

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE

Technicien Supérieur en Bâtiment Travaux Public

Option: Voiries et Réseaux Divers

Thème :

ETUDE DE VRD DES 1032 LOGEMENTS D'OULED
Municipalité d'Alger



Proposé par :

Le Centre National d'Etudes et de la Recherche appliquée en Urbanisme (CNERU)

Présenté par :

Mr. AIT ALI

Mr. ZOUBIR

Bilal

Rachid

Dirigé par :

Mr. KAHIL Amar

3^{eme} Promotion (code de section : BTP 0722)

2009/2012

Résumé

Résumé :

L'étude de tout projet voirie et réseaux divers est une phase capitale, d'où une attention spéciale devrait être donnée. L'objectif de cette étude est de réaliser un dossier d'exécution voirie et réseaux divers des 1032 logements situés à Ouled Mendil qui permettra de faciliter le déroulement et le suivi des travaux de réalisation sur terrain. L'étude proprement dite a traité cinq parties à savoir, la topographie du site d'implantation, la trame voirie et ses caractéristiques géométriques, l'alimentation en eau potable avec le calcul du réseau, l'assainissement, ainsi que le dimensionnement des conduites et enfin la partie éclairage public.

Un logiciel de calcul d'hydraulique "MecaFluid" a été mis au point et validé pour le calcul et le dimensionnement des réseaux d'alimentation en eau potable et d'assainissement.

Mots clés : topographie, alimentation en eau potable, assainissement, tracé en plan, cubature, éclairage public, MecaFluid.

Abstract:

The study of any project roads and different network is a capital phase, from where a special attention should be given. The objective of this study is to carry out a file of execution roads and different network of the 1032 lodgings situated to Ouled Mendil, which will make it possible to facilitate the course and the follow-up of the realization work on ground.

The study itself treated five parts such as, the topography of the site of implantation, the roadway network and its geometrical characteristics, the drinking water supply with the calculation of the network, the rehabilitation, as well as the dimensioning of the conduits and finally the street lighting part.

A hydraulic calculation software "MecaFluid" was developed and validated for the analysis and design of drinking water supply systems and sanitation.

Key words: topography, drinking water supply, sanitation, tracing in plan, cubature, public lighting, MecaFluid.

Remerciements

Ce projet nous a permis de travailler avec des personnes dont leur assistance nous a été d'un grand profit. Et nous désirons ici les remercier sincèrement de leur disponibilité et de leur soutien.

Nous remercions chaleureusement Mme MESSACI en tant que chef de département études et infrastructure dans le Groupe CNERU et de nous avoir accueilli, proposé le sujet et entourés avec la plus grande attention et d'avoir mis à notre disposition tous les moyens nécessaires.

Nos grands remerciements au personnel du Département Études et Infrastructures et tout le personnel de l'atelier hydraulique, voire plus spécialement à : Mr MENASSRI Lyes, Mr SEMMAR Rafik, Mr ABDCHAKOUR Hamza et Mr INNOURAR Akli, qui ne nous ont jamais refusé la moindre aide et pour leur disponibilité et l'assistance précieuse qu'ils nous ont offert.

C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que nous remercions notre promoteur Mr KAHIL Amar pour la solitude avec laquelle il a suivi et guidé ce travail.

Nous tenons aussi à remercier les membres du jury qui nous font honneur de juger notre travail.

Nos remerciements les plus amicaux vont vers nos amis (es) qui nous ont aidés de près ou de loin.

Dédicaces

Aux deux êtres qui me sont les plus chers au monde

Qui ont fait de moi ce que je suis

Mes parents, vous qui m'avez élevé, qui m'avez toujours soutenu

Vous qui n'avez jamais cessé de croire en moi

Vous, qui voyez le monde à travers mes yeux

Aucun mot, aucune langue

Ne saurait exprimer mon grand amour ni ma profonde reconnaissance à votre égard

A ma sœur adorable Dalila

A mon petit frère Fares

A toute ma famille

*A tous mes amis et toutes mes amies pour leur disponibilité inconditionnelle, leur aide inestimable et
amitié rare*

*A tous ceux qui ont contribué à ma formation, partant de mes enseignants du primaire et arrivant à mes
professeurs au sein de l'INSFPO*

A tous ceux que je connais et qui m'ont fait honneur de leurs conseils

Indéniables

Je dédie ce modeste travail.

Bilal n Saïd b Akli n Salem

Dédicaces

Je dédie ce latitude travail pour :

Les deux êtres les plus chers que le Bon Dieu m'adonné dans la vie, c'est bien mes parents.

Maman je tien à te dévoiler mes sincères sentiments d'amour et de respect pour tout ce que tu m'as appris pour le courage que t'as su me donner aux pénibles moments que j'ai vécue durant mes études du primaire à ce jour.

Papa c'est toi qui ma dis un jour je suis prêt à rester sans mangé et te donner une bonne éducation et veiller sur tes études, papa merci pour le courage et le sacrifice que t'as consenti sur moi pendant la durés de mes études.

Je vous souhaite une longue vie pleine de joie et de santé.

Je dédie aussi mon travail à tous mes frères en commençant par Smaïl, Brahim, Samir, à mes deux Sœurs Ouardia et sans oublier la petite Kenza.

A toute ma famille proche, mon cher oncle Mohamed ma chère tante Fatma et leurs deux filles Sabrina et Sara.

Ainsi que mes amis(es) mes collègues de section mes voisins .mes profs à l'INSFPO et tout le personnel de l'établissement.

ZOUBIR Rachid

Table des matières

RESUME	2
REMERCIEMENTS	3
DEDICACES	4
TABLE DES MATIERES	6
LISTE DES FIGURES	11
LISTE DES TABLEAUX	12
NOMENCLATURE	13
Introduction	14
Présentation de l'organisme d'accueil-CNERU.....	15
Chapitre 1 : Présentations générale.....	16
1.1. Introduction	17
1.2. Présentation de VRD	17
1.2.1. Définition du VRD.....	17
1.2.2. Présentation des différents réseaux	17
1.2.3. Phases d'un projet de V.R.D.....	18
1.2.4. L'informatique dans le domaine du VRD	19
1.3. Contexte global du projet	19
1.3.1. Notice descriptive	19
1.3.2. Particularités du site	20
1.3.3. Références urbaines et architecturales	20
1.4. Présentation du projet.....	20
1.4.1. Situation du projet	21
1.4.2. Données globales	22
1.4.3. Les données météorologiques	22
Chapitre 2 : Topographie.....	23
2.1. Introduction	24
2.2. Définitions.....	24

2.2.1.	Définition de la topographie	24
2.2.2.	Définition d'un levé topographique	24
2.2.3.	Définition de certains termes topographiques	25
2.3.	Le plan de piquetage (plan d'implantation)	27
2.3.1.	Définition	27
2.3.2.	Procédure de l'implantation	27
2.3.3.	Implantation d'un point sur terrain	27
2.4.	Modèle numérique de Terrain (M.N.T)	28
2.4.1.	Définition	28
2.4.2.	Utilisation des MNT	29
2.5.	Conclusion	29
Chapitre 3 : Voirie		30
3.1.	Introduction	31
3.2.	La voirie	31
3.2.1.	Définition	31
3.2.2.	Classification administrative de la voirie	31
3.3.	Tracé en plan	31
3.3.1.	Définition du tracé en plan	31
3.3.2.	Règles à respecter dans le tracé en plan	32
3.3.3.	Les éléments du tracé en plan	32
3.3.4.	Les Alignements	32
3.3.5.	Arcs de Cercle	33
3.3.6.	La vitesse	37
3.4.	Profil en long	37
3.4.1.	Définition	37
3.4.2.	Règles à respecter dans le tracé du profil en long	38
3.4.3.	Coordination du tracé en plan et profil en long	38
3.4.4.	Raccordements en profil en long	39
3.5.	Profil en travers	40
3.5.1.	Définition	40
3.5.2.	les éléments du profil en travers	40
3.5.3.	Classification du profil en travers	41
3.6.	Méthodes de dimensionnement	43
3.6.1.	Introduction	43
3.6.2.	Définition	43
3.6.3.	Les différentes catégories de chaussée	43
3.6.4.	Nomenclature des chaussées souples	44
3.6.5.	Règles de dimensionnement	44

3.6.6.	Différentes Méthodes de dimensionnement.....	44
3.7.	Conclusion	47
Chapitre 4 :	Terrassement	48
4.1.	Introduction	49
4.2.	Généralités.....	49
4.2.1.	Définition	49
4.2.2.	Terminologie	49
4.3.	Différentes phases des travaux de terrassement.....	51
4.3.1.	Position du problème.....	52
4.4.	Mouvement des terres.....	53
4.4.1.	Définition	53
4.4.2.	Les principes du mouvement des terres	53
4.5.	Cubature des terrassements.....	53
4.5.1.	Définition	53
4.5.2.	Décapage de la terre végétale (nettoyage).....	53
4.5.3.	Cubature des plates-formes.....	54
4.5.4.	Cubature de la voirie	56
4.6.	Conclusion	58
Chapitre 5 :	Assainissement.....	59
5.1.	Introduction	60
5.2.	Réseaux d'assainissement.....	60
5.3.	Accessoires du réseau d'assainissement	60
5.3.1.	Regards.....	60
5.3.2.	Les collecteurs.....	61
5.4.	Différents systèmes des réseaux d'assainissement.....	61
5.4.1.	Système unitaire	61
5.4.2.	Systèmes séparatifs.....	62
5.4.3.	Système Pseudo-séparatif (mixte)	62
5.4.4.	Comparatif entre les systèmes fondamentaux	63
5.5.	Évaluation des débits	63
5.5.1.	Le débit des eaux usées	64
5.5.2.	Le débit des eaux pluviales	64
5.5.2.1.	Bassin versant.....	64
5.5.2.2.	Méthodes de calcul	67
5.5.2.3.	Considerationsgénérales	68
5.6.	Facteurs influençant la conception d'un projet d'assainissement	72
5.7.	Tracé du profil en long	72

5.7.1.	Principe	72
5.7.2.	Recommandation.....	73
5.8.	Conclusion	73
Chapitre 6 : Alimentation en eau potable		75
6.1.	Introduction	76
6.2.	Généralités.....	76
6.3.	Principaux éléments d'un système d'hydraulique urbaine	76
6.4.	Le tracé du réseau	77
6.5.	Conditions d'exploitations d'un réseau	77
6.5.1.	Débits	77
6.5.2.	Choix du diamètre.....	77
6.5.3.	Vitesse d'écoulement.....	78
6.6.	La demande en eaux.....	80
6.7.	Réseaux de distribution	82
6.7.1.	Définition	82
6.7.2.	Composantes du réseau.....	82
6.7.3.	Classification des réseaux de distribution.....	83
6.8.	Calcul et dimensionnement	84
6.8.1.	Calcul d'un réseau ramifié.....	84
6.8.2.	Calcul d'un réseau maillé	84
6.9.	Conclusion	86
Chapitre 7 : Conception d'un logiciel de calcul hydraulique.....		87
7.1.	Introduction	88
7.2.	Programmation informatique	88
7.2.1.	Langage de programmation	88
7.2.2.	Définition du langage C++	88
7.2.3.	Présentation du compilateur	88
7.3.	Présentation du logiciel « MecaFluid »	89
7.4.	Structure du programme	90
7.4.1.	Les composantes visuelles	90
7.4.2.	Les composantes sources.....	90
7.4.3.	Exportation et importation de données	91
7.5.	Conclusion	91
Chapitre 8 : Eclairage public et électricité.....		92
8.1.	Introduction	93
8.2.	Généralités.....	93
8.3.	Définitions.....	93

8.3.1.	Flux lumineux	93
8.3.2.	Intensité lumineuse.....	93
8.3.3.	Eclairage	94
8.3.4.	Luminance.....	94
8.3.5.	Efficacité lumineuse (rendement lumineux).....	94
8.3.6.	Eclairage moyen	94
8.3.7.	Luminance moyenne.....	95
8.4.	Calcul d'éclairage public	95
8.4.1.	Disposition des luminaires	95
8.4.2.	Espacement entre luminaires	96
8.4.3.	Puissance de feu.....	96
8.4.4.	Choix de la lampe.....	97
8.4.5.	Les candélabres.....	97
8.4.6.	Facteur d'utilisation	97
8.4.7.	Détermination du facteur de vieillissement.....	98
8.5.	Distribution d'électricité (énergie)	99
8.5.1.	L'étude et la conception du réseau.....	99
8.5.2.	Bilan de puissance.....	99
8.5.3.	Poste de transformations.....	100
8.5.4.	Calcul de section	101
8.6.	Conclusion	103
	Conclusion générale.....	105
	Annexe A: Tracé en plan	106
	AnnexeB : Cubatures des terrassements.....	109
	Annexe C: Assainissement.....	114
	Annexe D: Alimentation en eau potable	115
	Annexe E : Electricité	119
	Annexe F : Plans et schémas de calculs	120
	Références bibliographiques	127

Liste des figures

Figure 1.1 Organigramme du VRD	18
Figure 1.2 Etapes d'une étude VRD.....	18
Figure 1.3 Situation du site à l'échelle de l'agglomération [Google Map]	21
Figure 1.4 zoom du point A.....	21
Figure 2.1 Projection d'un terrain sur une carte	24
Figure 2.2 Projection planaire	25
Figure 2.3 Vue en plan d'un terrain.....	26
Figure 2.4 Modèle numérique de terrain d'Ouled Mendil.....	29
Figure 3.1 courbe de raccordement	35
Figure 3.2 Profil en travers type d'une route	40
Figure 3.3 Profil en travers déblais/remblais	41
Figure 3.4 Profil en travers type multi réseau.....	42
Figure 4.1 Méthode de quadrillage.....	55
Figure 4.2 Schéma explique la méthode des profils en travers.	57
Figure 5.1 Schéma de principe d'un réseau unitaire	62
Figure 5.2 schéma de principe d'un réseau séparatif.....	62
Figure 5.3 schéma de principe d'un réseau pseudo-séparatif.....	63
Figure 5.4 Exemple de découpage des bassins	65
Figure 5.5 Variations des débits et des vitesses en fonction du remplissage.....	71
Figure 6.1 Réseaux maillé	83
Figure 6.2 Réseaux ramifié	84
Figure 7.1 Fenêtre principale du logiciel	89
Figure 8.1 Paramètres de photométrie	93
Figure 8.2 Disposition des laminaires	95
Figure 8.3 Facteur d'utilisation par rapport au type des laminaires.....	98

Liste des tableaux

Tableau 1.1 Gisement et angle en fonction des quadrants	28
Tableau 1.2 Implantation des stations	28
Tableau 3.1 valeur de sur largeur par rapport au rayon	35
Tableau 3.2 I_{\max} en fonction de V_r	38
Tableau 3.3 Valeurs des rayons convexes dans la Cat 1 avec V_r 80km/h	39
Tableau 3.4 Valeurs des rayons concaves dans la Cat 1 avec V_r 80km/h	40
Tableau 3.5 Espacement entre réseaux	42
Tableau 3.6 Structure des différentes catégories de chaussées	44
Tableau 3.7 Coefficients d'équivalence en fonction des matériaux utilisés	45
Tableau 4.1 Coefficient de foisonnement -tassement	51
Tableau 5.1 Comparatif entre les réseaux fondamentaux	63
Tableau 5.2 Coefficient de ruissèlement	65
Tableau 5.3 Paramètre relatifs au bassin	66
Tableau 5.4 Coefficient de Bazin en fonction des parois	69
Tableau 5.5 Coefficient de Manning-Strikler en fonction des parois	69
Tableau 6.1 Les pressions maximales selon les hauteurs d'immeubles	80
Tableau 7.2 Différent modules et sous modules du logiciel	91
Tableau 8.1 La luminance moyenne en fonction de la voirie	95
Tableau 8.2 Le rapport maximal E/H selon le type de voie	96
Tableau 8.3 Facteur de luminance	96
Tableau 8.4 V_1 en fonction de la durée d'allumage	98
Tableau 8.5 V_2 en fonction de la nature de l'atmosphère et d'éclairage	98
Tableau 8.6 Puissances totale des équipements	100
Tableau 8.7 section des câbles en fonction des Z_{\max}	102
Tableau 8.8 Densité des câbles par rapport à la section	103

Nomenclature

Sigles et acronymes :

VRD : voirie et réseaux divers

CPF : cote plate-forme

Lettres Latines :

R_h : Rayon hydraulique

VB : Vitesse de base

I : Pente

I_{CBR} : Indice CBR

e : Epaisseur de la chaussée

Q_m : Débit moyen journalier

Q_{EP} : Débit des eaux pluviales

Q_{EU} : Débit des eaux usées

Q_p : Débit de pointe

VPS : vitesse a plein section

QPS : Débit a plein section

J : perte de charge

ΔU : chute de tension

Δq : Débit correctif

Symboles Grecs:

α : Angle en grade

ϵ : Eclairement

ϕ : Flux lumineux

Ω : Angle solide

Indices et Exposants :

0 : Valeur initiale

moy : Valeur moyenne

max : Valeur maximale

min : Valeur minimale

Introduction

À la fin de chaque cycle de formation, l'Institut National Spécialisé en Formation Professionnelle d'Ouaguenoune prévoit dans son programme du cinquième semestre de la troisième année un travail de fin d'études qui s'étale sur une durée de six (06) mois environ.

L'objectif de ce travail est d'étudier un projet réel qui permettra de :

- Compléter les connaissances acquises durant les cycles de formation.
- S'intégrer au monde du travail.
- Connaître les missions et les responsabilités d'un technicien supérieur en VRD.

De ce fait, nous sommes appelés à fournir beaucoup d'efforts, faire d'observations, des remarques afin de présenter un travail qui est digne de son nom.

C'est dans ce cadre que le centre national d'études et de recherche appliquée en urbanisme nous a proposé un projet de fin d'études intitulé « Etude de VRD des 1032 logements d'Ouled-Mendil »

Et afin de mener notre travail le plus judicieusement possible, nous allons développer cette étude à travers huit chapitres ordonnés comme suit :

Le premier chapitre sera consacré à la présentation du VRD ainsi du projet en point vue géographique et technique.

La présentation de quelques terminologies topographique et la procédure d'implantation sur terrain feront l'objet du deuxième chapitre

Dans le troisième chapitre, nous allons procéder à la détermination du tracé en plan, la ligne rouge et les profils en travers, de même nous allons dimensionner le corps de chaussée.

Par suite, le quatrième chapitre se consacrera aux calculs des cubatures et mouvements des terres.

Le dimensionnement du réseau d'assainissement fera l'objet du cinquième chapitre.

Dans le sixième chapitre, nous allons dimensionner le réseau d'alimentation en eau potable.

Le septième chapitre porte sur la présentation détaillée du programme informatique élaboré en vue de la détermination numérique de certains paramètres hydrauliques.

L'étude et l'implantation du réseau d'éclairage public ainsi que l'électricité seront présentées dans le huitième chapitre.

Présentation de l'organisme d'accueil-CNERU

Le Centre National d'Études et de Recherches Appliquées en Urbanisme est créé en 1956 sous la dénomination CADAT, restructuré en 1981 en deux structures « C.N.E.R.U » et « A.N.A.T », transformé en Entreprise Publique Économique, Société par actions le 29 décembre 1990 au capital de 1.249.500.000 ,00 DA.

Le CNERU est un bureau d'études national, qui relève de la société de gestion des participations « GENEST », constitué des filiales suivantes :



- La société DELYPRO ayant pour mission la promotion immobilière dont le capital est de 927.000.000 ,00 DA, détenu à 78,398% par le CNERU.
- La société de Promotion immobilière du vingt et unième siècle « PROMOTION21 » dont le capital de 277.500.000,00 Da est détenu à 40% par CNERU.

Les missions de CNERU sont de :

1. Conceptions et études techniques
2. Promotion foncière et immobilière
3. Conseil technique
4. Coordination et de pilotage
5. Recherches appliquées
6. Formation

Le CNERU a reçu le prix national de l'urbanisme décerné par le ministère de l'urbanisme en décembre 2001 pour avoir fait le plan permanent de sauvegarder et la mise en valeur de la Casbah d'Alger.

Le CNERU a été certifié à la norme internationale ISO 9001 version 2000 en 2004, certification confirmée en novembre 2005 et en décembre 2006, renouvelée en 2007 et confirmée de nouveau en 2008, 2009 et 2010 dans les domaines de :

1. L'urbanisme
2. L'aménagement du territoire
3. L'environnement
4. Infrastructures
5. Architecture
6. Promotion foncière

Et en octobre 2011, le CNERU a été certifié à la nouvelle version de la norme : ISO 9001 version 2008.

Siege : 30, route Hassen Ben Naâmane Bir Mourad Raïs – Alger.

Chapitre 1 : Présentations générale

1.1.	Introduction	17
1.2.	Présentation de VRD	17
1.2.1.	Définition du VRD.....	17
1.2.2.	Présentation des différents réseaux	17
1.2.3.	Phases d'un projet de V.R.D.....	18
1.2.4.	L'informatique dans le domaine du VRD	19
1.3.	Contexte global du projet	19
1.3.1.	Notice descriptive	19
1.3.2.	Particularités du site	20
1.3.3.	Références urbaines et architecturales	20
1.4.	Présentation du projet.....	20
1.4.1.	Situation du projet	21
1.4.2.	Données globales	22
1.4.3.	Les données météorologiques	22

1.1. Introduction

Jusqu'à une époque récente dans l'histoire, les modifications qui s'effectuaient sur les espaces collectives étaient à partir des critères purement architecturaux et de confort, ceci à fait la consommation de l'espace était très abusive et le coût de l'habitat très élevé, la croissance rapide de la démographie, et la révolution industrielle apparue à la fin du 19^{ème} siècle ont traduit le fait que les habitants se regroupent dans des espaces très limités.

De telles difficultés ont poussé les gens à rationaliser l'utilisation de l'espace, séparer les zones industrielles des zones agricoles et de celles à urbaniser, cette dernière qui fait l'objet de cette étude devra recevoir des opérations d'urbanisation qui permettent la satisfaction des principaux objectifs suivants :

- Recherche la meilleure intégration possible de l'opération dans son environnement général (paysage naturel, milieu bâti, contexte socio-économique) selon l'inspiration des habitants.
- Limiter les coûts d'investissement sans pour autant négliger les problèmes techniques.
- Créer un cadre de vie satisfaisant pour les usagers.
- Assurer un développement équilibré et harmonieux des communes afin de satisfaire ces quatre principes.

C'est toute une étude de faisabilité et de conception technique des opérations pour cela on fait appel aux voiries et réseaux divers qui a une influence directe et déterminante pour atteindre les objectifs cités ci-dessus.

1.2. Présentation de VRD

1.2.1. Définition du VRD

Le sigle V.R.D est né après la deuxième guerre mondiale pour désigner les opérations de reconstruction et de mise en viabilité des villes sinistrées. Puis, par suite de l'accroissement démographique de plus en plus important, ce terme a été étendu à tous les travaux de mise en fiabilité : lotissement, zone urbaine d'habitation nouvelle, zone d'activité, etc.

Le V.R.D est considéré comme l'ensemble des travaux qui ont pour objet de mettre le terrain en état de recevoir la construction et la raccorder aux réseaux de distribution collectifs de fluides et à la voirie publique. Cela concerne essentiellement les amenées d'eau, les évacuations d'eaux usées, les voiries de desserte, de gaz, d'électricité...

L'équipement de viabilité urbaine est dénommé aussi plus couramment V.R.D, abréviation du terme Voirie et Réseaux Divers. [1]

1.2.2. Présentation des différents réseaux

a) VRD et assainissement: Les VRD interviennent dans l'assainissement pour l'étude des ouvrages ainsi que l'implantation du réseau d'assainissement afin de collecter et de transporter et éventuellement traiter puis la restituer en milieu naturel et dans un état satisfaisant, des eaux

pluviales ou de ruissellement et les eaux usées ou domestiques (eaux ménagères, eaux-vannes, eaux industrielles).

b) **VRD et AEP** : L'eau est un bien public et indispensable à toute urbanisation et doit être disponible en quantité suffisante pour assurer les besoins des populations.

Les VRD interviennent dans son champ d'application afin de répondre à ce besoin, par la conception et implantation de l'ouvrage, devront répondre à ces exigences.

c) **VRD et énergie**: (Gaz et Électricité) :L'énergie est un élément très utile, la vie moderne y très attachée l'absence de cet élément peut paralyser toute une agglomération même un territoire entre qui pourra avoir conséquence indésirable sur l'économie inestimable.

Aussi les VRD prennent en charge la conception et la réalisation de tels réseaux afin de répondre aux besoins de la population.

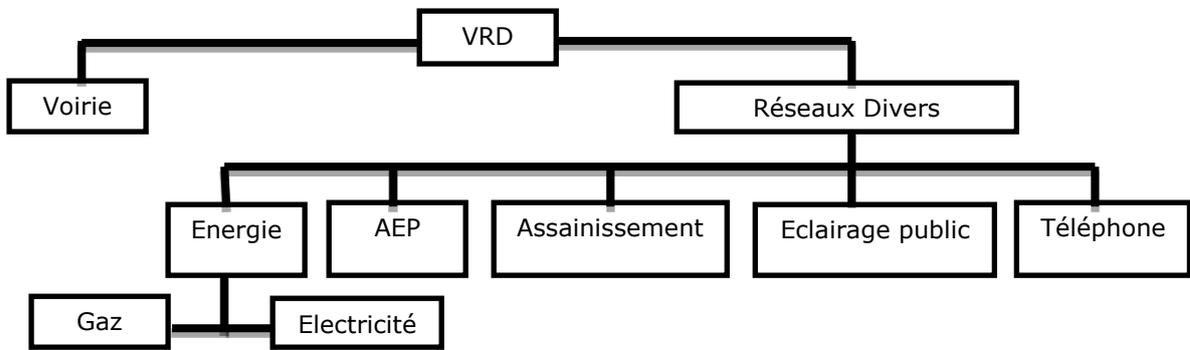


Figure 1.1 Organigramme du VRD

1.2.3. Phases d'un projet de V.R.D

Techniquement une étude de V.R.D passe par trois (03) phases (voir Figure 1.2)

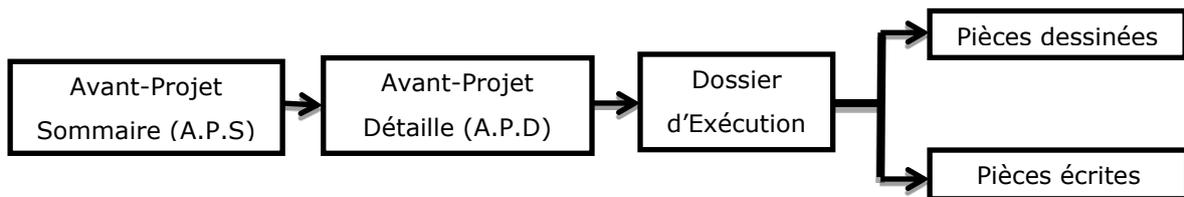


Figure 1.2 Etapes d'une étude VRD

A.P.S (Avant-Projet Sommaire) : ce sont les plans à petite échelle accompagné d'une note succincte (résumé) définissant les principes : seuls sont figurés la voirie et les espaces verts.

A.P.D (Avant-Projet Détaillé) : les plans sont à plus grande échelle, ils sont accompagnés d'un devis descriptif sommaire et d'une note sur les démarches administratives effectuées.

D.EX (Dossier d'Exécution) : il comprend les pièces dessinées et les pièces écrites.

Pièces dessinées : plan topographique, plan de situation, plan d'aménagement, tracé en plan, profil en long de voirie, schéma de calcul assainissement, profil en long assainissement, schéma de calcul A.E.P, plan de masse d'éclairage public, plan d'implantation...ect.

Pièces écrites : mémoires explicatives, note de calcul, devis estimatif.

1.2.4.L'informatique dans le domaine du VRD

Jusqu'à nos jours, l'informatique a envahi plusieurs domaines. Les études d'aménagement et spécialement les études de V.R.D ont bénéficié à leurs tours de l'essor de cette dernière.

A cet effet plusieurs logiciels ont été mis au point tel qu'AutoCad Civil 3D, AutoCad Land Desktop, Covadis, Mensura Genius avec leurs modules présentant des fonctionnalités pour le calcul des réseaux d'assainissement, les cubatures des terrassements, la conception des voiries...etc.

Utiliser un logiciel pour créer un dessin ou modèle produit un résultat différent d'un dessin manuel. À cause de la fabuleuse précision que gèrent les logiciels de Dessin Assisté par Ordinateur (D.A.O)/ Conception Assisté par Ordinateur (C.A.O), ils surpassent de loin le dessin manuel. En plus du degré de précision, ils offrent la possibilité de copier, modifier, obtenir des renseignements sur les objets contenus dans le dessin.

D'une façon générale utiliser un logiciel de C.A.O / D.A.O consiste principalement à :

- Saisir des données (dessiner),
- Manipuler des données (modifier),
- Accéder aux données en vue d'un résultat (imprimer, statistiques...).

Dans l'analyse et l'évaluation des logiciels dans le domaine des études de V.R.D, on tient compte de plus en plus d'un ensemble de modules de traitement telles que la topographie, l'hydraulique, l'hydrologie, etc.

1.3. Contexte global du projet

1.3.1.Notice descriptive

Dans le cadre du plan quinquennal d'un million de logements, les publics algériens ont programmés une grande opération de résorption de l'habitat précaire. Les mille trente-deux logements sociaux locatifs prévus à Douira au lieu-dit Ouled Mendil entrent dans le cadre de cette opération. Même si le foncier choisi pour cette opération se trouve sur la circonscription administrative de la commune de Douira, il est situé en bordure directe de la nouvelle extension de l'agglomération de Birtouta. C'est donc en relation avec cette partie de la ville de Birtouta que l'étude des mille logements a été menée.

