré de toutes les voies du projet.

**Tableau 15 : Métré des voiries**

	<b>L.App (m)</b>	<b>Volume déblai (m3)</b>	<b>volume remblai (m3)</b>	<b>volume GNF (m3)</b>	<b>Volume GNB (m3)</b>	<b>RS (m2)</b>	<b>Couche d'imprégnation (m²)</b>	<b>L. Bordure</b>
<b>Voie 1</b>	220,11	300,24	551,27	845,24	594,31	3962,06	3962,06	880,46
<b>Voie 2</b>	240,09	641,57	767,94	921,96	648,26	4321,7	4321,7	960,38
<b>Voie 3</b>	171,81	706,05	50,77	453,59	309,26	2061,76	2061,76	687,25
<b>Voie 4</b>	252,91	276,07	595,14	333,84	227,62	1517,47	1517,47	505,82
<b>Voie 5</b>	248,26	2224,23	241,08	953,32	670,31	4468,71	4468,71	993,05
<b>Voie 6</b>	282,91	557,81	356,86	430,02	297,05	1980,36	1980,36	565,82
<b>Voie 7</b>	71,32	35,82	108,03	94,15	64,19	427,95	427,95	142,65
<b>Total</b>	<b>1487,41</b>	<b>4741,78</b>	<b>2671,09</b>	<b>4032,13</b>	<b>2811</b>	<b>18740</b>	<b>18740,01</b>	<b>4735,42</b>

### **III. Estimation du projet**

Connaissant les prix unitaire de chaque prestation, on peut définir le prix total du projet à l'aide du détail estimatif du projet, l'annexe 8 résume le détail de calcul du coût total du projet.

Le prix total da a réalisation du projet est :

**Total Général TTC en DH = 8.617.713,45 DH soit 80 DH/m²**

## Conclusion

La plupart des bureaux d'études d'assainissement au Maroc se basent sur la méthode de Caquot pour calculer le débit des eaux pluviales, cette méthode qui est empirique se base sur les coefficients de Montana et une période de retour de 10 ans, 5 ans et il ya des fois des bureaux d'étude qui prennent 2 ans comme période de retour.

A mon avis je pense qu'il faut prendre des périodes de retour au delà de 10 ans pour calculer le débit des eaux pluviales, parce que ces dernières années, le monde entier a connu des changements climatiques, on remarque ces changement climatiques surtout sur le côté pluviométriques. Des fois on assiste à des intensités de pluies très importantes.

D'ailleurs la limite de ce temps de retour de 10 ans est clairement visible dans les lotissements où on perçoit les collecteurs qui n'ont pas pu transiter le débit de ruissellement des eaux pluviales.

Généralement les bureaux d'études cherchent à minimiser le coût de la réalisation du projet, mais il faut penser au long terme.

## Bibliographie

[1] **GOUZROU A, 1999.** Les ABC de l'hydraulique Tome 2. Les réseaux d'assainissement.

[2] **www.wikimapia.org**

[3] **Communauté urbaine de Bordeaux, 2010.**Projet de zonage de l'assainissement. Dossier d'enquête publique.

[4] **SATIN M, 1999.** Guide technique de l'assainissement. Le moniteur.

[5] **ONEP, 2008.** Guide technique des travaux d'assainissement des lotissements et ensembles immobiliers. Direction assainissement et environnement division technique d'assainissement.

[6] **CHETAH, 2011.** Mémoire de projet de fin d'études mastère spécialisé eau potable et assainissement. Élaboration d'un protocole pour la gestion des eaux pluviales dans les projets d'aménagements. École nationale du génie de l'eau et de l'environnement de STRASBOURG.

[7] **BRUNO, 2005.** Calcul des débits d'eaux pluviales. Méthodes non-dynamiques.

[8] **Lebouc H., 2005.** Programme de dimensionnement hydraulique, groupe Colas (manuel d'utilisation).

[9] **SETRA, 2012.** Comprendre les paramètres de conception géométrique des routes.

## Annexes

- **Annexe 1** : Tracé en plan des eaux pluviales et délimitation des bassins versants.
- **Annexe 2** : Tracé en plan des eaux usées et délimitation des bassins versants.
- **Annexe 3** : Profil en long d'une canalisation des eaux pluviales.
- **Annexe 4** : Profil en long d'une canalisation des eaux usées.
- **Annexe 5** : Calcul des débits d'assemblage des eaux pluviales et eaux usées.
- **Annexe 6** : Calcul de diamètre des collecteurs eaux pluviales et eaux usées.
- **Annexe 7** : Profil en long de voiries.
- **Annexe 8** : Estimation du projet.