Birtouta est une commune de la wilaya d'Alger et chef-lieu de Daïra. Elle se situe dans la pleine de la Mitidja. C'est une commune moyenne de 27 000 habitants (22 890 en 2002). Elle a quitté la wilaya de Blida pour celle d'Alger à la faveur du dernier découpage territorial de 2000. C'est une commune agricole, mais qui connaît une certaine activité industrielle.

Chapitre 1 : Présentation générale

Le programme de cette opération est composé de 1032 logements sociaux locatifs gérés par l'OPGI d'Hussein Dey. Composés uniquement de type F3 de 67 m² et répondant au cahier de charges et prescriptions du ministère de l'habitat et de la construction (octobre 2007).

Le programme prévoit un ensemble de locaux (commerciaux et socioculturels) ainsi que les équipements d'accompagnements (Collège, écoles, centre de santé, marché...).

1.3.2. Particularités du site

Le foncier dédié à cette opération est situé en bordure ouest d'un boulevard nord-sud. A l'est du boulevard, un ensemble de plus de 2500 logements est en cours de réalisation ainsi que des équipements d'accompagnements qui pour certains, sont au service de l'ensemble de l'agglomération de Birtouta. Au sud de la parcelle dégagée pour ce programme de logements sociaux, des équipements sportifs d'importance moyenne sont aussi projetés. Au nord et à l'est de l'emplacement de la présente opération, les programmes d'aménagement futurs ne sont pas encore fixés.

Le Boulevard nord-sud part au sud de l'avenue principale de la ville de Birtouta et vient mourir au pied des collines au nord.

Sur ces collines, une flopée de maisons individuelles, compose un tissu d'habitat diffus. Ces maisons sont organisées pour certaines en hameaux, interdisant ainsi toute projection d'une extension dans cette direction d'un tissu urbain dense.

1.3.3. Références urbaines et architecturales

La référence urbaine a été aspirée du quartier Masséna, dans le 13^{ème} arrondissement de Paris, selon le plan de Portzamparc. Il s'agit de la première concrétisation de l'ilot ouvert à grande échelle dans Paris.

1.4. Présentation du projet

Notre projet consiste à l'étude VRD des 1032 logements situés à Ouled Mendil, la commune de Douera, daïra de Draria, wilaya d'Alger dont la fiche technique se présente comme suit :

Maitre d'ouvrage : Ministère de l'habitat et de l'urbanisme

Maitre d'ouvrage délégué : OPGI Hussein Dey

Entreprise de réalisation : China State Construction Engineering Corporation Limited CSCEC

Maitre d'œuvre : Salah Eddine Saidoune ATSP

Bureau d'études Urbanisme & VRD : Centre National d'Études et de Recherches appliquées en Urbanisme (Groupe CNERU)

Organisme de contrôle : C.T.C Chlef

Études géotechniques : laboratoire national de l'habitat et de la construction L.N.H.C

1.4.1. Situation du projet

La localisation du site de l'aménagement est montrée au point A dans la Figure 1.3 avec un petit agrandissement (zoom) dans la Figure 1.4. Il est situé à Ouled Mendil, limité :

- Au Nord, par le surplus de terrain (verger).
- Au Sud, par le surplus de terrain (verger).
- A l'Ouest, par l'Oued Maghdour.
- Et à l'Est, par l'extension de la route Ouled Mendil-Birtouta. Le terrain est vallonné, à accès relativement facile.



Figure 1.3 Situation du site à l'échelle de l'agglomération [Google Map]

L'accès au site se fait à partir de la RN67, par une petite piste située au sud, elle fait moins de 1 km.

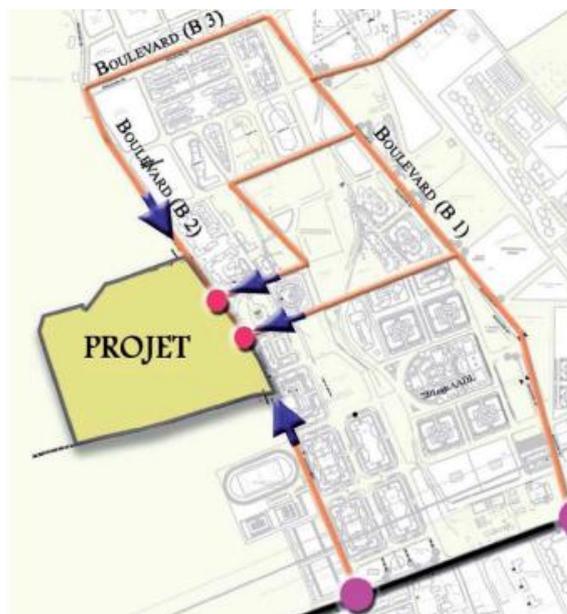


Figure 1.4 zoom du point A

1.4.2. Données globales

Le programme prévoit un ensemble de locaux commerciaux et socioculturels ainsi que les équipements d'accompagnements (deux crèches, deux écoles, un centre de santé, un marché, deux CEM, stade...) qui couvre une superficie totale de 130739.361 m² (13 ,07 ha) devisé sur 11 ilots.

1.4.3. Les données météorologiques

a) La pluviométrie: Les pluies sont généralement irrégulières parfois très violentes et inégalement réparties. Les précipitations varient entre 670 et 800 mm par an. La pluviométrie dépasse les 100mm/an au mois de novembre et décembre la valeur moyenne et faible aux mois de juin et juillet.

b) La température : La température est l'un des facteurs climatiques qui déterminent le choix du mode d'épuration d'où son importance pour tout projet d'assainissement.

Dans notre zone d'étude, la température varie peu pendant une journée et la moyenne annuelle est d'environ 17 °C à 18 °C. Les températures maximales et minimales sont respectivement 44 °C aux mois de juin, Juillet, août et septembre et -0,5 °C aux mois de décembre, janvier, février.

c) Le vent : L'implantation précise de certains ouvrages, comme la station d'épuration demande la connaissance du régime dominant des vents pour protéger la ville contre les mauvaises odeurs susceptibles. Les observations faites au niveau de la station de DAR EL BEIDA montrent qu'il existe deux brises marines et continentales. Ainsi le vent souffle dans la direction sud-ouest en été. Il a noté le Sirroco peut durer 20 Jours/an aux moyennes. La région est dominée par le vent d'Ouest. La vitesse moyenne mensuelle du vent varie entre 1,3 m/s et 2,6 m/s, elle peut atteindre les 20 m/s au mois d'octobre.

Chapitre 2 : Topographie

2.1. Introduction	24
2.2. Définitions	24
2.2.1. Définition de la topographie	24
2.2.2. Définition d'un levé topographique	24
2.2.3. Définition de certains termes topographiques	25
2.3. Le plan de piquetage (plan d'implantation)	27
2.3.1. Définition	27
2.3.2. Procédure de l'implantation	27
2.3.3. Implantation d'un point sur terrain	27
2.4. Modèle numérique de Terrain (M.N.T)	28
2.4.1. Définition	28
2.4.2. Utilisation des MNT	29
2.5. Conclusion	29

2.1. Introduction

L'élaboration d'un projet VRD nécessite une bonne connaissance du site et de ses caractéristiques. À cet effet, on a recours à la mise en œuvre de cartes topographiques restituant le relief de la région en se basant sur des mesures de terrain par levé en utilisant des appareils et instruments adéquats.

2.2. Définitions

2.2.1. Définition de la topographie

Le mot topographie est composé de : TOPOS qui signifie lieu et GRAPHOS qui signifie dessiner ou décrire.

La topographie est une science dont les techniques permettent de représenter une région de la surface de la terre sur un plan avec tous les détails qui se trouvent sur cette région (Figure 2.1) qu'ils soient : naturels comme les rivières, les oueds, les lacs, les montagnes et les forêts, ou alors artificiels : habitation, routes, voies ferrées, barrage et constructions industrielles. [2]

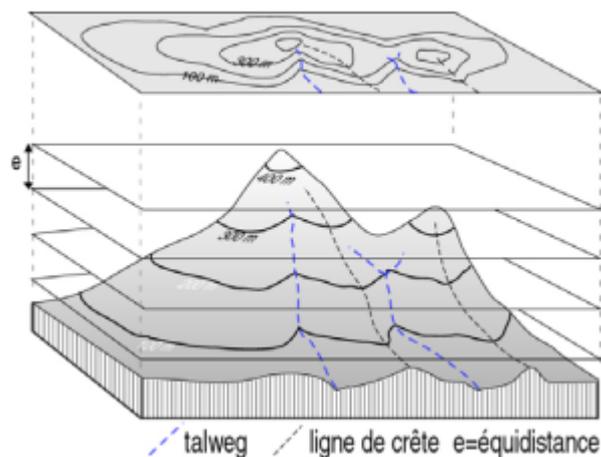


Figure 2.1 Projection d'un terrain sur une carte

La topographie est utile dans plusieurs domaines particulièrement dans les travaux de génie civil, travaux publics, génie militaire et hydraulique.

C'est à partir de cette représentation que sont faite l'étude des routes, des voies ferrées, des canalisations et des travaux industriels .et par l'intermédiaire de cette représentation, on peut exploiter et développer les ressources naturelles dans la région.

L'élaboration d'un plan topographique d'un projet passe inévitablement par les travaux de terrain et les travaux de bureau.

2.2.2. Définition d'un levé topographique

Le levé topographique est la représentation de tous les détails existant sur le terrain, comme par exemple : talus, oueds, maisons, regards, avaloirs, routes, poteaux d'électricité, murs, clôtures... sans oublier de prendre les points de terrain naturel (quand il s'agit d'un terrain nu).

Chaque détail levé sur le terrain sera représenté par un signe conventionnel, et ce pour permettre une interprétation facile des points et distinguer un détail d'un autre.

Les différentes opérations à effectuer pour faire un levé topographique sont :

- La reconnaissance du terrain.
- Piquetage des stations du cheminement.
- Observation du cheminement polygonale.
- Calcul et vérification du cheminement polygonale servant a déterminé les coordonnées de chaque point.
- Nivellement des stations et de chaque point du terrain.

2.2.3. Définition de certains termes topographiques

a) **Notion d'échelle:** La projection planaire (Figure 2.2) s'est faite sans réduction, ni agrandissement de la topographie initiale. Cependant, pour la réalisation d'une carte topographique d'une grande superficie de terrain (plusieurs dizaines de km²), il est évident qu'une forte réduction s'impose.

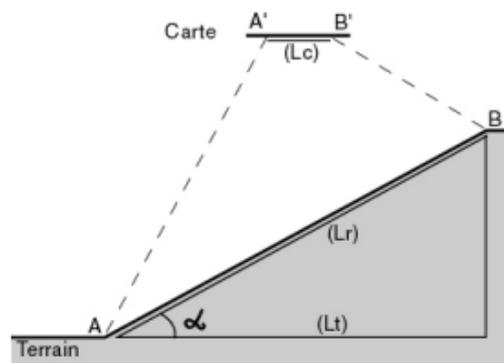


Figure 2.2 Projection planaire

C'est ce coefficient de réduction ainsi choisi, correspondant à un nombre fractionnaire, qu'on appelle échelle. Autrement dit, l'échelle d'une carte (E) est le rapport de la longueur mesurée sur la carte (L_c), en une unité donnée, à la distance horizontale correspondante sur le terrain (L_t appelée aussi distance à vol d'oiseau), à la même unité: $E = L_c/L_t$ (2.1)

Exemples: L'échelle d'une carte dont deux points distants de 1 cm sur la carte et de 1 km sur le terrain est: $E = 1\text{cm}/100\ 000\text{cm}$, la carte sera dite à l'échelle 1/100 000.

b) **Le nord géographique(NG)** :C'est la direction du point vers le pôle Nord

c) **Le nord de Lambert (NL)** : c'est la direction des y positifs en un point, c'est le nord de quadrillage.

L'angle entre le nord Lambert et le nord géographique est appelé convergence des méridiens

d) **Le gisement:** c'est l'angle former par l'axe des (y) et la direction choisie, il est compté dans le même sens des aiguilles d'une montre

e) **Courbe de niveau** : On appelle courbe de niveau la ligne continue qui joint tous les points de même altitude, les courbes de niveau respectent la surface topographique par des plans horizontaux entre eux et les cotes rondes.

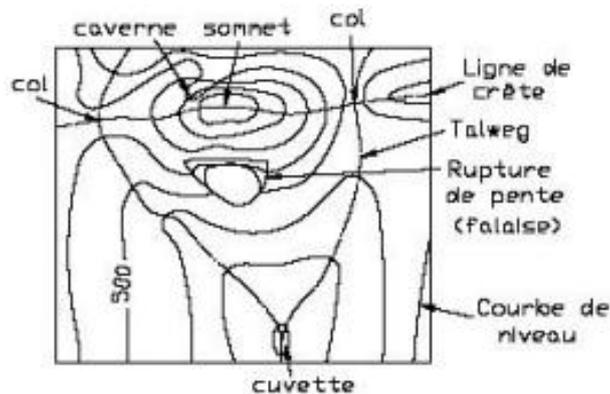


Figure 2.3 Vue en plan d'un terrain

Sur la Figure 2.3 on peut lire sur la vue en plan les pentes du terrain naturel, on repère les sommets, les cols topographiques, les cuvettes (ou dolines), les ruptures de pente, plusieurs courbes qui fusionnent en une seule indiquent une falaise verticale.

Remarque : Plus la pente est forte, plus les courbes se rapprochent et plus la pente est faible plus les courbes s'éloignent

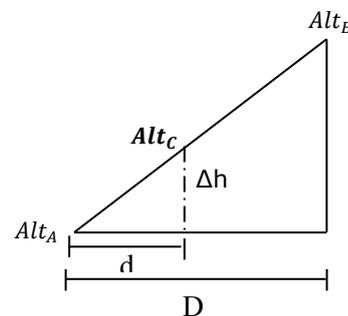
f) **Interpolation**: L'interpolation consiste à trouver les altitudes qui ne sont pas indiquées sur le levé topographique.

Exemple : Calcul l'altitude de point C Alt_c :

$$\frac{Alt_B - Alt_A}{D} = \frac{\Delta h}{d} \Rightarrow D\Delta h = d(Alt_B - Alt_A) \quad (2.2)$$

$$\Rightarrow \Delta h = \frac{d(Alt_B - Alt_A)}{D} \Rightarrow Alt_c = Alt_A + \Delta h \quad (2.3)$$

$$\text{Donc } Alt_c = Alt_A + \frac{d(Alt_B - Alt_A)}{D} \quad (2.4)$$



2.3. Le plan de piquetage (plan d'implantation)

2.3.1. Définition

Le plan de piquetage est appelé aussi plan d'implantation des axes, c'est la projection des coordonnées graphique sur le plan réel permettent :

- L'exécution des terrassements généraux.
- Positionner les chaises sur lesquelles seront matérialiser les axes poteau.
- Tracer les fouilles et entamer les terrassements secondaires.

L'implantation est une opération inverse du levé topographique donc l'implantation est une représentation sur le terrain de ce qui est représenté sur le plan topographique.

Le plan de piquetage doit comporter les informations suivantes :

- Tracé de l'axe de la route à une échelle donnée.
- Les coordonnées des points d'axe et de tangence.
- Le gisement de chaque direction.
- Les distances entre les points.
- Au moins trois stations connues en coordonnées.

2.3.2. Procédure de l'implantation

Avant commencement on a besoin des documents graphiques nécessaires qui sont:

- Plan de situation.
- Topographique.
- Plan de masse.
- Plan d'implantation.

L'implantation se fait comme suit:

- On implante d'abord de jalons aux angles de construction prévue.
- On délimite en suite la surface à tracer par d'autres jalons et on établit des chaises.
- On forme des bandes blanches avec le plâtre au de la chaux entre les jalons pour visualiser les alignements et aider les conducteurs d'engins.

2.3.3. Implantation d'un point sur terrain

Pour procéder à une implantation d'un point sur le terrain il faut deux stations connues en coordonnées X, Y.

On doit calculer le gisement de référence entre les deux stations en procédant de la façon suivante :

$$\begin{cases} \Delta X = X_{station\ visée} - X_{station\ stationnée} \\ \Delta Y = Y_{station\ visée} - Y_{station\ stationnée} \end{cases} \quad (2.5)$$

$$\tan_{Gisement} = \frac{\Delta X}{\Delta Y} \Rightarrow G = \tan^{-1} \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \alpha \quad (2.6)$$

Puis se réferez aux quadrants (voir Tableau 1.1).

Tableau 1.1 Gisement et angle en fonction des quadrants

Quadrant	ΔX	ΔY	Gisement (gr)	Angle
1 ^{er}	+	+	α	$100 \geq \alpha \geq 0$
2 ^{eme}	+	-	$200 - \alpha$	$200 \geq \alpha \geq 100$
3 ^{eme}	-	-	$200 + \alpha$	$300 \geq \alpha \geq 200$
4 ^{eme}	-	+	$400 - \alpha$	$400 \geq \alpha \geq 300$

Après avoir déterminé le gisement de référence, on l'affiche sur la station visée puis on la fixe, par la suite on procède aux calculs le gisement entre la station stationnée et le point à implanter qui est connu en coordonnées (d'après le plan d'implantation), ensuite on débloque le champ des angles jusqu'à est-ce qu'on arrive sur le gisement du point à implanter.

Dans ce cas-là on a seulement déterminé la direction ou se trouve le point, reste à déterminer sa distance par rapport à la station, la détermination de la distance se fait comme suite :

$$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \text{Distance} \quad (2.7)$$

Et à l'aide de l'appareil, on localise ce point en procédant comme suite :

$$\text{Lecture } L_1 - \text{lecture } L_2 = \text{distance} \quad (2.8)$$

Là on implante un piquet, et le point est implanté.

Remarque : L'implantation de notre projet se fera à partir des coordonnées X et y on fonction des stations ci-dessous :

Tableau 1.2 Implantation des stations

Stations	X	Y
S1	810.738	1014.380
S2	986.320	1012.198
S3	847.816	1302.884
S4	984.980	1012.476

2.4. Modèle numérique de Terrain (M.N.T)

2.4.1. Définition

Un Modèle numérique de Terrain (M.N.T) (Digital Terrain Model : D.T.M) est une représentation numérique du terrain en terme d'altitude. Il fournit des renseignements non seulement sur les formes du relief, mais également sur leur position. Un M.N.T peut être relié à un ou plusieurs

systèmes de coordonnées. De façon concrète, on peut dire qu'un M.N.T est constitué de points connus en coordonnées (peu importe les systèmes de référence choisis) qui donnent une représentation partielle du terrain. La surface topographique étant continue, il faut choisir une méthode d'interpolation qui déterminera l'altitude de points quelconques en fonction des altitudes des échantillons initiaux. Donc un M.N.T est la donnée d'un ensemble de points représentant une surface où leurs nombres et leurs positions permettent de calculer la côte $Z = F(x, y)$ en tout point, le M.N.T est la représentation numérique et spatiale des altitudes sur le terrain. [12]

2.4.2. Utilisation des MNT

- Extraction des paramètres du terrain.
- Tracés des profils topographiques.
- Modélisation de l'écoulement de l'eau ou de la masse du mouvement.
- Création de cartes en relief et analyse de surface.
- Rendu de visualisation et planification du vol (simulation de vol) en 3D.
- Rectification géométrique de photographie aérienne ou d'imagerie satellitaire.
- Systèmes d'information géographique (SIG) et Systèmes de positionnement global (GPS).
- Cartographie de base.
- Précision agricole et forestière.

2.5. Conclusion

D'après le MNT (Figure 2.4) effectué, la topographie du terrain se présente avec une légère pente sur toute la partie du site, ce qui implique l'introduction de pente ne dépassant pas les 10 %, les déclivités sont faibles dans la partie est Nord allant jusqu'à 0.5 % et moyenne et tolérable dans la partie sud.

Ce levé comporte des courbes de niveau avec une équidistance de 2 m, allant de courbe de 80.940 m jusqu'à une courbe de 109.920 m.

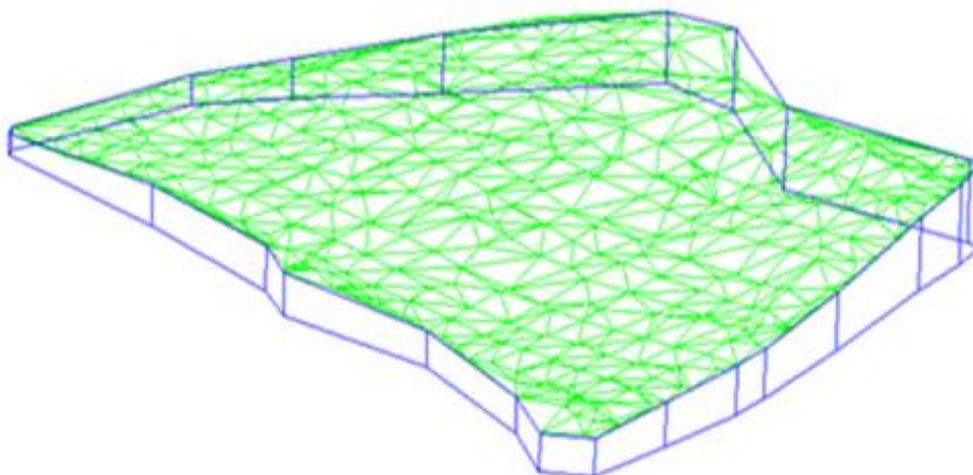


Figure 2.4 Modèle numérique de terrain d'Ouled Mendil

Chapitre 3 : Voirie

3.1.	Introduction	31
3.2.	La voirie	31
3.2.1.	Définition	31
3.2.2.	Classification administrative de la voirie.....	31
3.3.	Tracé en plan.....	31
3.3.1.	Définition du tracé en plan	31
3.3.2.	Règles à respecter dans le tracé en plan.....	32
3.3.3.	Les éléments du tracé en plan	32
3.3.4.	Les Alignements	32
3.3.5.	Arcs de Cercle.....	33
3.3.6.	La vitesse.....	37
3.4.	Profil en long	37
3.4.1.	Définition	37
3.4.2.	Règles à respecter dans le tracé du profil en long	38
3.4.3.	Coordination du tracé en plan et profil en long.....	38
3.4.4.	Raccordements en profil en long	39
3.5.	Profil en travers	40
3.5.1.	Définition	40
3.5.2.	les éléments du profil en travers	40
3.5.3.	Classification du profil en travers.....	41
3.6.	Méthodes de dimensionnement.....	43
3.6.1.	Introduction	43
3.6.2.	Définition	43
3.6.3.	Les différentes catégories de chaussée	43
3.6.4.	Nomenclature des chaussées souples	44
3.6.5.	Règles de dimensionnement.....	44
3.6.6.	Différentes Méthodes de dimensionnement.....	44
3.7.	Conclusion	47

3.1. Introduction

L'élaboration d'un projet de voirie ne doit pas être une juxtaposition de solutions techniques, au contraire, elle doit être le résultat de réponses apportées de façon globale et cohérente aux objectifs pour l'aménagement de la voirie et du site dans lequel elle s'insère. [3]

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

3.2. La voirie

3.2.1. Définition

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.

3.2.2. Classification administrative de la voirie

L'ensemble des itinéraires de l'Algérie peut être classé en cinq catégories fonctionnelles, correspondant aux finalités économiques et administratives assignées par la politique d'aménagement du territoire :

Catégorie 1 : liaison entre les grands centres économiques et les centre d'industrie lourde considérés deux à deux, et liaison assurant le rabattement des centres d'industries de transformation vers le réseau de base ci-dessus.

Catégorie2 : liaison des pôles d'industries de transformation entre eaux, et liaisons de raccordement des pôles d'industries légères diversifiées avec les réseaux précédent.

Catégorie3 : liaisons des chefs-lieux de daïra et des chefs-lieux de wilaya, non desservis par le réseau précédent, avec le réseau de catégories 1 et 2.

Catégorie4 : liaisons de tous les centres de vie qui ne sont pas reliés au réseau de catégories 1-2 et 3 avec le chef-lieu de daïra, dont ils dépendent et avec le réseau précédent.

Catégorie 5 : routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes. [4]

3.3. Tracé en plan

3.3.1. Définition du tracé en plan

Le tracé en situation ou en plan ou encore tracé horizontal représente une reproduction à échelle réduite d'une projection verticale de l'axe de la chaussée sur un plan horizontal, ce dernier est en général une carte topographique ou un plan de situation ou le relief du terrain qui est représenté par les courbes de niveau.

3.3.2. Règles à respecter dans le tracé en plan

Afin d'obtenir un bon tracé en plan dans les normes, on essaie dans la mesure du possible d'éviter :

- De passer sur les terrains agricoles, des zones forestières et les propriétés privées.
- Les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.

Et on essaie d'adapter au maximum le terrain naturel afin :

- D'éviter les terrassements importants.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- Se raccorder sur les réseaux existants.

3.3.3. Les éléments du tracé en plan

Le tracé en plan est constitué par des :

- Lignes droites de longueur limitée en fonction de la vitesse de référence.
- Courbes de raccordements à rayons de courbure variable.
- Arcs de cercle à rayon de courbure constants

3.3.4. Les Alignements

Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes est restreint, la cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment

- De nuit, éblouissement prolongé des phares.
- Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents ou malaises chez le conducteur.
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage, il n'y a pas d'harmonie avec l'aspect des reliefs.

Il existe toutefois des cas exceptionnels où l'emploi d'alignement se justifie :

- En plaine, où des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- Dans des vallées étroites.
- Le long de constructions existantes.
- Pour donner la possibilité de dépassement.

Donc la longueur des alignements dépend de :

- la vitesse de référence V_R , plus précisément de la durée du parcours rectiligne.
- les sinuosités qui précèdent et suivent l'alignement.
- rayon de courbure de ces sinuosités.

Une longueur minimale d'alignement L_{min} devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant cinq (5) secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle.

$$L_{min} = 5 \times \frac{V_B}{3.6} \quad (3.1)$$

avec V_B : vitesse de base en km/h

Pour notre cas et vu que la vitesse est faible (20km/h), donc : $L_{min} = 27.77m$

Une longueur maximale L_{max} est prise égale à la distance parcourue pendant soixante (60) secondes

$$L_{max} = 60 \times \frac{V_B}{3.6} \quad (3.2)$$

Dans notre projet : $L_{max} = 333.33 m$

Selon les normes B40 (Normes techniques d'aménagement des routes en Algérie):

- Entre deux courbes de même sens, il faut avoir une longueur minimale de $L_{min} = 5v$.
- Entre deux courbes de sens contraire, on peut avoir un alignement droit minimum de $L_{min} = 3v$. On peut même annuler l'alignement droit entre deux courbes, dans ce cas on est en courbe en « S ». [4]

Remarque : La longueur minimale des alignements droits peut ne pas être respectée quelques fois en raison de la nature difficile du terrain naturel. [6]

3.3.5. Arcs de Cercle

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures:

- Stabilité, sous la sollicitation centrifuge des véhicules circulant à grande vitesse.
- Visibilité dans les tranchées en courbe.
- L'inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

3.3.5.1. Stabilités en courbe

Dans un virage, un véhicule subit l'effet de la force centrifuge (3.3) qui tendent à provoquer une instabilité du système.

$$F_c = \frac{M \times V^2}{R} \quad (3.3)$$

avec F_c : force centrifuge et R : rayon du virage

Afin de réduire cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieure du virage pour éviter le phénomène de dérapage (glissement des véhicules), en réalise de fortes inclinaisons et augmenter le rayon. [7]

Dans la nécessité de fixer les valeurs de l'inclinaison (dévers) ce qui implique un rayon minimal qui doit être respecté, on distingue :

1. Rayon horizontal minimal absolu (RHM) : C'est le rayon pour lequel la stabilité du véhicule est assurée ; et il ne faudrait jamais descendre au-dessous de cette valeur. Il est défini par la relation suivante :

$$RH_{min} = \frac{V_r^2}{127(f_t + d_{max})} \quad (3.4)$$

avec f_t : coefficient de frottement transversal

d_{max} : le divers max est 07%

2. Rayon horizontal minimal normal (RHN) : le rayon minimal normal doit permettre à des véhicules dépassant VB de 20km/h de rouler en sécurité.

$$RH_n = \frac{(V_r + 20)^2}{127(f_t + d_{max})} \quad (3.5)$$

3. Rayon horizontal au dévers minimal (RHd) : c'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_r serait équivalente à celle subite par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

Dévers associé domine = 2.5%.

$$RH_d = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{min}} \quad (3.6)$$

4. Rayon horizontal minimal non déversé (RHnd) : si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le dévers est négatif pour l'un des sens de circulation, le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé.

$$RH_{nd} = \frac{V_r^2}{127 \times 0.035} \quad (3.7)$$

Sur largeur : le calcul de la sur largeur est nécessaire pour les véhicules longs afin de leur faire éviter qu'une partie de leur carrosserie n'empiète sur la vois adjacente. On donne à la vois

parcourue par ce véhicule une sur largeur par rapport à ça largeur normale en alignement pour plus de sécurité et pour éviter un accrochage entre les véhicules venant en sens inverse.

Ce problème s'inscrit dans les virages à faibles rayons généralement inférieurs à 200 m la sur largeur sera toujours reportée à l'intérieur de la courbe.

$$S = \frac{L^2}{2R} \quad (3.8)$$

S : sur largeur de la chaussée

L : longueur du véhicule (valeur moyenne $L \cong 10m$).

R: rayons de l'axe de la route ≤ 200 m.

Tableau 3.1 valeur de sur largeur par rapport au rayon

Rayon (m)	40	45	60	80	100	120	160	180	200
Sur largeur (m)	1.25	1.11	0.83	0.62	0.5	0.41	0.31	0.27	0.25

3.3.5.2. Les courbes de raccordement

a) Courbe de raccordement simple

Généralement, le tracé d'une route se compose d'une série de sections droites raccordées par des arcs de cercle, ces derniers se caractérisent par le rayon, l'angle au centre et la tangente.

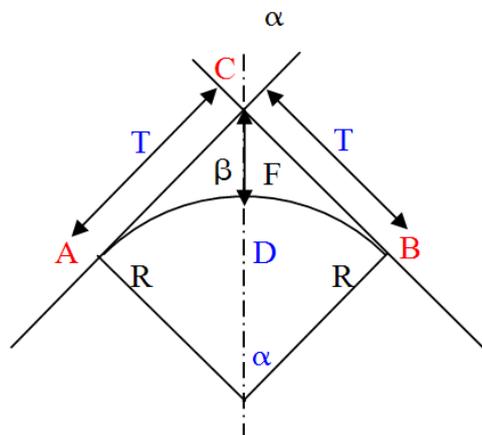


Figure 3.1 courbe de raccordement

Le principe de calcul des éléments d'un raccordement planimétrique (Figure 3.1) est le suivant :

Soit deux alignements AC et BC, dont l'angle horizontal, former est :

avec :

T : tangente.

R : rayon de raccordement.

α : L'angle au centre exprimé en grade.

β : $(200 - \alpha)$.

D : développement.

$$\text{Calcul de la tangente : } T = \frac{R \times \alpha}{2} \quad (3.9)$$

Calcul de la flèche :

$$F = R \times \left(\frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1 \right) \quad (3.10)$$

Calcul du développement de courbes :

$$D = R \times \alpha \times \frac{\pi}{200} \quad (3.11) \quad a : \text{en grade}$$

b) Les Courbes de raccordements progressifs (Clothoïde)

Le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement (courbe dont la courbure croît linéairement de $R = \infty$ jusqu'à $R = \text{constant}$), pour assurer :

- La stabilité transversale de véhicule.
- Le confort des passagers.
- La transition de la chaussée

Il y a beaucoup des courbes de raccordement (parabole cubique, lemniscate...) pour assurer ce confort. Mais la Clothoïde est la seule courbe qui sera appliquée dans les projets de route.

b.1. Expression mathématique de la Clothoïde

La courbure K est linéairement proportionnelle à l'abscisse curviligne L (ou longueur de la Clothoïde).

$$\begin{cases} K = C \cdot L \\ K = \frac{1}{R} \end{cases} \Rightarrow L \cdot R = \frac{1}{C} = C \cdot L \quad (3.12)$$

$$\text{On pose : } A = \frac{1}{C} \rightarrow A = L \cdot R \quad (3.13)$$

avec : L : Longueur de la branche de clothoïde.
A : Paramètre de la clothoïde

C'est -à- dire que pour le paramètre A choisi, le produit de la longueur L et du rayon R est constant.

b.2. Combinaison des éléments de trace en plan

La combinaison des éléments du tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite :

1. **Courbe en S** : une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.

2. **Courbe en C** : une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre.
3. **Courbe à sommet** : une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.
4. **Courbe en Ove**: un arc de Clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.

3.3.6. La vitesse

3.3.6.1. La vitesse de référence (de Base)

La vitesse de référence (V_B) c'est le paramètre qui permet de déterminer les caractéristiques géométriques minimales d'aménagement des points singuliers.

Pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'usager (traverser d'une ville, modification du relief...) le choix de la vitesse de référence dépend de :

- Type de route.
- Importance et genre de trafic.
- Topographie.
- Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

3.3.6.2. Vitesse de projet

La vitesse de projet V_p est la vitesse théorique la plus élevée pouvant être admise en chaque point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort dans les conditions normales qui sont :

- Route propre sèche ou légèrement humide, sans neige ou glace.
- Trafic fluide, de débit inférieur à la capacité admissible.
- Véhicule en bon état de marche et conducteur en bonnes conditions normales.

3.4. Profil en long

3.4.1. Définition

Le profil en long ou la ligne rouge d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive, donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne.

Le but principal de la ligne rouge est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers.

Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droite (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires, pour chaque point du profil en long on doit déterminer l'altitude du terrain naturel et du projet ainsi que la déclivité de ce dernier.

3.4.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long

La trace de la ligne rouge doit répondre à plusieurs conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales. Pour cela il faut :

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- Éviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nuls dans une pente du profil en long.
- Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment.
- Éviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Il est recommandable d'éviter la déclivité maximum (voir tableau 3.2) qui dépend de la vitesse minimum du profil en long ainsi que des conditions d'adhésions sans oublier les conditions économiques.

Tableau 3.2 I_{max} en fonction de V_r

V_r (Km/h)	40	60	80	100	120	140
I max (%)	8	7	6	5	4	4

3.4.3. Coordination du tracé en plan et profil en long

Il faut signaler toute fois et dès maintenant qu'il ne faut pas séparer l'étude de profil en long de celle du tracé en plan, on devra s'assurer que les inflexions en plan et en profil en long se combinent sans porter des perturbations sur la sécurité ou le confort des usagers.

Et pour assurer ces derniers objectifs, on doit associer le profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important et faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition $R_{vertical} > 6 R_{horizontal}$ pour éviter un défaut d'inflexion.

3.4.4. Raccordements en profil en long

Deux déclivités de sens contraire doivent se raccorder en profil en long par une courbe. Le rayon de raccordement et la courbe choisie doivent assurer le confort des usagers et la visibilité satisfaisante. On distingue deux types de raccordements :

3.4.4.1. Raccordements convexes (angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et de visibilité d'autre part.

a. Condition de confort : lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$d'où : R_v \geq 0,3 V^2 \quad (\text{catégorie 1-2}) \quad R_v \geq 0,23 V^2 \quad (\text{catégorie 3-4-5})$$

Tel que R_v : c'est le rayon vertical (m).

b. Condition de visibilité : une considération essentielle pour la détermination du profil en long est l'obtention d'une visibilité satisfaisante.

Il faut deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum.

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v \geq \frac{d^2}{2(h_a + h_b + 2\sqrt{h_a h_b})} \quad (3.18)$$

avec :

d : Distance de visibilité nécessaire (m)

h_a : Hauteur de l'œil (m)

h_b : Hauteur de l'obstacle (m)

Les rayons assurant ces deux conditions sont donnés pour les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix unidirectionnel et pour une vitesse de base $V_r = 80 \text{ km/h}$ et pour la catégorie 1 on a :

Tableau 3.3 Valeurs des rayons convexes dans la Cat 1 avec $V_r = 80 \text{ km/h}$

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R_{vm}	2500
Min- normal	R_{vN}	6000
Dépassement	R_{vd}	11000

3.4.4.2. Raccordements concaves (angle rentrant) :

Dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité du jour n'est pas déterminante, plutôt c'est pendant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation :

$$R'_V = \frac{d_1^2}{(1.5+0.035d_1)} \quad (3.19)$$

avec : R'_V : rayon minimum du cercle de raccordement.

d_1 : distance d'arrêt.

Pour une vitesse $V_B = 80$ Km/h et catégorie 1 on a le tableau suivant :

Tableau 3.4 Valeurs des rayons concaves dans la Cat 1 avec V_r 80km/h

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R'_{vm}	2400
Min-normal	R'_{vn}	3000

3.5. Profil en travers

3.5.1. Définition

Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée (Figure 3.2). Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacune de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé profil en travers type contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux, etc....).

3.5.2. les éléments du profil en travers

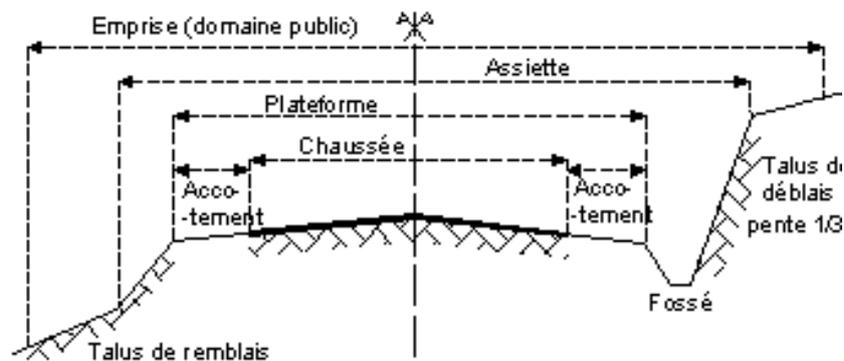


Figure 3.2 Profil en travers type d'une route

La chaussée: C'est la partie affectée à la circulation des véhicules.

La largeur roulable: elle comprend les largeurs de la chaussée, la chaussée et la bande d'arrêt.

Plate-forme: c'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblai, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêt.

L'assiette: c'est la surface de la route délimitée par les terrassements.

L'emprise: c'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, Chemins de désenclavement, exutoires...) limitée par le domaine public.

Les accotements: en dehors des agglomérations, les accotements sont dérasés. Ils comportent généralement des bandes (de guidage, arrêt..).

Le terre-plein central: Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

- Les largeurs de la chaussée (bande de guidage).
- Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

Le fossé : C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant d'eaux de pluie (pluviale).

3.5.3. Classification du profil en travers

a) Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes, il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais).

L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la côte du projet permet le calcul de l'avant-mètre des terrassements.

b) Le profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distance régulière (10, 15, 20,25m...), qui servent à calculer les cubatures.

Ces profils sont indispensables à toute étude de tracé, notamment pour le calcul des terrassements de la voirie, on peut classer les profils en travers en trois catégories (Figure 3.3).

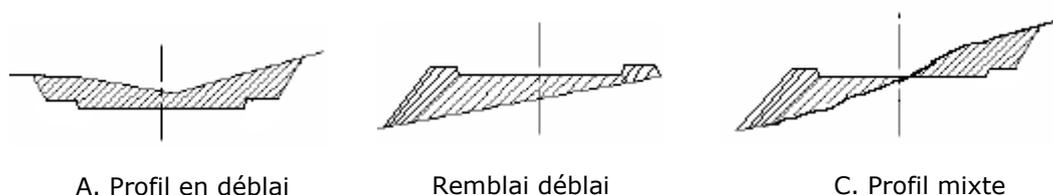


Figure 3.3 Profil en travers déblais/remblais

Pour notre projet on a établi des profils en travers courants, suivant l'allure du terrain (tous les 20m environ). Et pour tracer ces profils, on a établi un profil en travers type qui indique les différentes couches de la chaussée et leur épaisseur (voir Annexe F).

c) Les profils en travers type multi réseaux :

C'est un profil en travers type déterminant les positions des différents réseaux souterrains, les uns par rapport aux autres, et les normes pour leurs emplacement (Figure 3.4).

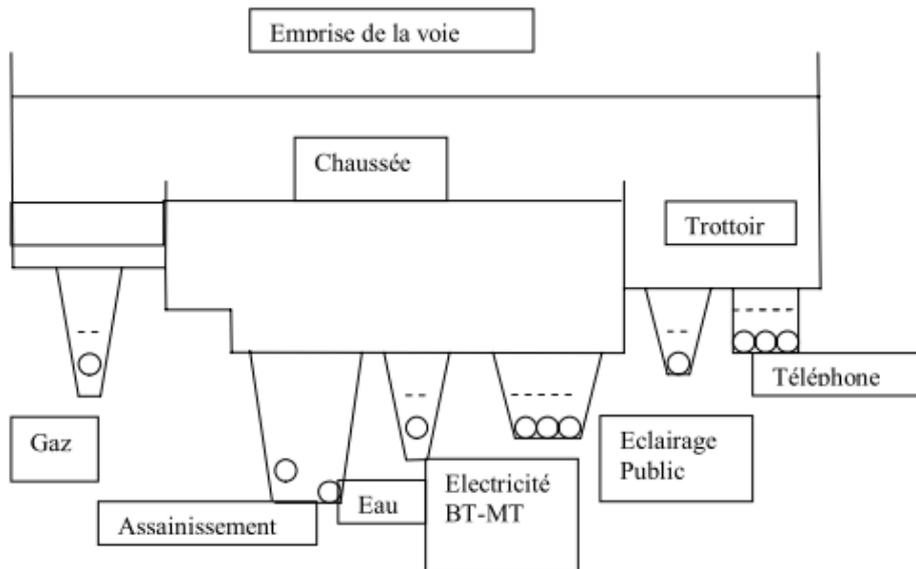


Figure 3.4 Profil en travers type multi réseau

Tableau 3.5 Espacement entre réseaux

	Eaux pluviales Usées	Eau potable	Electricité	Gaz	Téléphone
Eaux pluviales Usées	-	-	20 cm	-	20 cm
Eau potable	20 cm	-	60 cm H.T 20 cm B.T	50 cm	20 cm
Electricité	20 cm	20 cm	-	-	50 cm
Gaz	20 cm	50 cm	50 cm	-	
Téléphone	40 cm	40 cm	30 cm	50 cm	50 cm

Remarque : les distances données dans le Tableau 3.5 sont données entre génératrices extérieures.

3.6. Méthodes de dimensionnement

3.6.1.Introduction

L'estimation d'un projet routier ne se limite pas en un bon tracé en plan et d'un bon profil en long en effet ,une fois réalisé il devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation(action des essieux des véhicules lourds, effets des gradients thermiques pluie, neige, verglas...).Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques, mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes ces charges pendant sa durée de vie.

La qualité de la construction des chaussées joue à ce titre un rôle primordial, celle-ci passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, il est ensuite indispensable que la mise en œuvre de ces matériaux soit réalisée conformément aux exigences arrêtées.

3.6.2.Définition

Au sens géométrique : la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.

Au sens structurel : l'ensemble des couches des matériaux superposées qui permettent la reprise des charges.

3.6.3.Les différentes catégories de chaussée

a) Chaussée souple : La chaussée souple est constituée par un empilage de matériaux granulaires recouverts d'un revêtement plus ou moins épais à base de bitume généralement elle est caractérisée par une grande flexibilité et une diffusion localisée des charges.

b) Chaussée semi –rigide : On distingue :

- Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,...).

La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelquefois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 cm. Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.

- Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

c) Chaussée rigide :Elle est constituée d'une dalle de béton éventuellement armée (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) reposant sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisé mécaniquement, une grave traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques. Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

Tableau 3.6 Structure des différentes catégories de chaussées

		Béton Bitumineux(B.B)	
Béton Bitumineux(B.B)	Béton Bitumineux (B.B)	Grave Bitume (G.B)	Béton de Ciment (B.C)
Grave Non Trait(G.N.T)	Grave Traité (G.T)		
Sol support			
Structure souple	Structure semi-rigide		Structure rigide

3.6.4.Nomenclature des chaussées souples

En principe une chaussée souple peut avoir en ordre de bas en haut

1. **Couche de fondation:** pu repartit les pressions sur le terrain support (sol) ou le plus souvent elle est au contact avec la couche de forme
2. **Couche de base:** supportant l'action des véhicules puis elle va la transmettre à la couche de fondation
3. **Couche de surface:** constituant une chape de protection de la couche de base par sa dureté, son imperméabilité, et devant assurer au même temps la rugosité dans les chaussées on trouve en général une sous couche de surface appeler couche de roulement dans certain cas lorsque les couches inférieures doivent être bien protégées une couche dite de liaison est intercalée entre la couche de roulement et le corps de la chaussée.

Dans certains cas une sous couche peut être interposée entre la couche de fondation et la couche de forme, son rôle est multiple:

4. **Couche anticontaminante:** sous couche utilisée pour empêcher les remontées d'argile dans le corps de chaussée
5. **Couche drainante (anticapillaire):** empêcher les remontées capillaires de l'eau sous-jacente

3.6.5.Règles de dimensionnement

Les règles de dimensionnement des chaussées s'appuient d'une part sur les connaissances technologiques expérimentales permettant de fixer les caractéristiques à la rupture et les caractéristiques de déformabilité du matériau déterminé par des essais au laboratoire et des constatations sur le comportement des chaussées.

D'autre part sur des méthodes mathématiques au moyen d'un modèle mathématique convenable.

Enfin sur la confrontation entre connaissances technologiques et résultats théoriques.

3.6.6.Différentes Méthodes de dimensionnement

Pour la détermination de l'épaisseur de cours de chaussée, il faut commencer par l'étude de sol qui est basé sur la détermination de l'indice portant du sol et l'appréciation du trafic composite.

Les méthodes de dimensionnement du corps de la chaussée s'appuient sur trois paramètres :

- La force portante : obtenue par les différents essais géotechniques.
- Le trafic : Charge par voie, pression de gonflage et répétition des charges.
- Caractéristiques mécaniques des différents matériaux constituant les couches.

3.6.6.1. Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio)

C'est une méthode (semi-empirique), elle se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon de sol-support en compactant les éprouvettes de (90 à 100°) de l'O.P.M, les abaques qui donnent l'épaisseur « e » des chaussées en fonction des pneus et du nombre de répétitions des charges, tout en tenant compte de l'influence du trafic.

L'épaisseur de la chaussée, obtenue par la formule CBR améliorée correspond à un matériau bien défini (grave propre bien graduée). Pour ce matériau, le coefficient d'équivalence est égale à 1.

Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau.

Tableau 3.7 Coefficients d'équivalence en fonction des matériaux utilisés

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux – enrobé dense	2.00
Grave bitume	1.70
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment Grave concassée ou gravier	1.00 à 1.20
Grave roulée – grave sableuse – T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.60 à 1.70
Tuf	0.60

3.6.6.2. Méthode A.A.S.H.O

La méthode A.A.S.H.O (American Association of State Highway and Transportation Officials) empirique est basée sur des observations du comportement, sous trafic des chaussées réelles ou expérimentales.

Chaque section reçoit l'application d'environ un million des charges roulantes qui permet de préciser les différents facteurs :

- L'état de la chaussée et l'évolution de son comportement dans le temps.
- L'équivalence entre les différentes couches de matériaux.
- L'équivalence entre les différents types de charge par essai.
- L'influence des charges et de leur répétition.

3.6.6.3. Méthode d'Asphalte Institue

Basée sur les résultats obtenus des essais « AASHO » on prend en considération le trafic composite par échelle de facteur d'équivalence et utilise un indice de structure tenant compte de la nature des diverses couches.

3.6.6.4. Méthode du catalogue des structures

Le catalogue des structures type des chaussées neuves et un document établi par le service d'étude technique des routes (SETRA) [20]. Le catalogue considéré également six (06) classes de trafic selon leur importance, allant de 200 à 15000 véhicules par jour. Le catalogue tient compte des caractéristiques géotechniques.

L'épaisseur dans ce cas est déterminée à partir de l'abaque L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chassées).

3.6.6.5. Méthode du Catalogue des Structures Algérien

Cette méthode découle du règlement algérien en B60 – B61, et elle consiste à déterminer la classe du trafic des poids lourds à la 20^{ème} année et de la classification du sol support. Une grille combinant ces deux paramètres permet au projecteur de trouver le type de chaussée qu'il dévire suivant la disponibilité des matériaux aux environs. [5]

$$e = \frac{(100+150\sqrt{P})}{I_{CBR}+5} \quad (3.20)$$

avec :

e : épaisseur totale en cm.

P : charge par roue (P=6.5t).

I : indice CBR(3).

L'influence du trafic ne doit pas être négligée dans le dimensionnement du corps de chaussée.

Nous tiendrons compte de la formule améliorée par les Anglais.

$$e = \frac{100 + \sqrt{P (75 + 50 \log \frac{N}{10})}}{I_{CBR} + 5} \quad (3.21)$$

N : le nombre moyen journalier de camions de plus de 1.5 tonne à vide.

Log : logarithme décimal.

La portance du sol est déterminée par son indice CBR.

On propose le corps de chaussée suivant :102 ;54

BB (béton bitumineux) : 7 cm couche de roulement.

GC (grave concassé 0/40) : 15 cm couche de base.

TVO (20/25) : 20 cm couche de fondation.

TUF : 40 cm.

Les couches des trottoirs sont :

0.08 m pour le PAVE.

0.15m pour la couche de la CG (grave concassée)

3.7. Conclusion

Le réseau routier proposé à l'intérieur de la zone a été arrêté conformément au plan d'aménagement (voir Annexe F), il est structuré dans le but de prendre en charge l'ensemble des flux qui proviennent des différentes activités et habitats proposés, les parkings sont proposés sur le long des voies.

Les critères techniques adoptées sur l'ensemble des voies que compose le site, objet de l'étude relève des voiries urbaines .Elles sont structurées de manière à répartir le trafic avec une parfaite fluidité, elles sont classées comme suit :

- Des voies de 8.00m ces voies sert à relier le Boulevard en cours de réalisation l'accès au site.
- Des voies de 6.00m avec des stationnements de part et d'autre.

Le tracé est calculé en droites et cercles et en coordonnées locales X et Y. Voir le tableau d'implantation (annexe A).

Les voies primaires sont constituées d'une chaussée de 8.00m, avec un stationnement et bordés d'un trottoir de 2.50m chacune .tant dit que les voies secondaires sont constituées d'une chaussée de 6.00m avec un stationnement et bordés d'un trottoir de 2.50m chacune.

Les profils en travers courants, les profils en long sont répertoriés sur les tableaux avec toutes les indications de réalisation. (N° du profil, cumulé, x, y, z projet et z TN, gisement) voir tableau en annexe.

Le drainage des eaux superficielles (pluviales) est assuré par des bordures hautes de type T2 associées à des caniveaux de types CS2 (voir Annexe F).

Chapitre 4 : Terrassement

4.1.	Introduction	49
4.2.	Généralités.....	49
4.2.1.	Définition	49
4.2.2.	Terminologie	49
4.3.	Différentes phases des travaux de terrassement.....	51
4.3.1.	Position du problème	52
4.4.	Mouvement des terres.....	53
4.4.1.	Définition	53
4.4.2.	Les principes du mouvement des terres	53
4.5.	Cubature des terrassements.....	53
4.5.1.	Définition	53
4.5.2.	Décapage de la terre végétale (nettoyage).....	53
4.5.3.	Cubature des plates-formes.....	54
4.5.4.	Cubature de la voirie.....	56
4.6.	Conclusion	58

4.1. Introduction

Le terrain tel qu'il se trouve dans la nature n'est pas souvent apte à recevoir l'emprise d'une opération de construction notamment si celle-ci est d'une grande envergure, car les ondulations du terrain naturel modelées spontanément par les phénomènes naturels (vent, pluie) ne correspondent pas à la géométrie conçue pour la construction en question, en outre le bon sol sur lequel la construction devrait se tenir stable est loin d'être rencontré sur la surface du terrain naturel.

De ce fait, la modification du terrain naturel pour l'adopter à la construction s'avère nécessaire même inévitable, elle s'appelle terrassement.

4.2. Généralités

4.2.1. Définition

Par terrassement, il faut entendre l'ensemble des mouvements de terre ayant pour objet de modifier la surface du sol naturel, afin de la rendre apte à l'implantation d'un projet préalablement déterminé.

Les travaux de terrassement ont donc objet de creuser le terrain (déblai) de transporter les terres ainsi extraites (transport des déblais) de les mettre en dépôt (remblai) ou de les utiliser (espaces verts ... etc.)

4.2.2. Terminologie

1. Le remblaiement : C'est l'opération qui consiste à mettre en place une certaine quantité de terre qui devra combler un vide ou à établir sur la surface du sol un massif de terre en lui donnant, au fur et à mesure, de son enlèvement une forme géométrique quelconque de remblai et aussi employé pour désigner la masse de terre ainsi mise en place.

Remblai : est le nom qui désigne les terres à apporter pour l'opération de remblaiement.

2. Le déblaiement : C'est l'opération de creusement dite qui consiste à pratiquer dans le terrain une fouille, une tranchée ou cube excavation. Le nom de déblai est employé pour désigner les terres provenant de l'excavation.

Les déblais servent lorsqu'il convient à cet emploi ce n'est pas toujours le cas, en particulier lorsqu'il s'agit de déblais argileux à la confection des remblais. Lorsque les déblais sont en excédent, celui-ci est mis en dépôt. Dans le cas contraire, on procède à des fouilles supplémentaires effectuées hors de l'assiette du projet et appelées emprunts pour se procurer les terres nécessaires.

Déblai : c'est le nom qui désigne les terres provenant de l'excavation.

3. Pentés du talus : Pour obtenir un équilibre stable, nécessaire à la bonne tenue des terres en remblai ou des tranchées il convient de donner aux talus qui limitent ces terrassements une inclinaison convenable.

Cette pente peut se définir soit par la tangente de l'angle que fait ce talus avec l'horizontale, soit par la cotangente de cet angle.

4. Côte plate-forme (C.P.F) : est le niveau altimétrique à donner au terrain naturel sur une surface définie par l'une des opérations de déblaiement ou de remblaiement.

5. Dépôt : c'est l'endroit où on doit déposer les terres résultant d'une opération de déblaiement.

6. Emprunt : c'est l'endroit où on doit apporter les terres afin de réaliser un remblaiement.

7. Foisonnement : c'est une propriété que possède les sols d'augmenter le volume lorsqu'on les met en mouvement, il se produit par la suite de décompression des matériaux constituant le sol des vides partiels entre les particules plus ou moins grosses.

Lorsqu'on remet en place les sols remaniés, ils ne reprennent par leur volume initial qu'ils occupaient, ceci est caractérisé par la variation de l'indice des vides " e " qui est donné par l'expression suivante :

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (4.1)$$

avec : V_v : volume des vides

V_s : volume des solides

Par suite, la variation du volume total V_0 (avant déblaiement) qui devient V_1 (après déblaiement) est donnée par la relation suivante :

$$V_1 = V_0 \left(1 + \frac{1}{m} \right) \quad (4.2)$$

avec :

V_1 : volume du remblai initial

V_0 : volume de la fouille

Où la fraction $(1/m)$ donnée généralement sous la forme décimale indique l'indice de foisonnement, cette même valeur, exprimée en pourcentage s'appelle coefficient de foisonnement.

Le foisonnement des sols est très variable suivant sa nature, il varie de 10 % à 40 % environ, on peut compter en moyenne 15 % à 25 % pour les argiles, en particulier le coefficient $1/m$ varie de 20 % à 30 %.

8. Tassement : Sous l'action des agents atmosphériques combinés à celle de son propre poids le foisonnement d'un remblai subit à la longue une notable diminution qui traduit parfois par des

affaissements assez importants pour nécessiter des rechargements donc un coefficient de tassement.

Des déblais sera égaux à :

$$T = \frac{V_i - V_t}{V_i} = \frac{f_i - f_t}{1 + f_i} \quad (4.3)$$

Puisque : $f_t = \frac{V_t - V_0}{V_0}$ (4.4) et $f_i = \frac{V_i - V_0}{V_0}$ (4.5)

avec : V_i : volume de remblais initial

V_t : volume de remblais après tassement

f_i : coefficient de foisonnement initial

f_t : coefficient de foisonnement après tassement

Le Tableau 4.1 donne respectivement les coefficients de foisonnement et de tassement en fonction de natures de terrain :

Tableau 4.1 Coefficient de foisonnement -tassement

Catégorie de terrain	Coefficient de foisonnement		Coefficient de tassement T
	Initial f_i	Après tassement T	
Sable	10 à 15 %	1 à 1.5 %	8 à 12 %
Gravier	15 à 20 %	1.5 à 2 %	12 à 15 %
Terre grasse	20 à 25 %	2 à 4 %	15 à 17 %
Terre argileuse	25 à 30 %	4 à 6 %	17 à 19 %
Argile	30 à 35 %	6 à 7 %	19 à 22 %
Marne	35 à 40 %	7 à 8 %	22 à 25 %
Argile et marne composées	40 à 65 %	8 à 15 %	25 à 30 %
Roche tendre	50 à 40 %	8 à 15 %	17 à 19 %
Roche dure	40 à 64 %	25 à 40 %	12 à 15 %

9. Compactage : Compacter un sol consiste à faire diminuer son volume par l'application d'un procédé mécanique (force, vibration, combinaison des deux, chocs,...).

Cette diminution de volume ne se produit que par l'élimination des vides remplis d'air qui existent dans le sol à son état initial. La teneur en eau du sol n'est donc pas modifiée (il s'agirait dans ce cas d'une consolidation, phénomène qui sera étudié ultérieurement dans ce cours).

4.3. Différentes phases des travaux de terrassement

Phase I : élaboration des documents nécessaires et indispensables tels que la représentation du relief du terrain en question sur un levé topographique sans négliger aucun détail qui pourra servir d'information.

Le plan de masse sur lequel se trouvent tous les détails concernant le futur projet (plan d'implantation des bâtiments et de la voirie) sans oublier l'étude géotechnique du sol présentée sur un rapport complet du sol.

Il est à signaler que la fidélité des informations fournies par ces documents est déterminante pour la qualité d'exécution de la deuxième phase.

Phase II : le but de cette phase (qui fera en partie l'objet de chapitre) est de permettre la meilleure prévision possible des conditions de réalisations, les difficultés techniques, qualité des terres à emprunter pour les remblais, et à mettre en dépôt pour les déblais, le matériel approprié à engager et le coût qui revient à cette opération.

Une grande précision dans cette étude n'est pas exigée par ailleurs, les méthodes utilisées pour les calculs donnent généralement des résultats approximatifs, mais ainsi il ne faut pas en abuser.

Phase III : le but essentiel de cette phase consiste à réaliser des emprises devant recevoir les ouvrages pour les opérations d'urbanisation ou les travaux des terrassements généraux sont réduits aux tâches suivantes :

- Établissement des plates-formes au droit des bâtiments et chaussée creusement des tranchées pour l'implantation des réseaux publics (assainissement, AEP...etc.)
- Soutènement des terres par des talus ou par des ouvrages spéciaux qui doivent être évité

Remarque : Il est à signaler que toutes les tâches de troisième phase doivent être réalisées selon les indications fournies par les plans d'exécution élaborés dans la deuxième phase.

4.3.1. Position du problème

Chaque chantier possède des problèmes et des difficultés techniques spécifiques, ainsi toutes les solutions techniques apportées aux différents problèmes ne peuvent être généralisées.

Les objectifs des terrassements étant fixes dans la troisième phase des travaux de terrassement, il faut les atteindre de la manière la plus simple possible, mais des exceptions à cette règle ne sont pas à écarter:

- Le bâtiment peut comporter un sous-sol sur toute ou une partie de sa surface qui nécessite une fouille en pleine masse importante.
- Pour les projets linéaires, même si le terrain présente une légère pente peu appréciable à l'œil nue, la dénivellation peut être très importante sur une longue distance.
- Lorsque la qualité du sol est très mauvaise et qui ne peut pas être réutilisé, ou difficile à compacter, qui engendre des mouvements de terre très importants.
- Dans les terrains qui présentent une morphologie très accidentée, afin de limiter les mouvements des terres, les décrochements de niveau sont parfois inévitables, ceci fait appel au soutènement des terres par les talus lorsque ces décrochements sont minimes,

dans le cas contraire, on a recours à des ouvrages spéciaux (murs de soutènement) qui sont onéreux, surtout s'ils s'étendent sur une longue distance.

- Si le sol est utilisable, il faut penser à l'équilibre du déblai – remblai pour ne pas avoir recours à l'emprunt ou à mettre en dépôt des terres, car ceci nécessite des dépenses non négligeables.

4.4. Mouvement des terres

4.4.1. Définition

Les mouvements de terre correspondant à des terrassements exécutés sur des grandes superficies qu'ils soient en déblais ou en remblais, ils sont effectués en terrain découvert pour la création des routes, des pistes et des aéroports aux grandes surfaces aménagées lorsque la qualité de sol se prête à la construction de plate-forme, les mouvements des terrassements ont pour but d'étudier l'utilisation des déblais en remblais de façon la plus économique, en prévoyant des distances de transport les plus minimales.

4.4.2. Les principes du mouvement des terres

4.5. Cubature des terrassements

4.5.1. Définition

Les cubatures de terrassements consistent à calculer les volumes de déblais, ou bien les volumes des remblais nécessaires à la réalisation d'un ouvrage. Les volumes sont calculés à l'aide des éléments suivants :

- Surfaces des déblais et des remblais extraits des profils en travers
- Distances entre profils en travers extraites des profils en long.

4.5.2. Décapage de la terre végétale (nettoyage)

Il est évident, avant d'entamer les travaux de terrassement, de procéder au nettoyage du sol naturel, cette tâche consiste à débarrasser le terrain de toute la terre végétale, des matières organiques, des arbres et arbustes qui pourraient s'y trouver, le terrain est mis à nu jusqu'à la couche saine.

Remarque : la mise en réserve de la terre végétale est recommandée, car elle peut servir ultérieurement pour la conception des espaces verts, aires de jeu... etc.

La couche de terre végétale est à décaper selon la nature du sol constituant le site, son épaisseur varie entre 20 et 40 cm.

Pour la voirie qui est un projet linéaire, la terre végétale est quantifiée également en (m³), elle est calculée sur les profils en travers.

4.5.3. Cubature des plates-formes

Après le nettoyage du terrain naturel, la cote plate-forme étant fixée par le plan d'exécution à l'aide d'un matériel approprié, on doit réaliser cette plate-forme par :

- l'opération de déblaiement si elle est prévue au-dessous de TN (terrain naturel)
- l'opération de remblaiement si elle est prévue au-dessus de TN dans les terrains accidentés, en général la plate-forme est réalisée par une opération mixte, déblai et remblai afin :
 - o De ne pas créer des décrochements de niveau important
 - o De ne pas dépasser la hauteur du remblai autorisée (qui est fixée suivant l'infrastructure des constructions et la nature du sol)
 - o De s'arranger de telle manière à limiter au minimum les décrochements entre la chaussée et la plate-forme

4.5.3.1. Calcul de la cote plate-forme

Pour déterminer les cotes plate-forme selon les critères précités, deux cas se présentent :

a) Cas où la surface est carrée ou rectangulaire

$$\text{La cote plate-forme } CPF = H_{min} + \frac{H}{2} \text{ ou } CPF = H_{max} - \frac{H}{2} \quad (4.6)$$

$$\text{Sachant que } H = H_{max} - H_{min} \quad (4.7)$$

H_{max} : l'altitude du sommet le plus haut de la plate-forme considérée.

H_{min} : l'altitude du sommet le plus bas de la plate-forme considérée.

b) Cas où le terrain est accidenté

Si le terrain est accidenté, les courbes de niveau sont trop serrées, on peut avoir plusieurs courbes de niveau traversant la plate-forme, dans ce cas la CPF est fixée de la manière suivante :

$$CPF = \frac{H_{max} + H_{min}}{2} \quad (4.8)$$

avec H_{max} : la plus grande cote traversant la PF

H_{min} : la plus basse cote traversant la PF

$$\text{Ou : } CPF = \frac{\sum H_i}{n} \quad (4.9)$$

avec H : courbe traversant la plate-forme

n : nombre de courbe traversant la PF

c) Cas des surfaces quelconques

$$CPF = H_{min} + \frac{2}{5}(H_{max} - H_{min}) \quad (4.10)$$

Remarque: les CPF calculées par les méthodes citées ci-dessus sont purement théorique, elles sont prises sous réserve, car ces méthodes de calcul ne prennent en considération que l'équilibre déblai - remblai, donc, il est recommandé de vérifier les cotes formées si elles conviennent à la réalité du projet, surtout si le terrain naturel présente des reliefs très accidentée

4.5.3.2. Méthodes de calcul des cubatures

1) Méthode de quadrillage

Cette méthode consiste en premier lieu à tracer la courbe déblai- remblai = 0 et de partager la surface considéré en surface élémentaire en seconde lieu, ensuite à l'aide des interpolations.

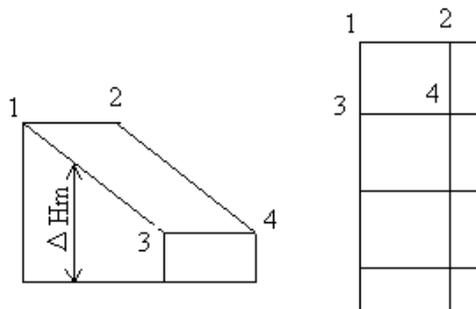


Figure 4.1 Méthode de quadrillage

On calcul la hauteur de chaque sommet par rapport à la plate-forme.

$$\Delta H = H_1 - CPF \quad (4.11)$$

à la fin il s'agira de calculer la différence de hauteur moyenne pour chaque élément (ΔH_m), la surface S_i et le volume V de ce dernier.

$$\Delta H_m = \frac{\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4}{4} \quad (4.12)$$

Volume déblai : $Vd = Sd \times \Delta H$ (4.13) Volume remblai : $Vr = Sr \times \Delta H$ (4.14)

2) Méthode des triangles

Pour cette méthode on suit les étapes suivantes :

- Fixer la cote plate-forme et tracer la courbe $D/R=1$
- Décomposer la plate-forme en triangle élémentaire.
- Déterminer les cotes moyennes (CT_m) de chaque triangle.

avec :

$$CT_m = \frac{CT_1 + CT_2 + CT_3}{3} \quad (4.15)$$

- Calculer la hauteur moyenne de chaque triangle par rapport à la plate-forme :

$$\Delta H = CPT - CT_m \quad (4.16)$$

- Calculer les surfaces des triangles.
- Calculer le volume de déblai et de remblai puis le volume total.

Remarque : dans le but d'obtenir une cubature aussi précise que possible, et vu la morphologie du terrain naturel qui est considéré par un relief moyennement accidenté, nous avons choisi la méthode des triangles.

4.5.4. Cubature de la voirie

Les profils en long et les profils en travers constituent les supports fondamentaux pour la cubature de la voirie, de ce fait la fidélité des informations qu'ils fournissent contribue efficacement à la crédibilité des résultats obtenus (volume des terres) et surtout du point de vue précision.

Le volume de terre à extraire ou à rapporter entre deux profils en travers consécutifs (par exemple délimité par la surface du TN d'une part et la surface de voie projetée (C.P) d'autre part et enfin les surfaces des deux profils en travers (S_1 et S_2).

C'est l'évaluation en volume de chaque entre profil pour tout le réseau de voirie qui constitue la cubature de la voirie.

4.5.4.1. Critère de choix des méthodes de calcul

L'évaluation des volumes avec une exactitude rigoureuse nécessite des artifices de calcul géométriques très long et fastidieux, d'ailleurs cette exactitude est de peu d'intérêt et l'on peut se contenter d'une évaluation approximative même si l'infiltration de l'erreur aura lieu par défaut de précision, elle se traduira uniquement par une petite différence en argent.

Par conséquent, il est plus avantageux d'accepter une erreur due au manque de précision que de consacrer un temps considérable dont la valeur sera beaucoup plus grande à vouloir obtenir un volume d'exactitude mathématique.

Enfin, le choix de la méthode de calcul doit se faire sur celle qui donne des résultats approximatifs de préférence par excès car l'exactitude coûte plus chère par la perte du temps et les défauts de précision risquent de sous-estimer un projet de terrassement.

4.5.4.2. Méthode de calcul

Pour calculer des cubatures de la voirie plusieurs méthodes peuvent être adoptées dont la précision varie d'une méthode à une autre :

1. Méthode des profils en long : Elle s'applique mieux dans le cas d'un terrain plat, elle est rapide mais moins précise que la méthode des profils en travers.

Le principe de cette méthode est d'utiliser une surface équivalente délimitée par une droite compensatrice dont la hauteur H est :

$$H = \text{cote}_{\text{projet}} - \text{cote}_{T.N(4.17)}$$

La surface est en déblai donc $H < 0$ sinon la surface est en remblai : $H > 0$.

Le volume sera la surface multipliée par la longueur d'application.

2. Méthode des profils en travers : Le produit de cette surface par la moyenne de la somme des distances entre deux profils successifs définit le volume.

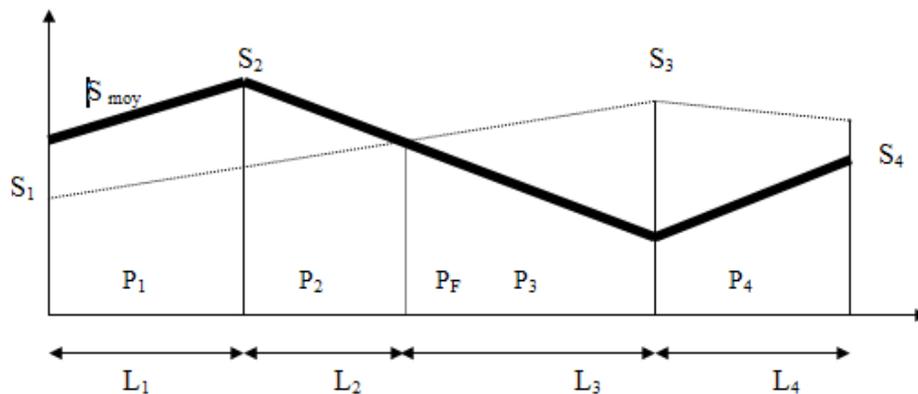


Figure 4.2 Schéma explique la méthode des profils en travers.

$$V = \left(\frac{S_1 \times L_1}{2} \right) + \left(\frac{S_2 \times (L_1 + L_2)}{2} \right) \dots + \left(\frac{S_N \times (L_n + L_{n-1})}{2} \right) \quad (4.18)$$

avec :

V : volume global de cubature (m^3).

S : surface du profil (m^2).

L : distance entre profil (m).

3. Méthode des figures géométriques : Pour cette méthode, les terrassements sont délimités par des plans qui déterminent des figures géométriques connues, tels que prismes, pyramides, troncs de prisme dont le volume est facilement calculable. Cette méthode est plus difficile mais ses résultats sont plus précis.

4. Méthode électronique : Cette méthode est la plus récente et la plus rapide, elle évite les calculs longs, elle consiste à l'introduction des profils en travers, pente.....etc.

Ces calculs par ordinateur donnent :

- La " ligne rouge " en profil en long suivant des limites et des normes définies pour les pentes, rampes et raccords.

- Détermination des surfaces des profils en travers ainsi que les cubatures correspondantes.
- Recherche de la position altimétrique du trace la plus favorable.

Remarque : On a opté pour la méthode des profils en travers, car elle donne des résultats plus précis par rapport aux autres méthodes, elle est facile à appliquer et aussi la plus utilisée (voir Annexe B).

4.6. Conclusion

En vue de la concrétisation de notre projet, un travail de terrassement s'avère nécessaire dans la plupart des taches , pour cela il est nécessaire de faire des études de terrassements au préalable afin de pouvoir réaliser notre projet le plus efficacement possible de point de vue économique ,techniques ,confort et stabilité .

Le choix de technique et des moyens à mettre en place c'est avéré une phase très cruciale pour les techniciens aménageurs dont leurs soucis vont au profit de la réussite de leurs projets ainsi que la concrétisation la plus judicieuse de leurs projets.

Chapitre 5 : Assainissement

5.1.	Introduction	60
5.2.	Réseaux d'assainissement.....	60
5.3.	Accessoires du réseau d'assainissement	60
5.3.1.	Regards.....	60
5.3.2.	Les collecteurs.....	61
5.4.	Différents systèmes des réseaux d'assainissement	61
5.4.1.	Système unitaire	61
5.4.2.	Systèmes séparatifs.....	62
5.4.3.	Système Pseudo-séparatif (mixte)	62
5.4.4.	Comparatif entre les systèmes fondamentaux	63
5.5.	Évaluation des débits	63
5.5.1.	Le débit des eaux usées	64
5.5.2.	Le débit des eaux pluviales	64
5.5.2.1.	Bassin versant.....	64
5.5.2.2.	Méthodes de calcul	67
5.5.2.3.	Considerationsgénérales	68
5.6.	Facteurs influençant la conception d'un projet d'assainissement	72
5.7.	Tracé du profil en long	72
5.7.1.	Principe	72
5.7.2.	Recommandation.....	73
5.8.	Conclusion	73

5.1. Introduction

D'une façon générale, dans tous les endroits où l'homme réside et notamment dans les agglomérations, les eaux de toutes natures ne doivent pas être laissées ruisseler naturellement, elles doivent être guidées, canalisées pour être dirigées vers des émissaires naturels ou artificiels et parfois être épurées et traitées avant leur rejet définitif.

5.2. Réseaux d'assainissement

L'assainissement est l'ensemble des techniques qui permettent l'évacuation par voie hydraulique des eaux usées d'une communauté.

Les eaux sont recueillies à l'intérieur des propriétés par un réseau de canalisations puis évacuées gravitairement vers un égout collecteur qui en assure le rejet dans un exutoire étudié à ne pas nuire à l'hygiène publique.

On distingue les différentes catégories d'eaux usées suivantes

- Les eaux de pluie recueillies par les toitures et les chaussées, caractérisées par des débits importants, mais intermittents.
- Les eaux-vannes (polluées) issues des WC. (débits faibles et réguliers)
- Les eaux ménagères provenant des cuisines, des salles de bains et des buanderies. (débits faibles et réguliers)
- Les eaux industrielles, utilisées dans un processus industriel et dont les débits sont connus avec précision.

Toutes ces eaux, qui véhiculent des matières organiques ou minérales en suspension ou dissoutes nécessitent un traitement préalable avant rejet dans la nature.

Le rôle d'un réseau d'assainissement est triple:

- Assurer la protection des biens matériels et humains contre les inondations.
- Permettre la protection de la santé publique et la préserver.
- Préserver l'environnement en l'occurrence le milieu naturel contre les rejets des eaux usées.

5.3. Accessoires du réseau d'assainissement

5.3.1.Regards

Ce sont des compartiments en maçonnerie ou préfabriqué munis d'un couvercle amovible, ils permettent l'accès aux canalisations pour d'éventuels branchements, et notamment pour le curage de ces derniers. Ils existent plusieurs types de regards :

1. Regard de visite : ils permettent la surveillance et le curage des égouts ainsi que leur aération qui est assurée grâce à une fonte sur le couvercle du regard, ce type de regard est prévu dans les cas suivants :

- au niveau de chaque branchement avec un autre collecteur
- à chaque changement de direction (horizontale ou verticale)
- entre 40 et 50 m d'alignement droit

2. Regard chute : ce sont des regards analogues aux regards de visite, seulement la chute est plus importante, ce type de regard est prévu lorsque les canalisations sont disposées en forte pente, ce qui entraîne des vitesses très importantes, la chute des effluents dans ces regards permet de briser la vitesse d'écoulement.

3. Bouche d'égout : destinées à recueillir les eaux usées de la chaussée, elles doivent être sélectives pour permettre la retenue du maximum de déchets, elles sont généralement disposées sous le trottoir

4. Regard avaloir : ils sont généralement placés aux points bas des caniveaux destinés à la collecte des eaux de ruissellement depuis le caniveau jusqu'à l'égout.

5. Regards à grille : ce sont des regards de petites dimensions, couverts par une grille en fonte, il sert à évacuer les eaux de ruissellement des parcs, allées piétonnes et des pelouses.

6. Regards de façade : ils sont utilisés pour les branchements particuliers, disposés plus près de la façade de la propriété à raccorder.

7. Regards de branchement : servent au branchement du réseau sanitaire d'un immeuble au réseau d'assainissement, les regards siphoniques sont conseillés pour éviter les relents des mauvaises odeurs.

8. Déversoirs d'orage : c'est un ouvrage en béton armé de section rectangulaire, sa fonction est d'évacuer les pointes exceptionnelles de débit d'orage vers un milieu récepteur, en d'autres termes, il est prévu pour soulager le réseau sanitaire en période d'orage.

5.3.2. Les collecteurs

Ils sont constitués par des tuyaux (canalisations) enterrés alignés allongés de regard en regard avec un diamètre et une pente suffisante pour éviter toutes les stagnations des liquides chargés.

5.4. Différents systèmes des réseaux d'assainissement

Un réseau d'assainissement a pour but d'évacuer les eaux usées et les eaux pluviales des bâtiments vers l'égout public. Celui-ci peut être établi selon l'un des systèmes suivants :

5.4.1. Système unitaire

Le système unitaire est l'héritage du (tout-à-l'égout) né vers 1830 à la suite des épidémies et du mouvement hygiéniste, c'est à dire l'évacuation de l'ensemble des eaux usées et pluviales par un unique réseau pourvu de déversoir permettant en cas d'orage le rejet d'une partie des eaux par surverse directement dans le milieu naturel. (Figure 5.1).

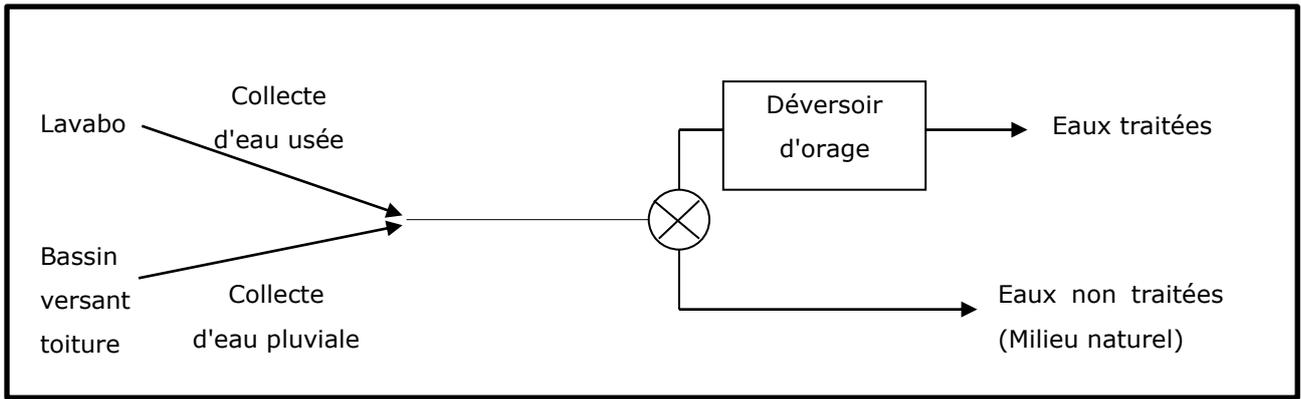


Figure 5.1 Schéma de principe d'un réseau unitaire

5.4.2. Systèmes séparatifs

Ils sont destinés à l'évacuation des eaux usées domestiques (eaux des vannes, eaux ménagères et avec réserve certains effluents industriels). Alors que l'évacuation de toutes les eaux pluviales est assurée par un autre réseau (Figure 5.2).

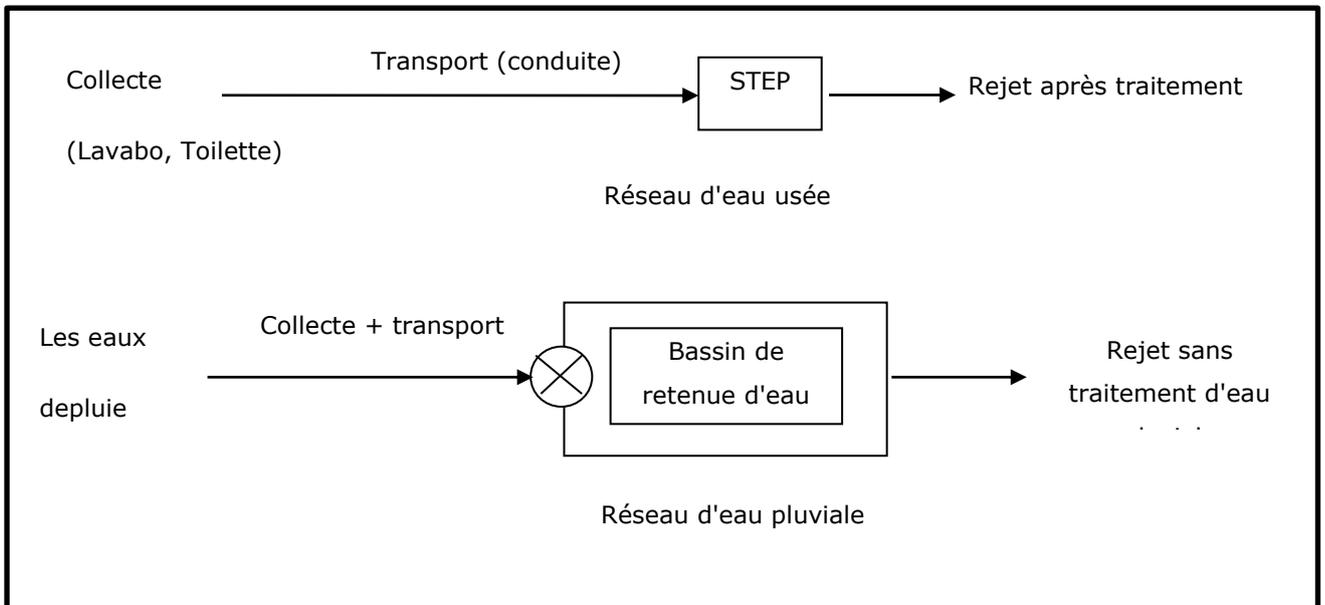


Figure 5.2 schéma de principe d'un réseau séparatif

5.4.3. Système Pseudo-séparatif (mixte)

Ce système consiste à réaliser un réseau séparatif particulier dans lequel il est admis que le réseau d'évacuation des eaux usées reçoit une fraction d'eau pluviale, à savoir les eaux de toiture et cours intérieurs et le réseau d'évacuation d'eau pluviale sera réduit à la collecte des eaux de ruissellement sur les chaussées et du bassin versant par drainage. (Figure 5.3).

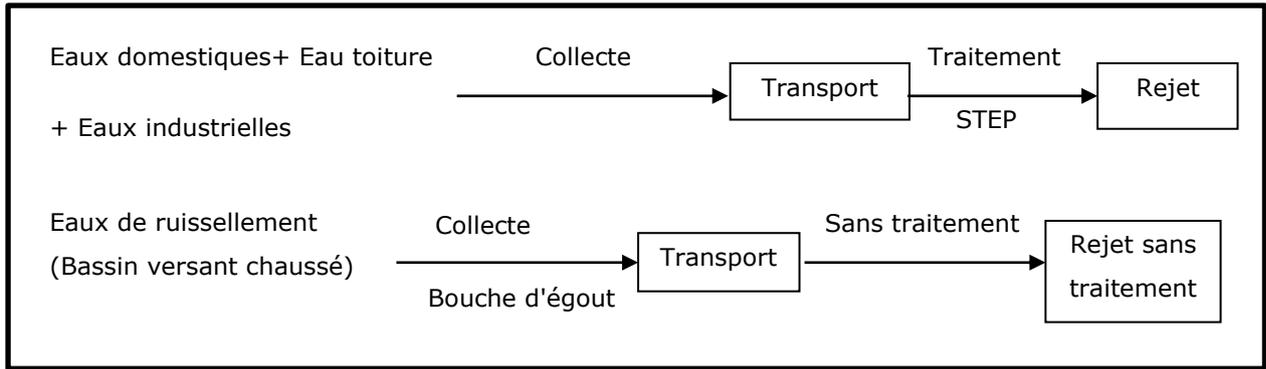


Figure 5.3 schéma de principe d'un réseau pseudo-séparatif

5.4.4.Comparatif entre les systèmes fondamentaux

La comparaison entre les différents réseaux d'assainissement est donnée dans le Tableau 5.1.

Tableau 5.1 Comparatif entre les réseaux fondamentaux

Systèmes	Avantages	Inconvénients
unitaire	<ul style="list-style-type: none"> × Système simple et moins coûteux. × L'auto curage est vérifiée lors des orages × Il n'y a pas d'erreur de branchement × Facilité de réalisation. × Facilité de branchement et de mise en œuvre. 	<ul style="list-style-type: none"> × Risque de dépôt par temps sec. × Fonctionnement de la station d'épuration perturbé vu la variation du débit. × Lors des orages, une partie de l'effluent pollué peut être rejetée dans le milieu naturel à l'aide des déversoirs d'orage. × Pollution relative du milieu récepteur
séparatif	<ul style="list-style-type: none"> × Les EU sont traités par la station d'épuration. × Rejet possible des eaux pluviales dans divers exutoires (utilisation pour l'irrigation). × Il permet une meilleure protection de l'environnement 	<ul style="list-style-type: none"> × Coût plus élevé que l'unitaire. × Risque de commettre des erreurs de branchement. × En milieu rural, les eaux de ruissellement sont fortement polluées d'où le risque de contamination des cours d'eau. × Problème de raccordement
pseudo-séparatif	<ul style="list-style-type: none"> même avantage avec le système séparatif 	<ul style="list-style-type: none"> × Risque de commettre des erreurs de branchement. × cout un peu élevé

5.5. Évaluation des débits

Afin de dimensionner un réseau d'assainissement, il faut déterminer tout d'abord :

5.5.1. Le débit des eaux usées

L'évaluation de la quantité des eaux évacuées journalière ment, s'effectue à partir de la consommation d'eau potable par habitant (litres/habitant/jour), correspondant aux plus fortes consommations journalières de l'année.

- Toute fois en l'égard avec perte d'eau dans conduites, réservoirs, évaporations) .et du fait que toute l'eau utilisée n'est pas rejetée aux réseaux on admet que l'eau évacuer est de 80% de l'eau consommée.

- En Algérie on admet que le débit maximal d'avenir est de 200 litres/habitant/jour

Remarque : le débit total des eaux usées (Q_{EU}) est donné par la formule suivante :

$$Q_{EU} = Q_{Domestique} + Q_{Industrielle} \quad (5.1)$$

Les eaux domestiques :

Le débit moyen journalier est donné par la formule suivante :

$$Q_m = \frac{D \times N \times Kr}{86400} \quad (5.2)$$

avec :

D : dotation journalière (consommation journalière) estimée à 150l/Hab/j

N : nombre d'habitants

Kr : coefficient de rabatement estimé entre 80 et 90%

Débit de pointe :

$$Q_p = Q_m \times C_p \quad (5.3)$$

Avec C_p coefficient de pointe qui dépend de l'emplacement du collecteur et ça section varie selon une formule telle que la suivante :

$$C_p = a + \frac{b}{\sqrt{Q_m}} \quad (5.4)$$

Dans laquelle, Q_m étant exprimé en litres par seconde, on adoptera les valeurs « a = 1,5 » et « b = 2,5 »

5.5.2. Le débit des eaux pluviales

5.5.2.1. Bassin versant

a) Définition

Le bassin versant est défini comme étant la totalité de la surface topographique drainée par ses cours d'eau et ses affluents en amont de cette section. Tous les écoulements qui prennent naissance à l'intérieur de cette surface topographique passent par la section de mesure pour poursuivre leur trajet à l'aval. Chaque bassin versant est séparé des autres par une ligne de partage des eaux. Cette limite est déterminée sur la carte topographique. En commençant par

l'exutoire, on trace à main levée des segments perpendiculaires aux courbes de niveau en passant par les crêtes, aboutissant automatiquement à l'exutoire.

L'assainissement projeté des 1032 logements Douira fait partie du bassin versant de L'Oued Terrou.

b) Découpage en bassin versant

Le découpage en bassin versant consiste à déterminer pour chaque tronçon la zone qu'il doit assainir. Il se fait en tenant compte de la topographie du terrain, la limite de propriété ainsi que la bissectrice des regards.

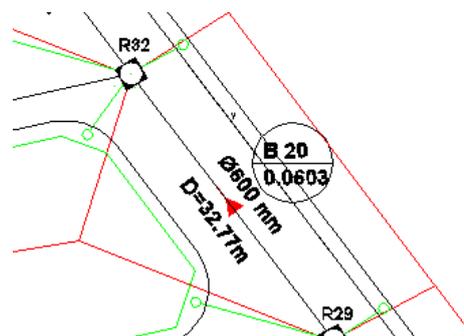


Figure 5.4 Exemple de découpage des bassins

c) Coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement représente le taux d'imperméabilisation, il est donné par cette formule :

$$C = \frac{A_{imp}}{A} (5.5)$$

avec : A_{imp} : surface de la partie imperméable et A : surface totale du bassin versant.

De nombreuses expériences ont été réalisées sur différents types de surface, on obtient les coefficients de ruissellement suivants :

Tableau 5.2 Coefficient de ruissèlement

Types de surface-habitation	C
Surface totalement imperméable, habitation très dense	0.9
Terrasse, habitation dense	0.7
Voie non goudronnée	0.37
Pavage (pierre) à large joint	0.6
Jardin (espace vert)	0.1
Allés en gravier , Habitation résidentielle	0.2
Surface boisée , habitation peu dense	0.5

Si le bassin versant est composé de plusieurs surfaces, il faut calculer le coefficient moyen (C_{moy}).

$$C_{moy} = \frac{\sum C_i \times A_i}{\sum A_i} \quad (5.6)$$

Pour notre projet les habitations sont de type dense donc on a pris $c = 0.6$

c) Pente moyenne du bassin versant

Le calcul de la pente moyenne est à effectuer dans le cas où le bassin versant contient deux pentes différentes successives, la pente moyenne est donnée comme suite :

$$I_{moy} = \left[\frac{\sum L_i}{\sum \frac{L_i}{\sqrt{I_i}}} \right]^2 \quad (5.7)$$

avec L_i : Le plus long cheminement hydraulique, I_i : Pentas du bassin i

d) Groupement de bassins versants

Deux façons sont possibles pour faire le groupement des bassins versants est ceci en fonction des collecteurs respectifs, on distingue :

- Le groupement en série noté \oplus
- Le groupement en parallèle ($//$)

Les paramètres relatifs au bassin équivalent sont résumés dans le Tableau 5.2.

Tableau 5.3 Paramètre relatifs au bassin

Paramètres équivalents	A_{eq}	C_{eq}	I_{eq}	M_{eq}
Bassins en série	$\sum A_i$	$\frac{\sum C_i \times A_i}{\sum A_i}$	$\left[\frac{\sum L_i}{\sum \frac{L_i}{\sqrt{I_i}}} \right]^2$	$\frac{\sum L_i}{\sqrt{\sum A_i}}$
Bassins en parallèle	$\sum A_i$	$\frac{\sum C_i \times A_i}{\sum A_i}$	$\frac{\sum I_i \times Q_{pi}}{\sum Q_{pi}}$	$\frac{L_{eq}}{\sqrt{\sum A_i}}$
Leq longueur totale, Li du bassin ayant le plus fort débit de pointe				

Remarque : Lors de l'assemblage des bassins versants en parallèle le débit résultant doit être dans les limites suivantes :

$$Q_{max} \leq Q_p \text{ résultant} \leq \sum Q$$

avec :

$\sum Q$: La somme des débits

Q_{max} : Le plus grand débit

e) **Allongement des bassins versants:**

La formule de Desbordes s'applique soit en série ou en parallèle

$$M = \frac{L}{\sqrt{\sum A_i}} \quad (5.8)$$

L : hectomètre de plus long cheminement

5.5.2.2. Méthodes de calcul

a) Méthode rationnelle : cette méthode n'est pas susceptible d'être utilisée pour les grandes surfaces en raison de la longueur de calcul qu'elle présente.

Elle ne peut être utilisée pour l'évacuation des débits de notre zone d'étude qui représente une surface de 13 ha du fait qu'elle est valable juste pour des petites agglomérations dont la surface est inférieure ou égale à 2ha et le débit est donné par la formule relationnelle suivante :

$$Q_{EP} = K \times C \times I \times A \quad (5.9)$$

avec :

- C : coefficient de ruissellement
- I : intensité moyenne de précipitation (I/s/ha)
- K : coefficient de retardement ≈ 1.

b) Méthode superficielle (Model de Caquot) : le modèle de ruissellement proposé par CAQUT en 1949, est en fait une variante de la méthode rationnelle dans sa forme originale, repose sur une expression mathématique globale, le débit maximal à prendre en compte dans le calcul des canalisations est donné par la formule dont les coefficients sont en fonction de la période de retour et de la région dans laquelle on se trouve. [13]

La formule de Caquot est valable pour :

- La surface totale doit être inférieure ou égale à 200 ha.
- La pente entre est comprise entre 0.3 et 5 % ($0.3\% < I < 5\%$).
- Le coefficient de ruissellement est compris entre 0.2 et 1 ($0.2 \leq C < 1$).
- Le coefficient d'allongement $M > 0.8$.

La formule générale proposée par Caquot (compte rendu de l'Académie des Sciences du 20 octobre 1941) a été adaptées aux études les plus récentes, en modifiant les coefficients comme suit :

$$Q_{EP} = K \times I^u \times C^v \times A^y \quad (5.10)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} K = \left[\frac{0,5^b a}{6,6} \right]^{1/(1+0,287 b)} \\ u = -\frac{0,41 b}{1 + 0,287 b} \\ v = \frac{1}{1+0,287 b} \\ w = \frac{0,95+0,507 b}{1+0,287 b} \end{array} \right.$$

Remarque : lors des calculs des bassins versants élémentaires, les bassins de tête sont calculés pour une période de retour de 5 ans, et les bassins versants intermédiaires pour une période de 10 ans.

5.5.2.3. Considerations générales

a) Calcul du rayon hydraulique

Le rayon hydraulique R_h est utilisé pour le calcul des écoulements dans un tube, une conduite hydraulique ou un canal. Le rayon hydraulique est utilisé dans l'équation de Hazen-Williams pour déterminer le coefficient de Chézy (avec la formule de Chézy ou celle de Bazin). Il est notamment utilisé pour les écoulements à surface libres c'est-à-dire dans des conduites non pleines (comme les égouts) ou les canaux. [17]

Soit une conduite de section (S) par laquelle transite un débit quelconque, on appelle rayon hydraulique note (R_h), le rapport de la section mouillée (S_m) au périmètre mouillée (P_m).

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{1}{4} \left[1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right] D \quad (5.11)$$

$$P_m = \frac{1}{2} \theta \times D \quad (5.12)$$

Cas particulier : si on considère que toute la section est mouillée (rayon hydraulique a plein section)

$$\left. \begin{array}{l} S_m = S = \pi \times D^2/4 \\ P_m = \pi \times D \end{array} \right\} \Rightarrow R_h = D/4 \quad (5.13)$$

b) Calcul de la vitesse d'écoulement

La vitesse d'écoulement est donnée par la formule de CHEZY :

$$V = C \sqrt{R_h \times I} \quad (5.14)$$

Tel que: v : la vitesse d'écoulement (m/s).

I : pente de l'ouvrage (m/m).

R_h : rayon hydraulique (m).

C : Coefficient qui peut être adopté soit par :

1. La formule de Bazin :

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\lambda}{\sqrt{R_h}}} \quad (5.15)$$

λ est le coefficient de Bazin dépendant à la fois du matériau constituant la paroi intérieure de la canalisation et du fluide qui y circule pour les eaux pluviales.

Tableau 5.4 Coefficient de Bazin en fonction des parois

Nature des parois	λ
Très lisses (ciment)	0,06
Tôles lisses bien jointoyées	0,16
Planches soigneusement rabotées	0,46
Maçonnerie ordinaire, béton sans enduit	0,85
Canaux en terre ordinaire	1,30
Canaux en terre revêtus d'herbe	1,75

2. La formule de Manning-Strickler : elle peut s'exprimer sous la forme:

$$C = \frac{1}{n} \times R_h^{1/6} \quad (5.16)$$

Avec n est un coefficient caractéristique de la nature des parois. On utilise aussi parfois son inverse

$$K = \frac{1}{n}$$

Voici quelques exemples (Tableau 5.5) de valeurs estimées pour le coefficient de Manning en fonction de la nature des parois.

Tableau 5.5 Coefficient de Manning-Strickler en fonction des parois

Nature des parois	n (Manning)	k (Strickler)
Béton lisse	0.011 à 0.013	77 à 91
Béton brut	0.013 à 0.016	62 à 77
Moellons	0.020 à 0.030	33 à 50
Graviers	0.022 à 0.035	28 à 35
Galets ou herbes	0.025 à 0.040	25 à 40

c) Caractéristiques des ouvrages

c.1. Vitesse à pleine section : Pour le calcul de la vitesse a pleine section , on utilise la formule suivante de Manning Strickler.

$$V_{ps} = K \times R_h^n \times I^{1/2} \quad (5.17)$$

avec : V_{ps} : vitesse à pleine section en (m/s)

K : coefficient de rugosité

R_h : rayon hydraulique en (m) tel que :

$R_h = D/4$ pour une section circulaire

I : pente hydraulique de l'ouvrage tel que

$$I = \frac{C_{am} - C_{av}}{L} \quad (5.18)$$

avec C_{am} cote en amont et C_{av} cote en aval.

Remarque :

Pour les eaux pluviales : $K=60$ $n = 3/4$ (réseau unitaire)

Pour les eaux usées : $K=70$ $n = 2/3$ (réseau séparatif)

c.2. Débit à pleine section : Le débit à pleine section est déterminé par la formule de base de l'écoulement.

$$Q_{ps} = V_{ps} \times S = \frac{V_{ps} \times \pi \times D^2}{4} \quad (5.19)$$

avec :

Q_{ps} : débit plein section dans la conduite en (m^3/s)

S : section de la conduite en (m^2)

c.3. Vitesse d'écoulement et hauteur de remplissage : Connaissant le rapport des débits (5.20) tel que :

$$r_Q = \frac{Q}{Q_{PS}} \quad (5.20)$$

avec Q comme débit réel en (l/s)

On détermine le rapport des vitesses (R_v) et le rapport des hauteurs (R_h) sur l'abaque (Figure 5.6).

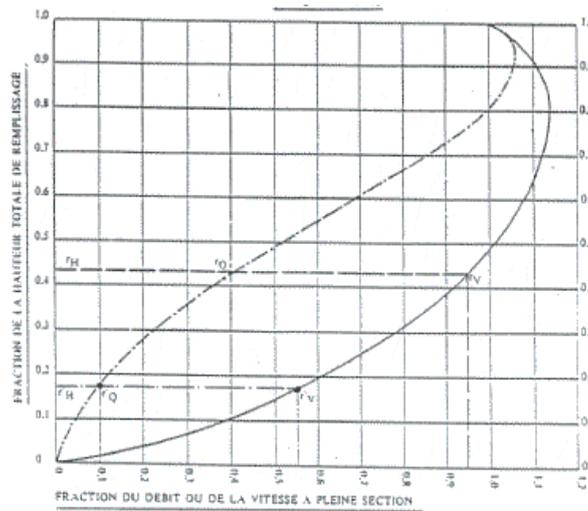


Figure 5.5 Variations des débits et des vitesses en fonction du remplissage

La vitesse d'écoulement est déterminée à partir du rapport de vitesse tel que :

$$V = R_v \times V_{ps} \quad (5.21)$$

avec V : vitesse d'écoulement en (m/s)

La hauteur de remplissage est déterminée à partir du rapport des hauteurs (remplissage et totale) : $H = r_H \times D$ (5.22)

avec :

H : hauteur de remplissage en (m)

D : diamètre de la conduite en (m)

c.4. Vitesse d'auto curage : la vitesse d'auto curage doit être supérieure à 0,6 m/s pour éviter la décantation des dépôts tels que : $V_{\text{auto}} = 0,65 \cdot V_{ps}$

avec : V_{auto} : vitesse d'auto curage en (m/s)

V_{ps} : vitesse à pleine section en (m/s)

c.5. Conditions d'auto curage : on dit qu'un réseau d'assainissement est auto cureur, s'il admet la faculté de se nettoyer tout seul, en d'autres termes l'écoulement de l'eau à travers le réseau peut entraîner les matières solides au fond de l'ouvrage.

D'après les instructions technique de 1977, il faut que la vitesse d'écoulement soit supérieure ou égale à 0.6m/s, et éviter l'érosion des conduites à raison d'éviter $V < 4\text{m/s}$, lorsque le débit qui transite représente 1/10 du débit à pleine section soit :

$$V \left(\frac{1}{10} \times Q_{ps} \right) \geq 0.6\text{m/s}$$

D'après l'abaque (Figure 5.6) on déduit le rapport de vitesse R_V d'où la condition :

$$V \left(\frac{1}{10} \times Qps \right) = R_V \times Vps \geq 0.6 \text{ m/s} \quad (5.23)$$

d) Condition d'écoulement gravitaire et exploitation

d.1. La vitesse (auto curage) : voir paragraphe c.4 et c.5

d.2. Pente : nous devons assurer en plus que les pentes respectent les relations suivantes :

Les pentes minimales admissibles doivent être supérieures ou égales à 0.5%, pour ce qui concerne les pentes maximales, elles ne doivent pas être supérieures à 10%.

Dans le cas où le terrain (relief) est trop accidenté, nous prévoyons des regards de chute en vue de surmonter la dénivellation.

d.3. Diamètre : pour un réseau de type unitaire, les diamètres des collecteurs sont fixés à 300mm, par contre pour un réseau séparatif les diamètres sont fixés à 200mm.

d.4. Aération (remplissage) : la nécessité de transitée des effluents domestiques impose que les égouts soient des ouvrages aérés, cette ventilation limite les fermentations. Il faut vérifier que le taux de remplissage de chaque tronçon ne dépasse pas 85 % du diamètre de la conduite.

5.6. Facteurs influençant la conception d'un projet d'assainissement

Les divers facteurs influençant la conception d'un projet peuvent être répartis en quatre classes :

- Les données naturelles du site
- Les données relatives aux agglomérations existantes
- Les données relatives au développement futur de l'agglomération
- Les données propres aux assainissements

5.7. Tracé du profil en long

5.7.1. Principe

À partir du profil en long voirie, on a tracé le profil d'assainissement qui nous permet de déterminer la pente hydraulique du réseau dans ce profil on trouve :

- Les cotes (projet, radié, terrain naturel)
- Profondeur.
- Les distances (partielle, cumulée)
- Pente et diamètre.

Les profils en long doivent être tracés de façon à :

- minimiser les problèmes d'auto curage en choisissant des pentes convenables.

- minimiser de l'importance de la profondeur des tranchées en tenant compte de 80cm du dessus de la canalisation ainsi que les points obligés.
- ne pas dépasser la vitesse 4 m/s et cela en jouant sur la pente de l'ouvrage.
- la pente de l'ouvrage doit être comprise entre 0.3% et 5% les fortes pentes engendrent la dégradation du réseau.
- prévoir un espace de décantation d'une profondeur de 10cm dans tous les regards.

5.7.2.Recommandation

Les collecteurs des rues doivent être placés dans les rues prévues dans le plan directeur d'aménagements et d'urbanisme (PDAU) afin de satisfaire les conditions suivantes :

- Évitez-les contre inclinaisons (contre pentes)
- Les égouts collecteurs principaux et secondaires doivent être placés dans les grandes rues avec peu de virages.
- Choisir des profondeurs pour placer les conduites des eaux usées en respectant la profondeur des caves et des maisons avoisinantes
- Place les conduites de telle façon qu'elles résistent au gel et au mois à 10 cm en dessous des conduites d'adduction ou de distribution des eaux potables
- Les matériaux doivent résister aux attaques statiques, mécaniques et chimiques.

5.8. Conclusion

Le projet d'assainissement a été élaboré sur la base de l'aménagement projeté sur la voirie, tout en tenant compte des contraintes du terrain (la topographie accidentée).

Le réseau projeté est de types unitaires qui évacue les eaux usées et pluviales à travers les points de rejets vers le collecteur principal existant dans la partie sud de la zone de diamètre Ø1200, qui déversera vers le collecteur Baba Ali (Oued Terro), dans son ensemble, l'écoulement sera gravitaire (Voir Annexe F).

Les canalisations seront de type circulaire en béton (135 A) pour les réseaux principaux et de PVC (PVC CR8 EU) pour les réseaux tertiaire, ces canalisations seront posées dans des tranchées de profondeur allant de 1.5 à 4 m sur un lit de sable de 10 cm d'épaisseur.

En général, les canalisations seront choisies telles que la hauteur de recouvrement de la génératrice supérieur du collecteur à la côte projet sera au minimum de 1 m.

Des regards de chute seront aménagés pour remédier au problème de vitesse et de pente.

La récupération des eaux pluviales sur la chaussée sera assurée par les regards avaloir, ces derniers seront placés à côté des regards pour faciliter leurs branchements.

Après le dimensionnement du réseau d'assainissement, on a obtenu les résultats suivants :

Les diamètres des conduites varient entre 400 et 800 mm, les conduites inférieures à 400mm sont en PVC, et pour le diamètre supérieur ou égale 400mm en béton armé (voir Annexe

Après l'étude des profils en long du réseau d'assainissement, les profondeurs varient entre 2 m et 3.5 m pour les regards de visite y compris les regards de chutes et de 0.8 à 1.8 m pour les regards de branchement.

La pente varie entre 0,3% et 6%, les conditions d'auto curage est satisfaite partout dans le réseau sauf quelques tronçons, pour ces tronçons on recommande :

- un autre type de canalisation (ovale).
- L'utilisation de regard de chasse.
- Un curage mécanique périodique.

Chapitre 6 : Alimentation en eau potable

6.1.	Introduction	76
6.2.	Généralités.....	76
6.3.	Principaux éléments d'un système d'hydraulique urbaine	76
6.4.	Le tracé du réseau.....	77
6.5.	Conditions d'exploitations d'un réseau	77
6.5.1.	Débits.....	77
6.5.2.	Choix du diamètre.....	77
6.5.3.	Vitesse d'écoulement.....	78
6.6.	La demande en eaux.....	80
6.7.	Réseaux de distribution	82
6.7.1.	Définition	82
6.7.2.	Composantes du réseau.....	82
6.7.3.	Classification des réseaux de distribution.....	83
6.8.	Calcul et dimensionnement	84
6.8.1.	Calcul d'un réseau ramifié.....	84
6.8.2.	Calcul d'un réseau maillé	84
6.9.	Conclusion	86

6.1. Introduction

Depuis la nuit des temps, l'un des principaux soucis de toute civilisation était l'approvisionnement en eau potable et l'histoire en est témoin, vu que les premières civilisations humaines ont pris naissance aux bords de grands fleuves (la Mésopotamie, la dynastie pharaonique...), l'eau fut transportée en usant de moyens traditionnels et peu efficaces de la source aux consommateurs.

Vu l'importance de cette ressource (l'eau) l'homme s'est investi au cours des siècles pour assurer sa disponibilité tout près de lui à tout moment et en quantité suffisante.

Tous ces efforts ont abouti à des dispositifs répondants à nos besoins en eau de nos jours et on leur a attribué l'appellation de systèmes d'alimentation en eau potable.

6.2. Généralités

Le programme de 1032 logements objet de cette étude est situé dans la commune de Douera à la limite du chef-lieu de Birtouta.

La ressource principale de la commune est constituée de plusieurs forages implantés à travers le périmètre de la commune.

La ville de Birtouta est alimentée à partir des forages du champ de captage de Mitidja, leurs eaux sont refoulées vers le réservoir de stockage de capacité égale à 1000m³ situé au nord du chef-lieu.

La principale source d'eau potable pour le périmètre d'étude se fera à partir du réservoir en cours de réalisation ainsi que la conduite d'amenée de diamètre 300 mm sur laquelle se fera le piquage. Le réseau de distribution proposé couvrira toute la zone d'étude et sera composé de deux mailles.

6.3. Principaux éléments d'un système d'hydraulique urbaine

a) Captage : Le captage consiste à recueillir soit des eaux souterraines (sources, nappes), soit des eaux de surface (rivières, lacs).

b) Traitement des eaux : Toutes les fois que les eaux captées ne présentent pas en permanence les qualités requises, elles doivent faire l'objet d'un traitement. Ce traitement peut aussi avoir lieu après le transport.

c) Adduction : C'est le transport de l'eau depuis la zone de captage jusqu'à proximité de la zone d'utilisation (distribution). Cette adduction peut s'effectuer par un écoulement à surface libre c'est-à-dire sans pression (alimentation gravitaire), soit par un écoulement en charge, c'est-à-dire dans des conduites sous pression.

d) Accumulation : On a souvent besoin de mettre en réserve une partie de l'eau, soit pour régulariser le débit dans les ouvrages qui précèdent, soit pour assurer une sécurité en cas de panne, on l'accumule alors dans des réservoirs spéciaux.

e) **Distribution** : La distribution consiste à fournir à chaque instant aux utilisateurs une pression convenable, le débit dont ils ont besoin, elle s'effectue par un réseau de conduites sous pression, dimensionnée pour permettre le passage en chaque point du débit maximal prévisible.

6.4. Le tracé du réseau

Le tracé en plan est imposé à partir des modalités de raccordement avec le réseau extérieur, de la disposition locale des îlots et des équipements collectifs, il doit répondre à certains critères :

- Minimiser le plus possible la longueur du réseau (le trajet des canalisations) y compris le nombre des pièces spéciales afin de rendre le projet économique.
- Respecter les écarts minimums entre les canalisations d'AEP et les divers réseaux.
- Diamètre suffisant afin d'assurer un débit maximal avec une pression au sol compatible avec la hauteur des immeubles pour desservir tous les îlots y compris les abonnés.
- Le réseau doit être conçu de telle manière à assurer la lutte contre l'incendie.

L'objectif du tracé du réseau de distribution est d'assurer l'accès du réseau aux usagers dans des conditions économiques optimales tout en prévenant les difficultés d'exploitation et d'entretien [9].

Les principes du tracé d'un réseau sont les suivantes :

- Fonctionnement hydraulique simple et efficace.
- Continuité du service en évitant la création des points de faiblesse ou en prévoyant des alternatives en cas de rupture.
- Optimisation de la longueur du réseau par le choix des rues devant recevoir les conduites
- Équipement minimum afin de faciliter la maîtrise du réseau et son entretien : vannes, vidanges, ventouses.

L'alimentation de notre projet en eau potable est composée par deux mailles et des ramifications contenant une seule bouche d'incendie placée de telle manière que le rayon de balayage soit inférieur à 400m (risque d'incendie faible).

6.5. Conditions d'exploitations d'un réseau

6.5.1. Débits

Les conduites devront pouvoir transmettre les plus forts débits instantanés en tenant compte du débit de pointe.

Le coefficient de pointe à prendre en considération est de 0,3. En conséquence, si (Q) est le débit supposé reparti sur 24h, les canalisations seront calculées avec un débit (3Q).

6.5.2. Choix du diamètre

Il faut se référer aux diamètres normalisés donnés par les abaques de Colebrook [15].

Le choix du diamètre d'une tuyauterie résulte d'un compromis entre les dépenses d'investissement et les dépenses de fonctionnement [10].

En effet, ce choix se fait de façon à respecter les recommandations et minimiser les coûts.

Dans les trçons sur lesquels il est prévu l'installation de bouches d'incendie, le diamètre minimal sera de 100 ou mieux encore 150mm.

Les diamètres sont calculés par la formule suivante :

$$Q = V \times S \Rightarrow S = \frac{Q}{V} \quad (6.1)$$

V : vitesse [m/s]

S : section de la conduite (m²)

Q_p : débit de pointe (m³/s)

D : diamètre de la conduite (m)

Sachant que $S = \frac{\pi \times \emptyset^2}{4}$ (6.2) (Section circulaire) donc : $\emptyset = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$ (6.3)

V étant la vitesse économique (V=1m/s), on obtient : $\emptyset = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi}}$ (6.4)

6.5.3. Vitesse d'écoulement

La vitesse d'écoulement dans la conduite sera de l'ordre de 0.5 à 1.5 m/s en évitant :

La vitesse inférieure à 0.5 m/s, les dunes en substances minérales ne pourront pas se déposer, du moment qu'elles sont parfois difficiles à évacuer.

La vitesse supérieure à 1.5 m/s, il aura moins de bruits, moins de coups de bélier provoquant des dégradations dans les conduites.

6.5.3.1. Les pertes de charge

On distingue deux types de pertes de charge dans un réseau de distribution.

a) Les pertes de charge linéaires (régulières)

Elles sont dues aux frottements de l'eau contre les parois des conduites et les turbulences provoquées par ces effets. Elles dépendent en toute rigueur des caractéristiques de l'eau (viscosité, régime d'écoulement, température, etc.), et des caractéristiques de la conduite (longueur, rugosité des parois, diamètre intérieur, etc.).

Elles sont données par la formule de Colebrook-White [15]:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log_{10} \left[\frac{k}{3.71 \times \phi} + \frac{2.51}{Re \times \sqrt{\lambda}} \right] \quad (6.5)$$

Et donne la valeur de λ à porter dans la formule fondamentale de Darcy-Weisbach [15]

$$J = \frac{\lambda \times V^2}{2 \times g \times \phi} \quad (6.6)$$

J : perte de charge de m de hauteur du fluide circulant dans la conduite par m de celui-ci

V : vitesse moyenne de l'écoulement (m/s)

g : accélération de la pesanteur (m/s²)

λ : En fonction du nombre de Reynolds

K : coefficient de rugosité en m

V : coefficient de viscosité cinématique du liquide en mouvement.

b) Les pertes de charges singulières (locales)

Elles sont dues aux modifications brusques de l'écoulement dans les pièces telles que les changements de section (rétrécissement, élargissement) ou les changements de direction (coudes, Tés...) même au niveau des appareils de contrôle de suivi (vannes)

L'importance d'inclure ou non de telles pertes dans les calculs dépend de l'exactitude exigée.

Elles sont données par la formule suivante :

$$\Delta h = K \times \frac{v^2}{2 \times g} \quad (6.7)$$

Remarque: Pour les conduites de distribution d'eau, les pertes de charge singulières représentent 5 à 10 % des pertes de charge linéaires. $\Delta h = 10\% \times \Delta H_L$ (6.8)

6.5.3.2. Côte piézométrique

La côte piézométrique est le niveau du point alimentant la conduite.

La pression au sol nous servira pour l'orientation des constructions. Elle est de l'ordre du 10 m au minimum, pour les besoins de la lutte contre l'incendie.

Pour déterminer la pression en un point, on calcul d'abord la côte piézométrique de ce point qui est égal au niveau piézométrique disponible en fin du réseau totale de pertes de charge des tuyaux transitant depuis l'origine.

IL faut signaler que la valeur maximale des pressions au sol ne devra pas dépasser 40m et dans le cas oppose on placera un réducteur de pression; et on aura donc:

$$\text{Pression au sol :} \quad PS = CP - CTN \quad (6.9)$$

PS : pression au sol

CP : cote piézométrique

CTN : côté terrain naturel

6.5.3.3. Pressions

C'est une grandeur physique qui s'exerce sur un liquide dans une conduite pour lui apporter l'énergie nécessaire qui permet de vaincre les différentes pertes de charge rencontrées dans cette conduite. [14]

La pression de distribution correspond à la pression existante dans le réseau, de manière à satisfaire tous les besoins, dans des conditions optimales.

La pression minimale chez les abonnés est de 3m (5 m nécessaires pour le fonctionnement d'un chauffe- bain).

En vue de la bonne tenue des canalisations et notamment, de leurs joints, il y a lieu d'éviter des pressions supérieures à 40m qui risquent d'apporter des désordres (fuites notamment) et certains bruits désagréables dans les installations intérieures d'abonnés

Remarque : selon la hauteur des immeubles, on prévoit les pressions maximales suivantes au sol, exprimées en mce (mètre colonne d'eau), voir Tableau 6.1.

Tableau 6.1 Les pressions maximales selon les hauteurs d'immeubles

Nombre d'étages		01	02	03	04	05	06	07
Pression en mce	Min	12	16	20	24	29	33	37
	Max	15	19	23	27	32	36	40

6.6. La demande en eaux

Avant de passer aux dimensions du réseau de distribution d'eau potable, il faut établir le bilan général des différents points de consommation qui est déterminé sur la base des consommations spécifiques.

a) Besoins domestiques : On peut prendre, selon les normes comme base de calcul :

- La consommation journalière moyenne est de 150 l/j/hab.
- Le nombre d'habitants par logement 07 (famille algérienne).
- Le coefficient de pointe 03.

En plus de ces données, des pertes inévitables d'eau sont dues aux robinets non ou mal fermé et principalement aux fuites des canalisations de distributions enterrées ou des canalisations intérieures des immeubles.

La plus grande partie de ces fuites sont évaluées par une mesure nocturne du débit, elles dépendent de l'état d'entretien du réseau de distribution. Dans un réseau bien entretenu, les pertes atteignent 15% de la consommation.

Le débit de consommation pour les logements sera donc :

$$q = \frac{200 \cdot 7 \cdot 1,15 \cdot 3}{86400} = 0,0559 \frac{l}{s} \quad (6.10)$$

1. Débit moyen journalier :

$$Q_{mj} = \frac{N \times D}{86400} \quad (l/hab/s) \quad (6.11)$$

D : dotation estimée en l/j/hab.

N : Nombre d'habitants.

2. Débit journalier maximal : il est donné par la formule suivante :

$$Q_{max} = Q_{mj} \times C_{ir} \quad (6.12)$$

avec :

Q_{moy} : débit moyenne journalière.

C_{ir} : coefficient d'irrégularité (coefficient de variation journalière = 1,2)

3. Débit de pointe : La plus grande consommation est enregistrée durant la journée, d'autre part, il faut tenir compte des pertes admissibles liées au rendement du réseau qui sont généralement estimées à 15 %.

L'expression qui donne le débit de pointe Q_p pour alimenter les points à usage d'habitation est

$$Q_p = c_p \times Q_{mj} \quad (6.13)$$

avec :

Q_{max} : consommation maximale.

C_p : coefficient horaire de pointe où $c_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{mj}}}$ (6.14)

b) Besoins pour l'extinction des incendies: On prévoit règlementairement que l'extinction d'un incendie moyen nécessite un débit de 60m³/h pendant une durée de 2h, c'est donc un volume de 120m³/h qui doit être matériellement constitué et réservé à l'extinction des incendies pour cela :

-les canalisations alimentant les appareils d'incendies devront pouvoir fournir un débit minimal de 17l/s avec une pression au sol d'au moins 1bar. [12]

-Les appareils hydrauliques utilisés par les pompiers sont, soit des bouches d'incendie, soit des poteaux d'incendie.

Ces appareils doivent être repartis suivant l'importance des risques à défendre, si le risque est faible, l'écartement pourra être porté à 400m (tel est le cas de notre projet).l'appareil normalisée est la bouche d'incendie de 100mm ou de 150mm.

c) **Besoins de la végétation-parkings-placette:** Pour le nettoyage des parkings, des placettes et l'entretien des espaces verts, on prévoit des bouches d'alimentation avec un débit de 0.4 l/s.

6.7. Réseaux de distribution

6.7.1. Définition

Un réseau de distribution d'eau potable est l'ensemble des canalisations, raccordées au réseau général, par l'intermédiaire d'une vanne, destinée à mettre l'eau à la disposition des usagers et d'en assurer la livraison. Quatre exigences sont recherchées:

- L'accessibilité technique et financière aux usagers.
- Une qualité de l'eau répondant aux normes de portabilité.
- La continuité du service.
- Une pression de service suffisante.

Ces canalisations devront être de diamètre suffisant, afin d'assurer le débit instantané demandé.

6.7.2. Composantes du réseau

1. **Les canalisations :** les canalisations ont pour but de transporter de l'eau du point de piquage (réservoir par exemple) jusqu'au point d'utilisation, il y a plusieurs types de canalisations :

- Tuyaux métalliques (fonte, acier, fer galvanisé).
- Tuyaux en béton ordinaire ou armé.
- Tuyaux en plastique (polychlorure de vinyle non plastifié, polythéline).
- Tuyaux en PHD (polythéline à haute densité).

Remarque : Pour notre projet on a opté pour des canalisations en PHD car il se trouve que ce dernier est disponible sur le marché en plus de ça il procède une faible rugosité.

2. **Bouche d'incendie :** utilisées les bouches d'incendies 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.

3. **Bouche d'arrosage :** besoin en eau pour les espaces verts, lavage des trottoirs ..., le débit d'alimentation est de 0.4 l/s.

4. **Les venteuses :** placée aux points hauts du réseau, permet l'évacuation de l'air entraîné à l'intérieur des conduites.

5. **Les vidanges :** existe au point le plus bas des réseaux, permet de vider la maille pour l'entretien ou la réparation, elle est reliée au réseau d'assainissement.

6. **Les robinets :** Robinet vanne : isolation des conduites.

Robinet de branchement : commande les branchements des immeubles.

7. **Les supresseurs :** utilisés pour l'augmentation des pressions.

8. **Dépresseur :** utilisé pour la réduction de la pression.

9. **Armoires d'incendie** : elles sont placées à l'intérieur du bloc pédagogique, administration, salle de sport et à l'auditorium.

6.7.3. Classification des réseaux de distribution

La classification se fait par rapport à la disposition des réseaux dans l'agglomération, le réseau de distribution se présente sous deux formes :

6.7.3.1. Réseau maillé

Les conduites dans un réseau maillé sont disposées, comme le nom l'indique, en mailles bouclées de manière qu'elles aient une communication entre elles Figure 6.1

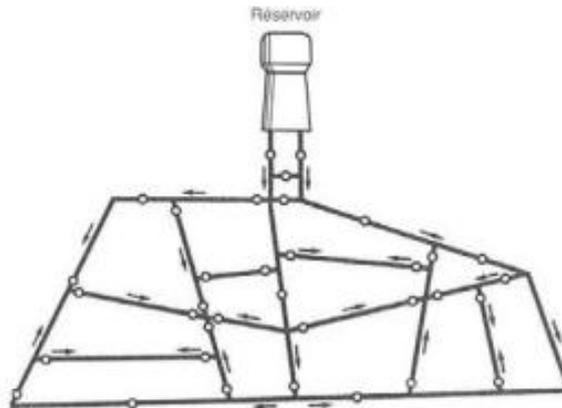


Figure 6.1 Réseaux maillé

Contrairement au réseau ramifié, le réseau maillé est plus souple et plus sécurisant en cas de rupture d'une conduite, parce qu'il permet une alimentation en retour pour les tronçons.

Le réseau maillé présente l'inconvénient d'être plus onéreux par rapport au ramifié, mais il est toujours le préféré entre les deux vu les avantages qu'il présente à savoir :

- Assurer une meilleure répartition des débits, des pressions et surtout une plus grande sécurité dans la distribution.
- Possibilité d'alimentation en retour en cas de défaillance d'un tronçon.
- Possibilité d'isoler un tronçon en cas de risque d'épidémie (pollution).
- Simple manœuvre des robinets.

6.7.3.2. Réseau ramifié

Le schéma (Figure 6.2) de ce type de réseau est conçu de telle façon que :

- Les conduites reliées en série auront une forme arborescente.
- Chaque branche se termine par une conduite en impasse (pour les conduites destinées à l'alimentation domestique).
- L'écoulement ne se fait que dans un seul sens possible.

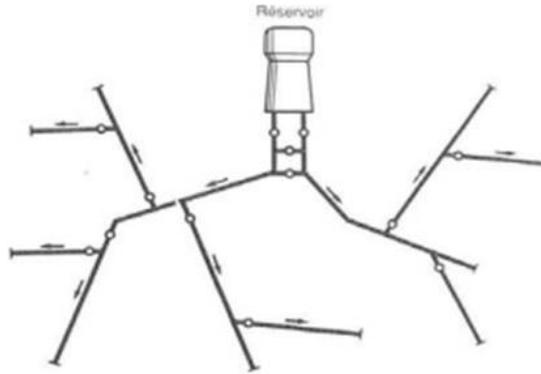


Figure 6.2 Réseaux ramifié

Ce schéma n'est utilisé que pour les zones dont l'agglomération est éparpillée, il présente l'avantage d'être économique, mais il manque de sécurité en cas de rupture (accident) sur la conduite principale qui prive tous les abonnés aval.

Remarque : On a opté pour le réseau maillé pour des raisons de sécurité et comme on est dans une zone urbaine, on tient à préciser que pour les ménages et les équipements sont alimentés par des ramifications qui s'avèrent adoptées.

6.8. Calcul et dimensionnement

6.8.1. Calcul d'un réseau ramifié

Pour le calcul d'un réseau ramifié, on doit se limiter à des tronçons de longueurs inférieures à 1km. Les éléments suivants doivent être connus :

- Tracé du réseau, emplacement des différents nœuds, leurs côtes et longueurs des tronçons.
- Les besoins de pointe

Le calcul d'un réseau ramifié se fait en partant de l'extrémité aval du réseau et en remontant de proche en proche jusqu'au réservoir (point de piquage).

Lorsque la canalisation est uniforme en route, le débit vaut : $Q_C = P + 0.55Q_r$ (6.15)

avec : P : débit aval et Q_r : débit en route

Sur les tronçons débouchant sur un poteau d'incendie, le débit de calcul est :

Si $Q_C \geq 17$ l/s on prend Q_C sinon on prend $Q_C = 17$ l/s .

6.8.2. Calcul d'un réseau maillé

6.8.2.1. Calcul des débits :

- a) **Débits en route** : la détermination des débits en route obéit à l'expression suivante :

$$Q_r = Q_p - Q_{con} \quad (6.16)$$

avec : Q_p : débit de pointe (l/s) et Q_{con} : débit concentré (l/s)

Remarque : Pour ce présent projet, le débit concentré est nul, car il n'existe pas d'important piquage pour une industrie ou une grande ferme.

b) Débit spécifique : le débit spécifique est le rapport du débit route sur la longueur totale des canalisations dans le réseau.

$$Q_{sp} = \frac{Q_r}{\sum l_i} \quad (6.17)$$

Q_{sp} = débit spécifique (l/s)

$\sum l_i$ = somme des longueurs (m)

c) Les débits aux nœuds : le calcul des débits aux nœuds s'effectuera après avoir calculé les débits en route pour chaque tronçon (Q_r) en suivant les étapes suivantes :

$$Q_{tr} = Q_{sp} \times l_i \quad (6.18)$$

$$Q_{nd} = 0.5 \times \sum Q_{tr} + Q_{con} \quad (6.19)$$

l_i = longueur de tronçon numéro (i), (m)

Q_{tr} = débit du tronçon numéro (i), (l/s)

$\sum Q_{ri}$ = somme des débits des tronçons convergents au même nœud (l/s)

Q_{nd} = débit au nœud (l/s)

6.8.2.2. La méthode de HARDY –CROSS

C'est une méthode itérative mise au point en 1936 par Hardy-Cross, servant à l'origine pour résoudre des problèmes de résistance de système réticulé hyperstatiques, elle fut étendue aux réseaux maillés en hydraulique, se prêtant bien au calcul manuel, elle continue d'être assez largement utilisée après l'avènement des ordinateurs.

Cette méthode est basée sur deux lois identiques à celle de Kirechoff en électricité :

1) Loi des nœuds (équilibre des débits): la somme des débits entrants dans un nœud quelconque est égale à la somme des débits sortants.

$$\sum Q_{entrant} = \sum Q_{sortant} \quad (6.20)$$

Ainsi, si on affecte du signe (+) les débits qui arrivent et de signe (-) les débits qui sortent, la somme algébrique des débits est nuls à chaque nœud

- 2) **Loi des mailles (équilibre des pertes de charge):** le long d'un parcours orienté et fermé, la somme algébrique des pertes de charge est nulle. On définit pour cela un sens de parcours positif arbitraire (qui n'a aucune relation avec le sens d'écoulement). l'orientation positive est donnée par le sens du déplacement des aiguilles d'une montre.

$$\sum J = 0 \quad (6.21)$$

avec J comme perte de charge.

Les pertes de charge sont évidemment, affectées du signe qui aura été choisi pour les débits, puisque les pertes de charge croissent dans le sens de l'écoulement.

6.8.2.3. Consistance de la méthode

La méthode de Hardy cross consiste tout d'abord à se fixer dans chaque maille une répartition supposée des débits ainsi qu'un sens supposé d'écoulement tout en respectant la première loi.

Un diamètre provisoire peut-être choisis pour les canalisations, ensuite on procède aux calculs des pertes de charge, des débits correctifs (ΔQ) de chaque maille avec la formule suivante :

$$\Delta Q = - \frac{\sum J}{2 \sum \frac{J}{Q_i}} \quad (6.22)$$

Les corrections à porter à la valeur estimée à deux paramètres différents, celle propre à la maille considéré avec le signe de ΔQ et celle propre à la maille adjacente en ce qui concerne les conduites communes de deux mailles avec le signe contraire de celui de ΔQ calculé pour la maille adjacente, il suffit de faire la somme algébrique de ces corrections pour avoir le débit corrigé (Q_1).

Les mêmes opérations peuvent se succéder jusqu'à l'obtention des valeurs de ΔQ se voisinant de zéro ($\Delta Q < 0,5$) et par conséquent les pertes de charge sur le contour fermé tend vers zéro ($\Delta J < 0,5$).

6.9. Conclusion

Le réseau de distribution en eau potable du site sera posé en tranchées sous le trottoir (Voir Annexe F), la profondeur minimale des canalisations sera de 0.80 m au-dessus de la génératrice supérieure.

Les pièces de raccords (Té, cône de réduction...) ainsi que les canalisations seront en PEHD

La pression de service au niveau du point de piquage doit être de 25.04 m, celle-ci permet de satisfaire largement en pression tout le périmètre d'étude (Voir Annexe D).

Chapitre 7 : Conception d'un logiciel de calcul hydraulique

7.1.	Introduction	88
7.2.	Programmation informatique	88
7.2.1.	Langage de programmation	88
7.2.2.	Définition du langage C++	88
7.2.3.	Présentation du compilateur	88
7.3.	Présentation du logiciel « MecaFluid »	89
7.4.	Structure du programme	90
7.4.1.	Les composantes visuelles	90
7.4.2.	Les composantes sources.....	90
7.4.3.	Exportation et importation de données	91
7.5.	Conclusion	91

7.1. Introduction

Un ordinateur est une machine bête, ne sachant qu'obéir, et à très peu de choses :

- addition, soustraction, multiplication en binaire, uniquement sur des entiers,
- sortir un résultat ou lire une valeur binaire (dans une mémoire par exemple),
- comparer des nombres.

Sa puissance vient du fait qu'il peut être programmé, c'est-à-dire que l'on peut lui donner, à l'avance, la séquence (la suite ordonnée) des ordres à effectuer l'un après l'autre. Ces ordres, codés en binaire, sont compilés dans un fichier nommé exécutable (*.exe sous Windows). Le grand avantage de l'ordinateur est sa rapidité. Par contre, c'est le programmeur qui doit tout faire.

7.2. Programmation informatique

7.2.1. Langage de programmation

Un langage de programmation est un ensemble de règles qui permettent d'écrire des programmes sous une forme de code source qui pourra être transformé en suite d'instructions-machine par un programme (compilateur, assembleur ou interprète).

La programmation consiste à créer des programmes, en parcourant le chemin qui va d'une idée souvent vague jusqu'à une suite d'instructions précises exécutées par une machine. L'obtention d'un processus métier, d'un algorithme, puis d'un code source sont trois jalons de ce chemin. Les langages de programmation ont été créés dans l'objectif de faciliter le travail du programmeur en raccourcissant le chemin qui va de l'idée au code source.

7.2.2. Définition du langage C++

Le C++ est un langage de programmation, très structuré, très typé, basé sur C, qui ajoute de nombreuses fonctionnalités plus modernes, permettant la programmation sous de multiples paradigmes. Actuellement il est le 3^{ème} langage le plus utilisé au monde.

Le langage C++ est une amélioration du langage C. Bjarne Stroustrup, un ingénieur considéré comme l'inventeur du C++, a en effet décidé d'ajouter au langage C les propriétés de l'approche orientée objet. Ce nouveau langage apparaît vers la fin des années 80 avec comme nom "C with classes". Celui-ci a ensuite été renommé en C++, clin d'œil au symbole d'incrément de ++ du langage C, afin de signaler qu'il s'agit d'un langage C amélioré. C++ est une incrémentation de C, donc une amélioration [16].

7.2.3. Présentation du compilateur

Borland C++Builder est un environnement de développement intégré (IDE). Il regroupe tout un ensemble d'outils permettant d'effectuer un maximum de tâches de développement au sein du même environnement de travail.

C++ Builder est de plus un environnement de développement visuel C++ RAD (Rapid Application Développement). Il permet de construire rapidement des applications en utilisant des composants et simplifie au maximum l'écriture du code et la réalisation de l'interface.

7.3. Présentation du logiciel « MecaFluid »

Le logiciel MecaFluid (Figure 7.1) a été programmé avec C++ sous Borland C++ Builder™ entreprise version 6.

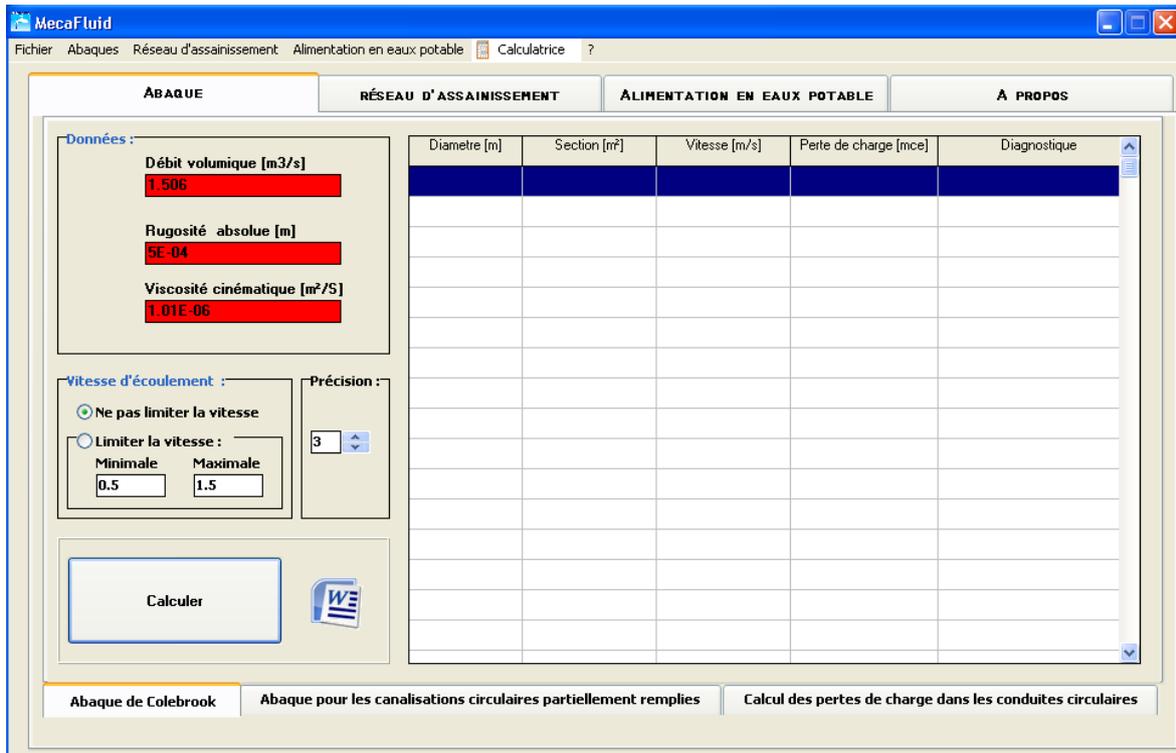


Figure 7.1 Fenêtre principale du logiciel

MecaFluid est un logiciel de calcul d'hydraulique à surface libre, en régime permanent et à géométrie paramétrée, à double objectif d'utilisation :

Pédagogique, pour assimiler les concepts de base de l'hydraulique, en manipulant aisément les calculs et en visualisant les résultats .

Professionnelle, pour dimensionner les réseaux d'AEP ,assainissement ou vérifier sommairement des ouvrages et des écoulements dans des rivières ou des canaux en effectuant des calculs simples et rapides.

Les avantages des logiciels sont :

- 1) Dimensionnement des réseaux d'AEP (ramifier & maille)
- 2) Calcul et dimensionnement des réseaux d'assainissement conformément aux règles techniques 1977
- 3) Calcul des pertes de charge avec plusieurs formules (Colebrook, swiming,...)
- 4) Déterminations des diamètres économiques et normalisés

- 5) Débit des canalisations avec Manning
- 6) Une calculatrice Manning
- 7) Calcul des pertes de charge dans les canalisations circulaires partiellement remplis

7.4. Structure du programme

Le logiciel MecaFluid contient des composantes dites visuelles (Form (Figure 7.2)), et les sources associées à eux.

7.4.1. Les composantes visuelles

Contenant des boutons d'exécution d'instructions de calcul, et des composantes d'affichages :

1. *Ecran de démarrage* (splash screen) qui est affiché pendant le chargement d'un logiciel avec une barre de progression (ProgressBar), le tout contrôler par un (Timer) pour simplifier l'appel des fonctions SetTimer et KillTimer de l'API Windows et le traitement des messages WM_TIMER
2. Fiche de navigation dans le programme général (MainMenu) sous forme d'un menu.
3. Une boîte de dialogue multipage (PageControl) qui est composé de trois modules principaux du programme sous forme d'onglets (TabSheet)
4. Des contrôles de grille (StringGrid) conçu pour simplifier la gestion de chaînes et d'objets associés et proposent des données textuelles dans un format tabulaire
5. Des contrôles bouton (Button et SpeedButton) pour effectuer des actions
6. Des boutons radio système (RadioButton) proposent à un ensemble d'options mutuellement exclusives, c'est-à-dire qu'un seul bouton radio d'un groupe peut être sélectionné à la fois à un moment donné.
7. Des boîtes de dialogue (SaveDialog et OpenFileDialog) permettant de sélectionner des noms de fichier et d'enregistrer des fichiers.
8. Des champs de saisie et d'affichage (ComboBox, Label, Edit, RichEdit, Image et StaticText)
9. Des contrôles flèches haut/bas Windows (UpDown) consistent en une paire de boutons fléchés, comme dans un incrémenter

7.4.2. Les composantes sources

Sont des unités sources (*.cpp, *.h), contenant le code du calcul. Ces unités sont :

- 1) **Unit1.h** : contient les différents boutons qui déclenchent l'exécution du programme.
- 2) **Unit1.cpp**: contient toutes les déclarations de variables utilisées dans le programme, de plus elle contient des fonctions d'affichage et d'autres de remplissage de données.

- 3) **Unit4.cpp**: contient toutes les déclarations de variables utilisées dans l'écran de démarrage (Splash).
- 4) **manifest.h**: contient toutes les déclarations de variables utilisées dans le programme, de plus elle contient des fonctions d'affichage et d'autres de remplissage de vecteurs de données.
- 5) **MecaFluid.exe.manifest**: Ce fichier comporte l'identité du logiciel dans les attributs de l'élément assemblyIdentity. L'élément est important pour donner le style XP.

7.4.3. Exportation et importation de données

Le logiciel permet d'exporter ainsi que d'importer des fichiers de données sous forme de fichier connu sous l'acronyme CSV (Comma-separated values).

L'extension *.CSV est un format informatique ouvert représentant des données tabulaires sous forme de valeurs séparées par un séparateur décimal, il peut être lu avec un tableur tel que Microsoft Excel, Excel Viewer ou OpenOffice Calc.

7.5. Conclusion

MecaFluid permet de faire de divers calculs en hydraulique (Figure 7.2) avec une précision de calcul qui peut aller jusqu'à quinze chiffres après la virgule pour le type double et de sept chiffres pour le type float. Il est écrit pour ordinateurs fonctionnant sous Windows (x32 / 64) toutes versions à partir de Windows 95 jusqu'au Windows 8 Développeur Preview et sous linux en utilisant l'émulateur Wine. Le logiciel n'est pas gourmand en mémoire (11 268 Ko) et fonctionne quelle que soit la configuration de votre poste. Néanmoins, comme pour tous les produits, il n'est pas conseillé de laisser ouvertes d'autres applications quand MecaFluid fonctionne.

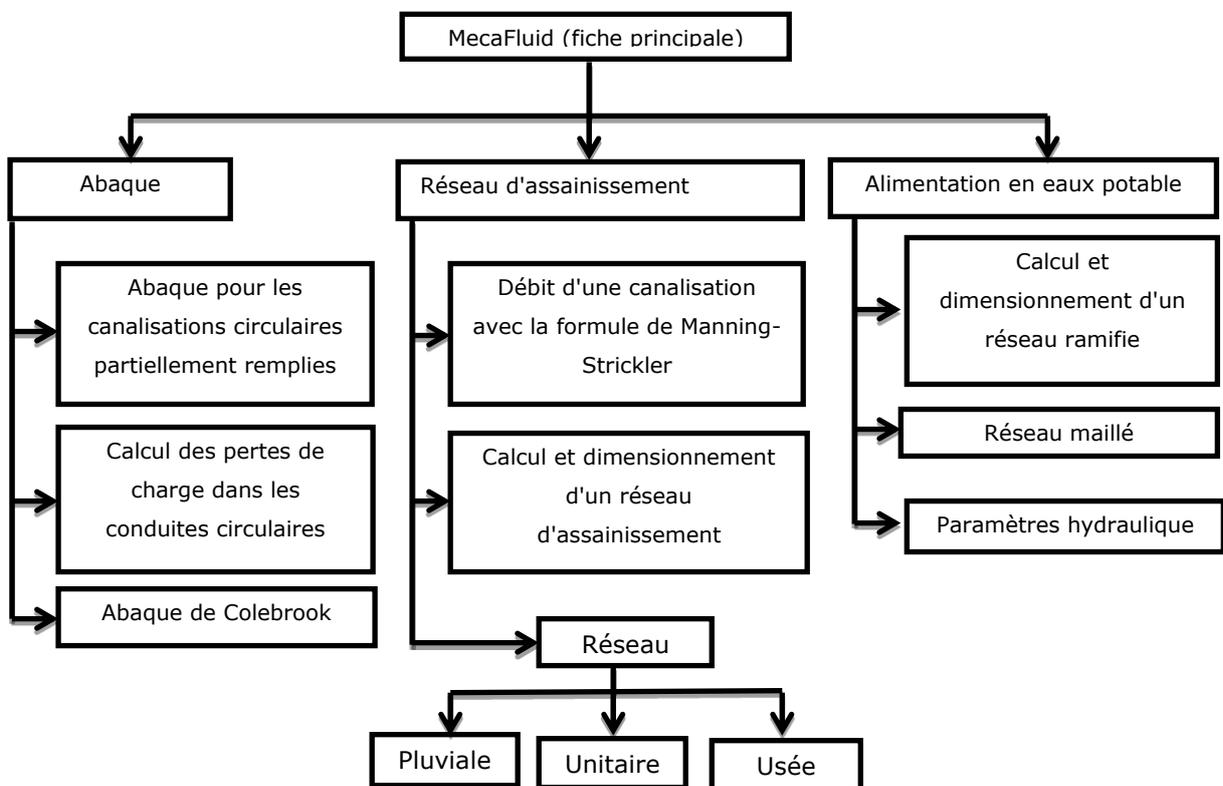


Tableau 7.2 Différent modules et sous modules du logiciel

Chapitre 8 : Eclairage public et électricité

8.1.	Introduction	93
8.2.	Généralités.....	93
8.3.	Définitions.....	93
8.3.1.	Flux lumineux.....	93
8.3.2.	Intensité lumineuse.....	93
8.3.3.	Eclairement	94
8.3.4.	Luminance.....	94
8.3.5.	Efficacité lumineuse (rendement lumineux).....	94
8.3.6.	Eclairement moyen	94
8.3.7.	Luminance moyenne.....	95
8.4.	Calcul d'éclairage public	95
8.4.1.	Disposition des luminaires	95
8.4.2.	Espacement entre luminaires	96
8.4.3.	Puissance de feu.....	96
8.4.4.	Choix de la lampe.....	97
8.4.5.	Les candélabres.....	97
8.4.6.	Facteur d'utilisation	97
8.4.7.	Détermination du facteur de vieillissement.....	98
8.5.	Distribution d'électricité (énergie)	99
8.5.1.	L'étude et la conception du réseau.....	99
8.5.2.	Bilan de puissance.....	99
8.5.3.	Poste de transformations.....	100
8.5.4.	Calcul de section	101
8.6.	Conclusion	103

8.1. Introduction

L'aménagement de 1032 Logements Douera est alimenté en énergie électrique en moyenne tension existante qui se situe à côté de la route nationale RN67.

Le réseau moyenne tension de distribution est de type aérien, les postes de transformations seront disposés suivant le plan d'aménagement des logements et équipements.

8.2. Généralités

L'éclairage public doit permettre aux piétons et aux automobilistes de circuler la nuit en toute sécurité et avec un maximum de confort, tout en faisant apparaître un aspect décoratif et créer une atmosphère agréable.

Il doit répondre à :

- Une bonne visibilité.
- Éviter de gêner les riverains par un éclairage trop intense et mal implanté.
- Respecter la conception, pour sauvegarder l'aspect esthétique des lieux.

8.3. Définitions

8.3.1. Flux lumineux

On appelle flux lumineux (Φ), la quantité d'énergie rayonnée par seconde dans toutes les directions sous forme de radiations lumineuses, son unité est le lumen(Lm), et son symbole est(Φ).

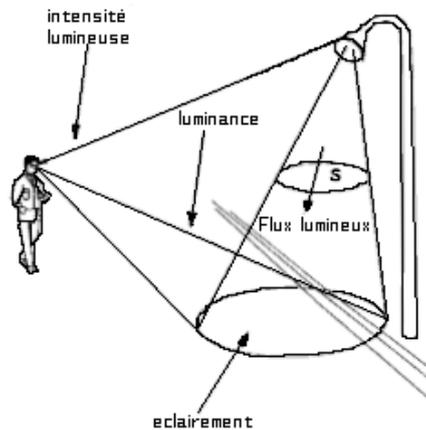


Figure 8.1 Paramètres de photométrie

8.3.2. Intensité lumineuse

On appelle intensité lumineuse intensité émise dans une direction donnée. C'est le rapport du flux émis par une source formant un cône infiniment petit entourant la direction et la valeur de l'angle solide du cône.

Son unité est la candela (cd), et son symbole est (I).
$$I_{lu} = \frac{\Phi}{\Omega} \quad (8.1)$$

avec :

I_{lu} : Intensité lumineuse en (cd).

\emptyset : Flux lumineux en (Lm).

Ω : Angle solide en stéradian (Str).

8.3.3.Eclairage

On appelle l'éclairage en un point d'une surface, le rapport du flux lumineux (\emptyset) arrivant sur une surface infiniment petite entourant ce point par l'aire (σ) de cette surface.

Son unité est (lux) et son symbole est (ϵ).

$$\epsilon = \frac{\emptyset}{\sigma} \quad (8.2)$$

Remarque : (1lux = 1 lm/m²)

8.3.4.Luminance

On appelle luminance (L_U) en un point d'une surface, le quotient de l'intensité lumineuse émise dans la direction donnée, par la surface de la projection orthogonale de cet élément qui est infiniment petit sur un plan perpendiculaire à cette direction.

Son unité est la candéla par m² ou le nit : (cd/m²) ou (nit). $L_U = \frac{I_U}{S} \quad (8.3)$

8.3.5.Efficacité lumineuse (rendement lumineux)

C'est le rapport du flux lumineux émis par une lampe par la puissance consommée (p).

Son unité est lumen par watt (lm/w), et son symbole est (E_{lu}).

$$E_{lu} = \frac{\emptyset}{p} \quad (8.4)$$

8.3.6.Eclairage moyen

Pour une implantation unilatérale, l'éclairage est donné par la formule suivante :

$$E_m = \frac{V \times \phi \times f(U)}{e \times L} \quad (8.5)$$

Pour une implantation bilatérale : $E_m = \frac{2 \times V \times \phi \times f(U)}{e \times L} \quad (8.6)$

avec :

E_m : Eclairage moyen (lux).

\emptyset : Flux émis (lumen).

F(U) : Facteur d'utilisation totale.

V : Facteur de vieillissement global.

e : Espacement entre candélabres.

L : Longueur de la chaussée.

8.3.7.Luminance moyenne

Dans notre projet, nous avons pris une luminance moyenne (L_{moy}) de 2cd/m^2 car nous sommes dans la classe C (routes urbaines non importantes avec présence de piétons), en somme c'est une voirie tertiaire. Le tableau suivant nous donne la luminance moyenne en fonction de la catégorie de la voirie :

Tableau 8.1 La luminance moyenne en fonction de la voirie

Classe	Type de voie	Abords	$L_{moy}(\text{cd/m}^2)$
A	Autoroute, route express		2
B	Grande route radiale	Claire	2
		Sombre	1 à 2
C	Route Urbain avec présence de piétons	Claire	2
		Sombre	1
D	Rue importante, rue commerciale	Claire	2
E	Voie de dessert	Claire	1
		Sombre	0.5

Remarque : on prend un $L_{moy}=2\text{cd/m}^2$.il s'agit d'une voie urbaine qui nécessite une luminance moyenne de 2cd/m^2 (d'après le Tableau 8.1).

8.4. Calcul d'éclairage public

8.4.1.Disposition des luminaires

Le type d'implantation varie en fonction du type de voies, on distingue 4 types d'implantation :

Implantation unilatérale

C'est le cas de la chaussée relativement étroite ou bornée d'arbres sur un côté, la hauteur h des luminaires doit être supérieur ou égal à l ($h \geq l$). (Figure 8.2 A)

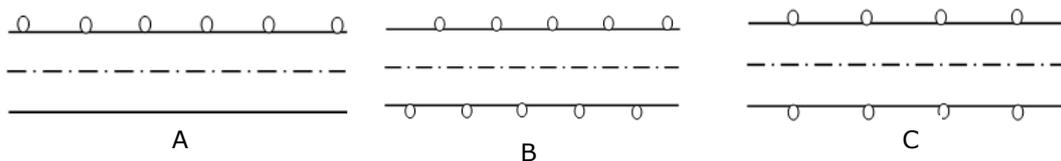


Figure 8.2 Disposition des luminaires

Implantation bilatérale en quinconce

Pour les chaussées à double sens de circulation l'uniformité transversale de la luminance nécessite des hauteurs de feu tel que : $h \geq 1,5 L$ (Figure 8.2 B)

Implantation bilatérale en opposition

Pour les chaussées très larges ou l’orsqu’on est tenu de respecté une certaine hauteur de feu, l’uniformité transversale des laminaires nécessite cependant : $h \geq 0,5 L$ (Figure 8.2 C)

Implantation axiale

Ce type d’implantation est utilisé pour les chaussées doubles à terre-plein central (genre autoroute) $h > l$, il permet d’utiliser un seul fût pour les deux chaussés, ce qui simplifier les réseaux d’alimentation électrique.

Remarque : l’implantation qui convient à notre cas est l’implantation unilatérale, car la largeur de la chaussée est de 8m.

Pour une implantation unilatérale on a $h \geq l$, $\rightarrow h \geq 6 \text{ m} \rightarrow$ on choisit $h=8\text{m}$.

8.4.2.Espacement entre luminaires

C’est le respect de l’uniformité longitudinale de luminance qui préside le choix de l’espacement entre deux appareils consécutifs selon la hauteur du feu et les indications d’émissions du luminaire. Les surfaces du sol ont permis de classer les appareils en 3 grandes familles : type défilé, semi-défilé et non défilé. Le Tableau 8.2 indique selon le type de voie, le rapport maximal $\frac{e}{h}$

Tableau 8.2 Le rapport maximal E/H selon le type de voie

e/h	Défilé	Semi-Défilé
Unilatérale, en opposition, axiale	3	3,5
En quinconce	2,7	3,2

Les semi-défilés sont généralement choisis, ils sont moyennement éblouissants.

Remarque : l’implantation des candélabres étant unilatérale et le type d’éclairage défilé donc : $E/H=3,5$ ce qui implique que $e=8 \times 3=28\text{cm}$.

Le nombre d’intervalle dans un tronçon se calcul comme suit : $N_{intervalle} = \frac{\text{long du tronçon}}{\text{espacement}}$

8.4.3.Puissance de feu

Le facteur de luminance dépend du type du luminaire et du revêtement de la chaussée.

Tableau 8.3 Facteur de luminance

	Béton		Enrobé			Pavés
	propre	sale	claire	Moyen	sombre	
Défilé	11	14	14	19	25	18
Semi-défilé	8	10	10	14	18	13

Dans notre cas, nous avons le type de luminaire semi-défilé et un enrobé moyen d'où l'on tire le facteur de luminance est égale à 14 (voir Tableau 8.3).

8.4.4. Choix de la lampe

Pour le choix de la lampe, on doit prendre en compte :

- L'économie : Coût, longue durée de vie, efficacité lumineuse.
- La fiabilité : un bon éclairage des voies.
- L'esthétique : pour l'ambiance des espaces verts tels que les jardins et les grands boulevards.

La lampe choisie dans notre projet est à balle fluorescente (250 w) parce qu'elle obéit aux conditions précédentes. Ce type de lampe est utilisé avec des luminaires à vasque semi-défilés.

8.4.5. Les candélabres

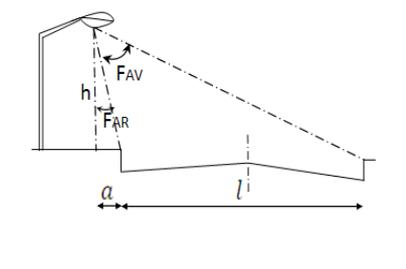
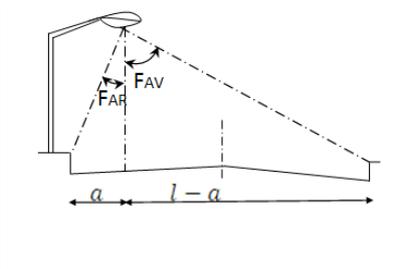
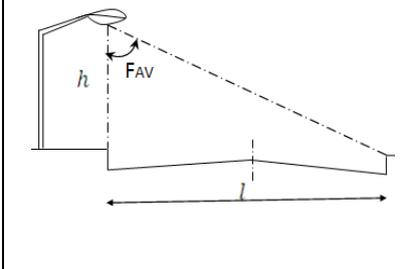
Ils sont constitués d'un fut de hauteur variable sur lequel sera monté une crosse portant une lampe à décharge sous vasque étanche. Les candélabres seront scellés au sol sur massif en béton de 0.50x0.50x0.80m par l'intermédiaire de tiges d'ancrage de 20mm de diamètre.

Les raccordements électriques se feront sur une plaque à bornes à 0.80m du sol avec protection par fusibles, la remontée de câble se fera par U1000 RO2V 2x2.5mm²+Terre.

8.4.6. Facteur d'utilisation

C'est le pourcentage du flux émis par la lampe tombant sur la partie utile de la chaussée. Ce facteur dépend de l'ouverture des angles du feu qui interceptent la chaussée [8].

Ils existent deux facteurs d'utilisations selon trois cas :

1 ^{er} cas : a < 0	2 ^{eme} cas : a > 0	3 ^{eme} cas : a = 0
		
$FU = FU_{AV} - FU_{AR}$	$FU = FU_{AV} + FU_{AR}$	$FU = FU_{AV}$

Avec :

$$\begin{cases} FU_{av} = \frac{l-a}{h} : \text{Coté chaussée (facteur d'utilisation avant).} \\ FU_{ar} = \frac{a}{h} : \text{Coté trottoir (facteur d'utilisation arrière)} \end{cases} \quad (8.7)$$

Remarque: les constructeurs donnent le plus souvent ces facteurs sur le graphique (Figure 8.3)

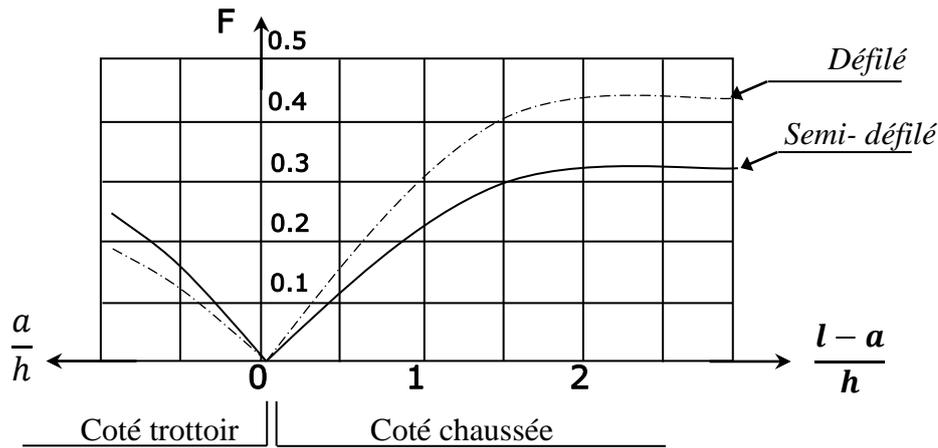


Figure 8.3 Facteur d'utilisation par rapport au type des luminaires

Remarque : dans notre projet les appareils sont placés à 0.50cm de la chaussée donc $a=0$ (3^{ème} cas).

$A=0 \rightarrow FU=F_{AV} \rightarrow FU=l/h=6/8=0.75$ d'après le graphe donné pas les constructeurs on a pour $(l-a)/H=0.75$ $FU=0.18$.

8.4.7. Détermination du facteur de vieillissement

Il est dû au vieillissement des lampes et à l'encastrement des luminaires, il est calculé pour une durée de vie d'une année.

$$v = V_1 \times V_2 \quad (8.8)$$

On détermine V_1 en fonction de la nature de la lampe et sa durée d'allumage.

Tableau 8.4 V_1 en fonction de la durée d'allumage

Durée (heurs)	Sodium H.P	Tube Fluorescent	Balon Fluorescent	Sodium B.P
3000	$V1=0.95$	0.90	0.85	0.85
6000	$V2=0.90$	0.85	0.80	0.80
9000	$V3=0.85$	0.80	0.75	-

On détermine V_2 , en fonction de la nature de l'atmosphère de la zone à éclairer et ceà savoir si la lampe est avec vasque ou sans.

Tableau 8.5 V_2 en fonction de la nature de l'atmosphère et d'éclairage

Luminaire	Sans vasque	Avec vasque
Atmosphère polluée	$V2= 0.65$	$V2=0.7$
Atmosphère non polluée	$V2= 0.90$	$V2=0.95$

Il est à noter que la lampe à vasque retrouve sa qualité initiale après le nettoyage.

Exemple : les données sur service de l'appareil avec son flue initial est de 6000H et les appareils choisie étant S.H.P (sodium haute pression) d'où : $V_2=0.90$ (d'après le Tableau 8.4)

L'atmosphère est non polluée et les appareils sont avec vasque d'où $V_2=0.95$ (Tableau 8.5) d'où $V=V_1 \times V_2 = 0.90 \times 0.95 = 0.855$

Le flux Φ se calcul comme suit :

$$\Phi = \frac{e \times L \times L_{moy} \times H}{FU \times v} \quad (8.9)$$

$$\Phi = (28 \times 6 \times 2 \times 24) / (0.18 \times 0.855) = 30565,30 \text{ Lm}$$

8.5. Distribution d'électricité (énergie)

8.5.1. L'étude et la conception du réseau

L'étude et la conception d'un réseau de distribution d'électricité consiste à :

- Garantir à l'utilisateur une exploitation conforme aux besoins.
- Respecter les normes et les règles en vigueurs ainsi que la sécurité, en prenant en considération les options de base les plus judicieuse.

Pour le calcul d'une installation électrique il faut :

- Déterminer la puissance du transformateur.
- Choisir le régime du neutre.
- Elaborer la distribution.
- Choisie d'éventuelle sources de sécurité.
- Etablir un diagramme de distribution à partir du qu'elle on déduit l'emplacement du poste et des tableaux de distribution ainsi que le cheminement des câbles.

8.5.2. Bilan de puissance

Le but du bilan de puissance c'est de permettre de dimensionner les transformateurs, la section du câble ainsi que les appareils de protection. [8]

Les puissances contractuelles données par la Sonelgaz sont :

F2 et F3 →	3,5 Kw/Log	Cage d'escalier →	1kw/cage
F4 et F5 →	4 Kw/Log	Equipements →	20w/m ²
>F5 →	6 Kw/Log	Commerces →	16 w/m ²

Puissance par logement

$$P_{log} = N \times K \times K_s \quad (8.10)$$

$$P_{log} = 6 \times 0,5 \times 1032 = 3096 \text{ KVA (kilo-volt-ampères)}$$

avec :

N : nombre de logement 1032

K: 6 KVA

K_S : Coefficient de simultanéité K_S=0.5 au-delà de 50 logements

Puissance par équipements

$$P_{equ} = S_L \times P \times C \quad (8.11)$$

Avec : S_L : superficie loué (m²) P : Puissance par/m² c : coefficient correctif

Tableau 8.6 Puissances totale des équipements

Equipements	Nombre	Superficie (m ²)	Puissance KVA/m ²	Coefficient	Puissance P2-KVA-
Crèche	02	927,13	0,03	0,5	13,91
CEM	02	2587,11	0,03	0,5	38,81
Centre Sante	01	1330,74	0,03	0,5	19,96
Marche	01	214,66	0,03	0,5	3,22
Ecole	02	3766,08	0,03	0,5	56,49
Administration	01	927,13	0,03	0,5	13,91
Commerces	04	2386,96	0,06	0,5	71,61
Puissance totale des équipements					217,90

La puissance totale est donnée comme suite :

$$P_{totale} = (P_{log} + P_{equ}) \times 1.2 \quad (8.12)$$

$$P_{totale} = (217,90 + 3096) \times 1.2 = 3976,68 \text{ kVA}$$

8.5.3. Poste de transformations

Les postes de transformations sont des éléments indispensables dans la distribution du courant électrique. Implantés au centre de la zone à raccorder, ils sont accessibles en permanence depuis une voie de desserte et conçus de manière à s'intégrer dans l'environnement.

La puissance des transformateurs courants placés au sol est : 100, 160, 250, 400, 630 et 1000 kVA. [18]

Pour notre réseau électrique on a adopté un transformateur de puissance assignée de 630 kVA avec une perte de charge de 5 600 w (800 w à vide).

Le nombre de poste de transformation (N_{POSTES}) à prévoir dans l'aménagement d'une nouvelle zone urbanisée peut être abordé sous deux approches différentes :

- Prévoir un seul poste de transformation de forte puissance qui nécessite la pose de câbles de forte section

- Installer plusieurs postes de transformation de plus faible puissance, judicieusement repartis dans la zone à équiper.

Cette seconde solution est généralement la mieux adaptée (cas du notre réseau), la première posant des problèmes au niveau de l'équilibrage des différentes antennes de distribution.

$$N_{\text{poste}} = \frac{P_{\text{totale}}}{P_{\text{transformateur}}} \quad (8.13)$$

Nombre de postes = $3976,68/630=6,31$ donc le nombre de poste à installer est de 7 postes.

Le poste transformation étant un organe essentiel de l'exploitation des réseaux, son emplacement doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Le concessionnaire (Sonelgaz) doit pouvoir accéder au poste à toute heure.
- Les voies d'accès doivent être directes et permettre l'amenée à pied d'œuvre de matériel par camion de 3 T de charge utile.
- Les abords de la porte d'accès doivent toujours être laissés libres.
- Le poste doit être à l'abri des inondations et infiltrations.
- Le poste doit pouvoir être ventilé naturellement.

8.5.4. Calcul de section

Les calculs prennent en compte les règles conventionnelles de chute de tensions ($\Delta U\%$) destinées à garantir le respect des valeurs contractuelles de tension en chaque point de livraison. [19]

En général pour déterminer la section du conducteur on doit connaître :

- L'intensité en régime normal.
- Le facteur de puissance ($\cos \varnothing$).
- La tension entre phase.
- La longueur de la liaison.
- La nature du réseau monophasé ou triphasé.

On peut donc déterminer la section du conducteur avec les différentes méthodes suivantes :

1^{er} méthode : cette méthode nous permet de déterminer la section (S) en fonction de l'intensité I connaissant la tension du réseau U et la puissance à transporté P.

L'intensité à transporter se calcul à l'aide de des formules suivantes :

$$\text{En monophasé : } I = \frac{P}{U \times \cos \varnothing} \quad (8.14)$$

$$\text{En triphasé : } I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varnothing} \quad (8.15)$$

Connaissant I, on détermine (S) en fonction des tableaux de caractéristiques du câble choisis puis par calcul, on vérifie si la chute de tension ΔU ne dépasse pas la valeur admissible (11,40)

2^{ème} méthode : cette méthode s'appelle « méthode des Zmax », elle consiste à déterminer (S) en fonction de l'intendance Z connaissant :

- L'intensité à transporter en ampère
- La longueur de la liaison en km
- La chute de tension admissible sur la liaison en volt, on a :
 - 3% pour la conduite d'éclairage
 - 5% pour la conduite de la force motrice
 - 10% pour le démarrage du moteur

L'impédance Z se calcule à l'aide des formules suivantes :

$$\text{En monophasé : } Z = \frac{\Delta U_{admissible}}{2 \times I \times L} \quad (\Omega/km) \quad (8.16)$$

$$\text{En triphasé : } Z = \frac{\Delta U_{admissible}}{\sqrt{3} \times I \times L} \quad (\Omega/km) \quad (8.17)$$

On cherchera les sections correspondantes dans le tableau S = f (Z) (Tableau 8.7)

Tableau 8.7 section des câbles en fonction des Zmax

Câble à ams en cuivre			Section mm ²	Câble à ams aluminium		
Impédance Zmax (Ω/km)				Impédance Zmax (Ω/km)		
cos φ=0.3	cos φ=0.5	cos φ=0.8		cos φ=0.3	cos φ=0.5	cos φ=0.8
4.40	7.20	11.50	1.50	-	-	-
2.70	4.40	6.90	2.50	-	-	-
1.70	2.80	4.40	04	-	-	-
1.17	1.90	2.90	06	-	-	-
0.72	1.14	1.70	10	1.12	1.88	2.91
0.48	0.75	1.13	16	0.75	1.20	1.86
0.33	0.50	0.73	25	0.50	0.79	1.18
0.27	0.39	0.54	35	0.39	0.59	0.86
0.22	0.30	0.40	50	0.31	0.45	0.65
0.18	0.235	0.30	70	0.24	0.34	0.46
0.15	0.19	0.23	95	0.19	0.26	0.35
0.14	0.185	0.19	120	0.17	0.22	0.28
0.124	0.15	0.17	150	0.15	0.19	0.24
0.114	0.13	0.14	185	0.14	0.17	0.20
0.103	0.115	0.12	240	0.12	0.14	0.17
0.097	0.105	0.11	300	0.11	0.13	0.14
0.092	0.097	0.096	400	0.102	0.115	0.12
0.092	0.093	0.088	500	0.098	0.105	0.11

On prend des câbles de cuivre avec un cos φ =0.8

Intensité Nominale I est donnée par :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos\phi} \quad (8.18)$$

Avec P : Puissance P (watt)

Vérification de l'échauffement est donnée par la formule (8.19)

$$\Delta U = \frac{\varepsilon \times L \times I \times \sqrt{3} \times \cos\phi}{S} \quad (8.19)$$

avec :

ε : 0.018 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$

L : Longueur (m)

I : Intensité (A)

S : Section (mm^2)

Remarque: la section minimale de notre projet est de 10mm^2 (voir Annexe E).

3^{eme} méthode : cette méthode consiste à calculer la section en fonction de la chute de tension ΔU ($S=f(\Delta U)$).

En monophasé :
$$S = \frac{2 \times I \times P \times L \times \cos\phi}{\Delta U} \text{ avec } p \text{ en } \Omega\text{mm}^2/\text{m} \quad (8.20)$$

En triphasé :
$$S = \frac{\sqrt{3} \times I \times P \times L \times \cos\phi}{\Delta U} \quad (8.21)$$

Ensuite on vérifie si les conditions d'échauffements sont vérifiées.

Remarque : si le courant est supérieur à 50 A, on vérifie l'échauffement par le Tableau 8.8.

Tableau 8.8 Densité des câbles par rapport à la section

Section en mm^2	Densité de courant (A/mm^2)
≤ 5	5
5 à 15	4
15 à 50	3
50 à 100	2
100 à 200	1,5
≥ 200	1

8.6. Conclusion

L'éclairage extérieur sera réalisé conformément aux spécifications et règlements en vigueur en Algérie, particulièrement aux recommandations des services de distribution de la Sonelgaz.

La distribution s'effectuera à partir d'un tableau installé dans une niche pour éclairage extérieur incorporée au poste de transformation ou dans une niche basse tension type Sonelgaz, installée judicieusement (voir Annexe F). La commande se fera par cellule photoélectrique ou par horloge.

L'alimentation se fera par câble U1000VGVFV ou similaire distances entre une ligne électrique souterraine et les autres canalisations doivent répondre aux normes en vigueur.

Tout câble ou ensemble de câbles doit être signalé par un dispositif avertisseur (grillage de couleur rouge et placé à 20 cm au moins au-dessus des câbles).

La tranchée aura une largeur de 0,50 m et une profondeur de 0,70 m sous trottoir, aussi 1 m aux traversées de chaussée avec une protection par buse en ciment vibré 150.

Le câble sera posé dans un lit de sable puis recouvert d'un remblai en terre soigneusement compactée. La mise à la terre se fera par un conducteur en cuivre nu 1 x 28 mm², posé au fond de fouille de la tranchée et raccorder aux différents candélabres.

Les candélabres seront protégés contre la corrosion, à l'intérieur par une couche antirouille effectuée par le constructeur et à l'extérieur par une couche primaire antirouille et une ou deux couches secondaires.

Conclusion générale

L'élaboration d'un projet VRD n'est pas une chose aisée, comme s'apparu dès la première vue, il se fait en plusieurs étapes et demande beaucoup de temps, d'expérience auxquels l'étudiant en travaux publics est confronté.

C'est pour une documentation plus ample qu'il doit s'orienter tout en faisant appel à des connaissances théoriques.

La réussite d'un projet de VRD ne réside pas uniquement dans la maîtrise de l'outil informatique, mais en grande partie dans les connaissances de base du métier, et en particulier la voirie.

Au terme de ces chapitres, nous espérons avoir parcouru l'essentiel de ce thème en tant que Techniciens Supérieurs en Voiries et Réseaux Divers (TS en VRD).

Nous tenons à signaler que dans cette étude nous avons respecté les normes routières ainsi que celle de la conception des réseaux divers qu'on ne peut pas négliger en évitant les contraintes rencontrées sur le terrain et on a pris en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement.

Finalement, grâce à ce projet, on s'immerge dans le milieu professionnel par acquisition de plusieurs connaissances dans notre domaine avec beaucoup de confiance.

Cet apprentissage et cette confiance ne sont que le fruit des connaissances théoriques et pratiques acquises durant notre cursus à l'INSFPO.

Annexe A: Tracé en plan

Axe	N°	Chaînage	Longueur	Dist. H	PR	Z
V0	1	DROITE Pente = 6.12	9.48	9,46	0	90,95
					9,46	91,53
V1	1	DROITE Pente = 3.81	142.20	142,09	0	89,66
	2	PARABOLE R = 2000.00 Sommet :PR = 65.84 Z = 93.62	71.49	71,38	142,09	95,08
	3	DROITE Pente = 12.50	0.00	0	213,47	99,07
	4	DROITE Pente = 7.38	112.56	112,26	213,47 325,73	99,07 107,36
V2	1	DROITE Pente = 1.92	101.20	101,18	0	88,23
					101,18	90,17
V3	1	DROITE Pente = 3.80	66.89	66,84	0	90,21
					66,84	92,75
V4	1	DROITE Pente = -9.70	66.32	66,01	0	100,33
					66,01	93,92
V5	1	DROITE Pente = 10.00	25.78	25,65	0	100,27
	2	PARABOLE R = -800.00 Sommet :PR = 105.65 Z = 106.84	32.50	32,39	25,65	102,84
	3	DROITE Pente = 5.95	20.39	20,35	58,04 78,39	105,42 106,63
V6	1	DROITE Pente = 9.82	41.47	41,27	0	90,13
	2	PARABOLE R = -300.00 Sommet :PR = 70.73 Z = 95.63	13.17	13,13	41,27	94,19
	3	DROITE Pente = 5.44	13.69	13,67	54,4 68,07	95,19 95,93
V7	1	DROITE Pente = -9.29	30.19	30,06	0	102,09
	2	PARABOLE R = 300.00 Sommet :PR = 57.92 Z = 98.00	15.05	15,01	30,06	99,3
	3	DROITE Pente = -4.28	22.90	22,88	45,07 67,95	98,28 97,3
V8	1	DROITE Pente = 2.02	21.04	21,03	0	102,11
	2	PARABOLE R = 1000.00 Sommet :PR = 0.87 Z = 102.33	50.41	50,36	21,03	102,53
	3	DROITE Pente = 7.05	7.02	7	71,39 78,39	104,81 105,31
V9	1	DROITE Pente = 4.22	152.45	152,31	0	91,85
	2	PARABOLE R = -3000.00 Sommet : PR = 278.87 Z = 100.95	27.55	27,54	152,31	98,28
	3	DROITE Pente = 3.30	49.08	49,05		179,85 99,31

					228,89	100,93
V10	1	DROITE Pente = 1.77	30.84	30,84	0	99
	2	PARABOLE R = 300.00 Sommet :PR = 25.52 Z = 99.50	19.47	19,44	30,84	99,54
	3	DROITE Pente = 8.25	27.85	27,76	50,28	100,52
	4	PARABOLE R = -500.00 Sommet :PR = 119.30 Z = 104.51	34.97	34,93	78,04	102,81
	5	DROITE Pente = 1.27	53.89	53,89	112,97	104,47
	6	PARABOLE R = -2000.00	42.36	42,36	166,86	105,16
	7	DROITE Pente = -0.85	36.27	36,27	209,21	105,24
				245,48	104,94	
G1	1	DROITE Pente = 3.00	3.85	3,85	0	91,53
	2	PARABOLE R = -500.00 Sommet :PR = 18.85 Z = 91.87	30.00	30	3,85	91,64
	3	DROITE Pente = -3.00	3.84	3,84	33,85	91,64
				37,69	91,53	
I1	1	DROITE Pente = -4.37	35.14	35,11	0	94,5
				35,11	92,97	
I2	1	DROITE Pente = -1.26	28.21	28,21	0	99,93
				28,21	99,57	
H1	1	DROITE Pente = -2.48	84.68	84,66	0	91,86
	2	PARABOLE R = 1000.00 Sommet :PR = 109.47 Z = 89.45	77.89	77,86	84,66	89,76
	3	DROITE Pente = 5.30	21.25	21,22	162,52	90,85
	4	PARABOLE R = 500.00 Sommet :PR = 157.22 Z = 91.28	3.77	3,76	183,74	91,98
	5	DROITE Pente = 6.06	47.12	47,04	187,5	92,19
				234,54	95,04	
H2	1	DROITE Pente = -4.58	43.55	43,51	0	95
	2	PARABOLE R = 1000.00 Sommet :PR = 89.32 Z = 91.96	107.91	107,86	43,51	93,01
	3	DROITE Pente = 6.20	82.65	82,49	151,37	93,88
				233,86	99	
H3	1	DROITE Pente = 0.50	67.97	67,97	0	95,1
				67,97	95,44	
H4	1	DROITE Pente = 6.55	71.71	71,56	0	93,53
				71,56	98,21	
H5	1	DROITE Pente = 7.77	31.19	31,09	0	98,2
	2	PARABOLE R = -500.00 Sommet :PR = 69.93 Z = 102.12	50.17	50,13	31,09	100,62
	3	DROITE Pente = -2.26	76.33	76,31	81,22	102
				157,53	100,27	
H6	1	DROITE Pente = 2.04	57.88	57,86	0	100,4

	2	PARABOLE R = 300.00 Sommet : PR = 51.75 Z = 101.52	23.93	23,89	57,86	101,58
	3	DROITE Pente = 10.00	20.84	20,74	81,75	103,02
	4	PARABOLE R = -50.00 Sommet : PR = 107.48 Z = 105.34	3.76	3,75	102,48	105,09
	5	DROITE Pente = 2.39	0.12	0,12	106,23	105,33
					106,36	105,33
H7	1	DROITE Pente = 6.07	88.86	88,69	0	99
	2	PARABOLE R = -1300.00 Sommet : PR = 167.56 Z = 106.77	89.75	89,71	88,69	104,38
	3	DROITE Pente = -0.83	0.21	0,21	178,4	106,72
	4	DROITE Pente = -0.83	49.82	49,82	178,61	106,72
	5	PARABOLE R = -2000.00 Sommet : PR = 211.75 Z = 106.38	1.44	1,44	228,43	106,31
	6	DROITE Pente = -0.91	59.95	59,95	229,87	106,29
					289,82	105,75

AnnexeB : Cubatures des terrassements

Axe	N° Profil	Pr	L.A.	Section déblais	Section remblais	Volume déblais	Volume remblais
V1	1	0,00	10,00	3,04	0,01	30,413	0,057
	2	20,00	20,00	9,70	0,00	193,951	0,000
	3	40,00	20,00	12,24	0,00	244,701	0,000
	4	60,00	20,00	11,10	0,00	221,924	0,000
	5	80,00	20,00	10,60	0,00	211,905	0,000
	6	100,00	23,50	10,50	0,00	246,770	0,000
	7	127,01	20,59	4,08	0,00	84,053	0,021
	8	141,19	16,50	3,55	0,00	58,635	0,023
	9	160,00	19,41	2,78	0,50	53,862	9,663
	10	180,00	20,00	2,07	0,64	41,364	12,735
	11	200,00	20,00	0,43	1,39	8,509	27,719
	12	220,00	20,00	0,04	3,10	0,767	62,036
	13	240,00	20,00	0,24	1,76	4,841	35,139
	14	260,00	20,00	2,80	0,23	56,002	4,609
	15	280,00	19,11	7,34	0,00	140,238	0,000
	16	298,23	22,86	8,45	0,00	193,276	0,000
	17	325,73	13,75	20,80	0,00	285,981	0,000
TOTALISATION			325,73			2077,191	152,004
V2	1	0,00	13,30	7,78	0,00	103,489	0,000
	2	26,60	20,00	3,15	2,50	63,078	49,993
	3	40,00	16,70	2,44	4,00	40,786	66,716
	4	60,00	20,00	2,67	3,08	53,410	61,580
	5	80,00	20,59	3,06	2,48	63,097	51,145
TOTALISATION			90,59			323,860	229,434
v3	1	20,00	20,00	4,79	1,82	95,886	36,442
	2	40,00	23,42	4,26	1,84	99,759	43,122
	3	66,84	13,42	6,58	1,12	88,266	15,001
TOTALISATION			56,84			283,911	94,565
V4	1	20,00	20,00	1,45	0,94	28,907	18,810
	2	40,00	23,00	0,00	4,19	0,000	96,336
	3	66,01	13,00	6,76	0,70	87,856	9,111
TOTALISATION			56,01			116,763	124,257
V5	1	0,00	10,00	1,64	0,00	16,356	0,000
	2	20,00	17,33	15,45	0,00	267,739	0,000
	3	34,67	20,00	27,76	0,00	555,177	0,000
	4	60,00	21,86	29,75	0,00	650,363	0,000
TOTALISATION			69,20			1489,636	0,000

V6	1	0,00	10,00	9,65	0,00	96,482	0,000
	2	20,00	20,71	15,29	0,01	316,624	0,107
	3	41,42	24,04	3,55	0,99	85,397	23,761
	4	68,07	13,33	6,31	0,83	84,123	11,000
	TOTALISATION			68,07			582,626
V7	1	20,00	18,78	12,86	0,00	241,475	0,000
	2	37,56	23,98	15,37	0,00	368,395	0,000
	3	67,95	15,19	4,24	1,06	64,402	16,045
	TOTALISATION			57,95			674,271
V8	1	20,00	17,46	13,11	0,00	228,966	0,000
	2	34,92	20,00	25,62	0,00	512,437	0,000
	3	60,00	21,74	23,17	0,00	503,714	0,000
	TOTALISATION			59,20			1245,117
V9	1	0,00	10,00	7,07	0,00	70,695	0,000
	2	20,00	14,67	13,76	0,00	201,755	0,000
	3	29,33	10,00	15,28	0,00	152,757	0,000
	4	40,00	15,33	18,24	0,00	279,735	0,000
	5	60,00	17,31	20,40	0,00	353,016	0,000
	6	74,62	8,50	9,31	0,00	79,121	0,000
	7	77,01	17,39	9,25	0,00	160,820	0,000
	8	109,40	21,50	12,86	0,00	276,394	0,107
	9	120,00	15,30	12,40	0,04	189,695	0,580
	10	140,00	15,25	11,20	0,18	170,830	2,726
	11	150,51	10,00	6,71	0,00	67,143	0,000
	12	160,00	14,75	17,11	0,01	252,349	0,115
	13	180,00	18,20	27,72	0,00	504,449	0,000
	14	196,40	20,00	30,96	0,00	619,267	0,000
	15	220,00	16,25	23,12	0,00	375,629	0,000
TOTALISATION			224,45			3753,654	3,527
V10	1	0,03	10,01	1,10	0,00	11,025	0,000
	2	20,03	16,05	4,08	0,00	65,513	0,000
	3	32,13	13,20	5,78	0,00	76,327	0,000
	4	46,43	13,95	12,27	0,00	171,161	0,000
	5	60,03	16,96	7,70	0,00	130,553	0,000
	6	80,34	21,64	9,64	0,00	208,532	0,000
	7	103,31	19,84	10,78	0,00	213,967	0,000
	8	120,03	18,59	5,59	0,00	103,877	0,000
	9	140,49	20,00	0,12	1,07	2,488	21,309
	10	160,03	19,15	12,50	0,00	239,517	0,000
	11	178,80	20,00	31,66	0,00	633,199	0,000
	12	200,03	20,61	33,65	0,00	693,711	0,000
	13	220,03	16,49	24,19	0,00	398,906	0,000

	14	233,01	12,73	17,37	0,00	221,120	0,000
	TOTALISATION		239,23			3169,897	21,309
I1	1	20,00	17,55	5,07	0,00	89,023	0,000
	TOTALISATION		17,55			89,023	0,000
I2	1	20,00	14,11	10,06	0,00	141,894	0,000
	TOTALISATION		14,11			141,894	0,000
G1	1	0,00	5,00	5,17	0,12	25,827	0,595
	2	10,00	10,00	4,73	0,01	47,311	0,093
	3	20,00	10,00	7,81	0,00	78,071	0,041
	4	30,00	8,84	6,67	0,00	58,978	0,000
	5	37,69	3,84	5,17	0,12	19,852	0,455
	TOTALISATION		37,69			230,039	1,184
H1	1	0,00	10,00	5,82	0,00	58,172	0,000
	2	20,00	20,00	23,16	0,00	463,291	0,000
	3	40,00	20,00	33,15	0,00	663,075	0,000
	4	60,00	14,72	33,33	0,00	490,681	0,000
	5	69,44	10,00	17,95	0,00	179,518	0,000
	6	80,00	15,28	22,53	0,00	344,199	0,005
	7	100,00	20,00	10,60	0,52	211,963	10,450
	8	120,00	23,75	1,62	2,39	38,498	56,784
	9	147,49	14,25	2,34	0,00	33,400	0,000
	10	148,51	6,25	4,32	0,00	27,021	0,000
	11	160,00	14,56	10,11	0,04	147,201	0,598
	12	177,63	12,81	10,61	0,00	135,881	0,016
	13	185,62	11,32	13,11	0,00	148,403	0,000
	14	200,27	17,19	15,98	0,00	274,684	0,000
	15	220,00	17,13	14,57	0,00	249,614	0,000
	TOTALISATION		227,27			3465,601	67,852
H2	1	20,00	22,91	17,90	0,00	410,004	0,000
	2	45,81	23,18	16,81	0,00	389,645	0,000
	3	66,35	14,19	6,78	0,01	96,240	0,182
	4	74,19	16,82	2,61	0,97	43,929	16,398
	5	100,00	22,90	0,00	4,56	0,000	104,518
	6	120,00	22,71	0,00	12,98	0,000	294,753
	7	145,43	20,00	0,00	9,90	0,000	198,048
	8	160,00	18,03	0,00	4,61	0,000	83,164
	9	181,49	20,00	1,78	0,00	35,562	0,078
	10	200,00	19,25	5,35	0,00	102,956	0,000
	11	220,00	16,93	4,20	0,00	71,165	0,000
	TOTALISATION		216,93			1149,502	697,141

H3	1	20,00	17,31	36,88	0,00	638,361	0,000
	2	34,62	11,14	32,31	0,00	359,959	0,000
	3	42,28	16,68	34,51	0,00	575,519	0,000
	4	67,97	12,85	31,98	0,00	410,822	0,000
	TOTALISATION		57,97				1984,661
H4	1	20,00	18,96	0,00	9,48	0,000	179,731
	2	37,92	20,00	1,86	2,18	37,199	43,562
	3	60,00	16,82	7,40	0,06	124,474	0,943
	4	71,56	5,78	4,96	0,00	28,672	0,000
	TOTALISATION		61,56				190,345
H5	1	20,00	20,00	12,38	0,31	247,561	6,262
	2	40,00	10,27	4,30	1,68	44,177	17,299
	3	40,54	10,00	4,08	1,76	40,812	17,597
	4	60,00	16,82	2,79	3,34	46,895	56,215
	5	74,18	7,97	2,19	0,00	17,430	0,000
	6	75,94	2,91	2,39	0,00	6,954	0,000
	7	80,00	15,84	7,57	0,96	119,854	15,242
	8	107,62	20,00	10,22	1,57	204,493	31,486
	9	120,00	16,19	8,79	3,09	142,231	49,984
	10	140,00	17,49	10,03	4,39	175,505	76,751
	11	154,99	8,76	3,17	0,00	27,818	0,000
H6	1	0,00	10,00	2,12	0,00	21,182	0,000
	2	20,00	17,15	5,58	6,52	95,643	111,810
	3	34,29	20,00	10,74	2,78	214,828	55,655
	4	60,00	20,00	44,48	0,00	889,432	0,000
	5	74,29	20,00	54,54	0,00	1090,860	0,000
	6	100,00	16,04	26,86	0,00	430,793	0,001
	7	106,36	3,18	9,95	0,00	31,630	0,000
	TOTALISATION		106,36				2774,367
H7	1	15,32	15,95	12,49	0,00	199,194	199,194
	2	31,89	12,34	14,52	0,00	179,122	378,317
	3	40,00	14,05	22,80	0,00	320,376	698,693
	4	60,00	16,23	27,01	0,00	438,381	1137,074
	5	72,46	10,00	26,07	0,00	260,660	1397,734
	6	80,00	13,03	25,80	0,00	336,127	1733,860
	7	98,51	12,96	8,52	0,00	110,445	1844,306
	8	105,92	10,74	9,29	0,00	99,821	1944,127
	9	120,00	17,04	19,73	0,00	336,235	2280,362
	10	140,00	15,90	20,48	0,00	325,484	2605,847
	11	151,79	10,00	20,48	0,00	204,792	2810,639
	12	160,00	14,10	24,23	0,00	341,779	3152,418

13	180,00	14,67	29,62	0,00	434,683	3587,101	
14	189,35	10,00	17,62	0,00	176,194	3763,295	
15	200,00	15,33	23,50	0,00	360,179	4123,474	
16	220,00	14,59	23,21	0,00	338,550	4462,024	
17	229,18	10,00	23,19	0,00	231,914	4693,938	
18	240,00	15,41	34,43	0,00	530,667	5224,605	
19	260,00	16,81	31,86	0,00	535,638	5760,243	
20	273,62	14,91	22,54	0,00	336,090	6096,333	
21	289,82	8,10	29,14	0,00	236,044	6332,376	
TOTALISATION		282,16				6332,376	

Annexe C: Assainissement

Collecteur	Tronçon	Type	Surf Bassin	Pente	Cruissele	Débit totale	DT	DC	VPS	QPS	Q/QPS	V/VPS	T aux rempl	V
A	R11-R13	BETON	0,33	50	0,7	40,425	161	400	3,613	0,454	0,089	0,648	22	5,576
	R13-R16	BETON	0,35	32	0,7	42,875	180	400	2,89	0,363	0,118	0,662	23	4,366
	R16-R18	BETON	0,48	43	0,7	58,8	191	400	3,351	0,421	0,14	0,695	25	4,821
	R18-R20	BETON	0,57	36	0,7	69,825	211	400	3,066	0,385	0,181	0,768	29	3,992
B	R02-R01	BETON	0,15	16	0,7	18,375	149	400	2,044	0,257	0,072	0,619	20	3,302
B-1	R01-R04	BETON	0,35	50	0,7	42,875	165	400	3,613	0,454	0,094	0,639	21	5,654
	R04-R06	BETON	0,93	19	0,7	113,925	286	400	2,227	0,28	0,407	0,956	46	2,33
	R06-R08	BETON	1,01	60	0,7	123,725	237	400	3,958	0,497	0,249	0,8	32	4,947
	R08-R10	BETON	1,55	10	0,7	189,875	390	400	1,616	0,203	0,935	1,14	77	1,417
	R10-Rejet	BETON	4,41	16	0,7	540,225	529	600	2,678	0,757	0,713	1,088	64	2,462
B-2	R43-R08	BETON	0,15	10	0,7	18,375	162	400	1,616	0,203	0,09	0,646	22	2,501
B-2	R54-R50	BETON	0,45	10	0,7	55,125	245	400	1,616	0,203	0,271	0,836	34	1,933
	R50-R10	BETON	2,81	38	0,7	344,225	380	400	3,15	0,396	0,87	1,13	74	2,787
C	R58-R56	BETON	0,63	5	0,7	77,175	317	400	1,143	0,144	0,538	1,029	54	1,11
	R56-R29	BETON	1,85	5	0,2	64,75	297	400	1,143	0,144	0,451	0,969	47	1,179
C-1	R55-R56	BETON	0,21	60	0,7	25,725	132	400	3,958	0,497	0,052	0,512	15	7,73
D	R44-R46	BETON	0,46	50	0,7	56,35	183	400	3,613	0,454	0,124	0,653	22	5,533
	R46-R47	BETON	0,63	26	0,7	77,175	233	400	2,605	0,327	0,236	0,815	33	3,197
	R47-R43	BETON	0,9	56	0,7	110,25	230	400	3,824	0,481	0,229	0,822	33	4,652
	R43-R50	BETON	1,72	14	0,7	210,7	381	400	1,912	0,24	0,877	1,13	73	1,692
D-1	R38-R41	BETON	0,32	41	0,7	39,2	166	400	3,272	0,411	0,095	0,638	21	5,128
	R41-R42	BETON	0,45	39	0,7	55,125	190	400	3,191	0,401	0,137	0,699	25	4,565
	R42-R43	BETON	0,51	50	0,7	62,475	190	400	3,613	0,454	0,138	0,699	25	5,169
E	R37-R24	BETON	0,12	10	0,7	14,7	149	400	1,616	0,203	0,072	0,617	20	2,619
	R24-R23	BETON	0,5	50	0,7	61,25	189	400	3,613	0,454	0,135	0,704	25	5,132
	R23-R27	BETON	1,63	60	0,7	199,675	284	400	3,958	0,497	0,401	0,959	46	4,127
	R27-R29	BETON	1,97	33	0,7	241,325	341	400	2,935	0,369	0,654	1,065	59	2,756
	R29-R20	BETON	4,42	5	0,7	541,45	658	800	1,814	0,912	0,594	1,035	55	1,752
	R20-Rejet	BETON	4,49	5	0,7	550,025	662	800	1,814	0,912	0,603	1,06	58	1,711
E-1	R21-R23	BETON	0,36	24	0,7	44,1	191	400	2,503	0,315	0,14	0,694	25	3,607
E-2	R57-R23	BETON	0,25	25	0,7	30,625	166	400	2,555	0,321	0,095	0,638	21	4,004
E-3	R34-R29	BETON	0,6	59	0,7	73,5	196	400	3,925	0,493	0,149	0,749	28	5,24

Annexe D: Alimentation en eau potable

ID Nœud	Altitude m	Demande Base L/s	Demande L/s	Charge m	Pression m
Noeud A	105,4	0	0	130,44	25,04
Noeud C	101,1	0	0	129,91	28,81
Noeud B	102	0	0	130,22	28,22
Noeud D	106,54	0	0	129,39	22,85
Noeud E	106,67	0	0	129,19	22,52
Noeud F	104,93	0	0	128,99	24,06
Noeud Q	103,65	0	0	128,94	25,29
Noeud R	103,65	0	0	128,82	25,17
Noeud S	100	0	0	128,06	28,06
Noeud T	99,9	0	0	127,77	27,87
Noeud U	96,01	0	0	127,06	31,05
Noeud V	94,4	0	0	126,73	32,33
Noeud X	92,9	0	0	126,4	33,5
Noeud K	95,7	0	0	126,55	30,85
Noeud L	92,8	0	0	126,99	34,19
Noeud O	92,08	0	0	128,86	36,78
Noeud P	92,08	0	0	128,91	36,83
Noeud J	95,16	0	0	126,42	31,26
Noeud I	95,16	0	0	126,45	31,29
Noeud H	98,6	0	0	128,38	29,78
Noeud G	102,9	0	0	128,68	25,78
Noeud B1	102,75	0,65	0,65	130,17	27,42
Noeud C1	99,8	0,65	0,65	128,29	28,49
Noeud C2	98,96	0,65	0,65	128,22	29,26
Noeud C3	97,25	0,65	0,65	127,95	30,7
Noeud C4	95,75	0,65	0,65	127,94	32,19
Noeud D1	106,75	0,65	0,65	129,01	22,26
Noeud D2	105,75	0	0	128,96	23,21
Noeud D3	105,2	0,65	0,65	128,93	23,73
Noeud D4	105,55	0,65	0,65	128,88	23,33
Noeud E2	106,25	0,73	0,73	128,83	22,58
Noeud E1	106,25	0,73	0,73	128,94	22,69
Noeud G2	102,25	0,73	0,73	128,4	26,15
Noeud G1	102,25	0	0	128,42	26,17
Noeud G3	102,25	0,73	0,73	128,36	26,11
Noeud H2	99	0,73	0,73	127,95	28,95
Noeud H1	99,6	0,73	0,73	128,06	28,46
Noeud I2	95,75	0,73	0,73	126,11	30,36
Noeud I1	95,55	0,73	0,73	126,23	30,68
Noeud J1	94,75	0,73	0,73	125,98	31,23
Noeud J2	94,25	0,73	0,73	125,83	31,58
Noeud L1	92,25	0	0	126,52	34,27

Noeud L2	92,25	0,73	0,73	126,48	34,23
Noeud L3	92,25	0,73	0,73	126,45	34,2
Noeud P4	92,25	0,65	0,65	128,47	36,22
Noeud P3	95,75	0,65	0,65	128,5	32,75
Noeud P2	93	0,65	0,65	128,81	35,81
Noeud P1	92,25	0,65	0,65	128,83	36,58
Noeud O1	91,25	0,73	0,73	128,66	37,41
Noeud O2	91,2	0	0	128,55	37,35
Noeud O3	90,25	0,73	0,73	128,43	38,18
Noeud X2	91,75	0,73	0,73	126,03	34,28
Noeud X1	91,75	0,73	0,73	126,13	34,38
Noeud U2	95,25	0,73	0,73	126,45	31,2
Noeud U1	95,75	0,73	0,73	126,62	30,87
Noeud V1	95,25	0,73	0,73	126,56	31,31
Noeud S1	100,75	0,73	0,73	127,6	26,85
Noeud S2	98,25	0,73	0,73	127,5	29,25
Noeud T2	101,7	0,73	0,73	127,45	25,75
Noeud T1	100,75	0,73	0,73	127,57	26,82
Noeud R1	102,25	0,73	0,73	128,56	26,31
Noeud R2	104,2	0,73	0,73	128,55	24,35
Noeud Q1	105,2	0	0	128,58	23,38
Noeud Q3	105,5	0,73	0,73	126,93	21,43
Noeud Q2	105,25	0,73	0,73	127,02	21,77
Noeud Q5	101,1	0,73	0,73	127,78	26,68
Noeud Q4	102,75	0,73	0,73	128,21	25,46
Noeud O4	91,55	0,73	0,73	128,05	36,5
Noeud O5	91,25	0,73	0,73	127,92	36,67
Noeud O6	90,75	0,73	0,73	127,77	37,02
Noeud O7	90,25	0,73	0,73	127,69	37,44
Noeud W1	93	0,32	0,32	126,52	33,52
Noeud X3	92	0,68	0,68	126,32	34,32
Noeud M1	90	0,28	0,28	127,49	37,49
Noeud N1	89	0,9	0,9	128,23	39,23
Noeud M	90,86	0	0	127,51	36,65
Noeud N	89	0	0	128,37	39,37
Noeud W	93	0	0	126,53	33,53
Réservoir 1	105,5	Sans Valeur	34,07	130,5	25

ID Arc	Longueur m	Diamètre m	Débit l/s	Vitesse m/s	Pert.Charge Unit.m/km
Tuyau 4	2,64	50	1,95	0,99	26,98
Tuyau 6	21,42	50	1,3	0,66	12,55
Tuyau 7	3,69	50	0,65	0,33	3,48
Tuyau 9	20,92	50	0,65	0,33	3,48
Tuyau 10	8,62	50	0,65	0,33	3,48
Tuyau 11	13,72	63	1,3	0,42	3,96
Tuyau 17	27,84	160	22,53	1,12	7,91
Tuyau 19	24,14	50	0,73	0,37	4,31
Tuyau 22	42,46	160	17,33	0,86	4,8
Tuyau 26	67,81	90	3,57	0,56	4,38
Tuyau 28	13,19	50	0,73	0,37	4,31
Tuyau 29	4,13	50	0,73	0,37	4,31
Tuyau 32	24,42	50	0,73	0,37	4,31
Tuyau 36	8,63	50	0,65	0,33	3,49
Tuyau 38	28,51	50	0,73	0,37	4,31
Tuyau 42	34,95	50	0,73	0,37	4,31
Tuyau 47	53,27	63	1,11	0,36	2,96
Tuyau 50	16,83	50	0,73	0,37	4,31
Tuyau 51	9,7	50	0,73	0,37	4,31
Tuyau 55	5,43	75	1,95	0,44	3,52
Tuyau 56	24,63	50	1,3	0,66	12,55
Tuyau 58	10,32	125	8,94	0,73	4,73
Tuyau 62	4,06	63	3,65	1,17	27,54
Tuyau 63	27,85	50	0,73	0,37	4,31
Tuyau 65	7,37	50	0,65	0,33	3,48
Tuyau 69	25,13	50	0,73	0,37	4,31
Tuyau 70	66,29	75	3,54	0,8	10,75
Tuyau 73	38,75	50	0,73	0,37	4,31
Tuyau 78	23,07	50	0,73	0,37	4,31
Tuyau 85	27,06	50	0,73	0,37	4,31
Tuyau 86	57,15	90	6,46	1,02	13,4
Tuyau 88	2,45	50	0,73	0,37	4,31
Tuyau 90	22,35	160	10,84	0,54	1,98
Tuyau 91	6,15	90	7,92	1,24	19,77
Tuyau 94	100	50	1,46	0,74	15,61
Tuyau 95	21,33	50	0,73	0,37	4,31
Tuyau 96	100	50	0,73	0,37	4,31
Tuyau 99	16,48	50	0,73	0,37	4,31
Tuyau 100	31,71	63	1,46	0,47	4,9
Tuyau 101	12	63	2,19	0,7	10,46
Tuyau 104	10,96	200	34,07	1,08	5,64
Tuyau 43	26,68	50	0,81	0,41	5,2
Tuyau 75	39,83	50	0,73	0,37	4,31

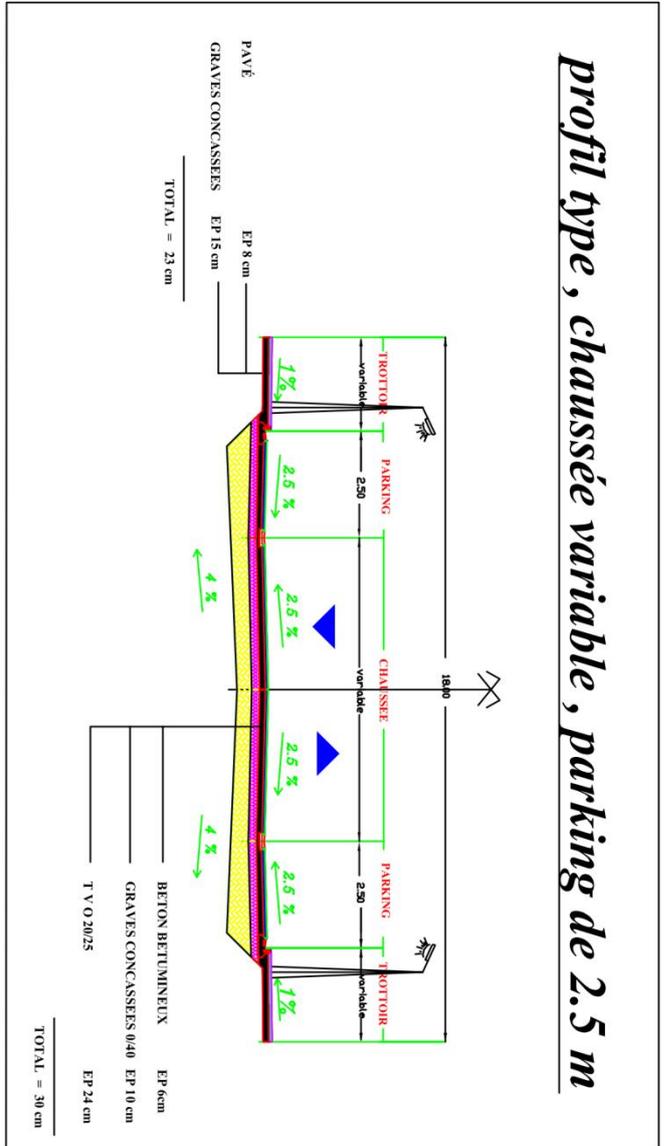
Tuyau 77	13,46	50	0,65	0,33	3,48
Tuyau 105	40,84	160	21,88	1,09	7,48
Tuyau 106	29,06	50	1,46	0,74	15,61
Tuyau 107	13,68	75	5	1,13	20,71
Tuyau 108	12,9	50	1,46	0,74	15,61
Tuyau 109	34,75	63	-2,08	0,67	9,49
Tuyau 110	28,25	50	1,46	0,74	15,61
Tuyau 111	16,91	50	1,46	0,74	15,61
Tuyau 112	27,98	50	1,46	0,74	15,61
Tuyau 113	53,22	63	1,92	0,62	8,16
Tuyau 114	30,14	50	1,46	0,74	15,61
Tuyau 115	13,76	50	1,46	0,74	15,61
Tuyau 116	20,73	50	1,46	0,74	15,61
Tuyau 117	52,63	63	1,46	0,47	4,9
Tuyau 118	16,64	50	1,46	0,74	15,61
Tuyau 119	23,92	50	1,46	0,74	15,61
Tuyau 120	48,37	75	2,92	0,66	7,48
Tuyau 121	49,03	160	15,87	0,79	4,06
Tuyau 122	15,83	50	1,46	0,74	15,61
Tuyau 123	37,14	90	5,03	0,79	8,34
Tuyau 124	44,94	63	1,95	0,63	8,41
Tuyau 125	89,14	160	19,28	0,96	5,87
Tuyau 126	34,76	50	2,6	1,32	46,71
Tuyau 127	198,79	125	11,54	0,94	7,68
Tuyau 128	14,12	75	2,6	0,59	6,02
Tuyau 129	27,85	63	2,92	0,94	18,01
Tuyau 130	31,51	90	4,38	0,69	6,42
Tuyau 1	61,6	50	2,11	1,08	31,39
Tuyau 2	20,93	50	0,68	0,35	3,78
Tuyau 3	45,84	63	1,35	0,43	4,24
Tuyau 5	53,31	63	1,03	0,33	2,58
Tuyau 8	12,29	50	0,32	0,16	0,97
Tuyau 12	20,89	50	0,9	0,46	6,33
Tuyau 13	20,36	50	0,28	0,14	0,77
Tuyau 14	75,22	75	3,66	0,83	11,44
Tuyau 15	52,61	75	3,38	0,76	9,84
Tuyau 16	71,6	90	4,56	0,72	6,92

Annexe E : Electricité

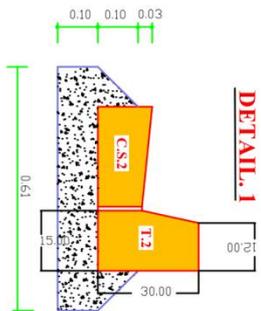
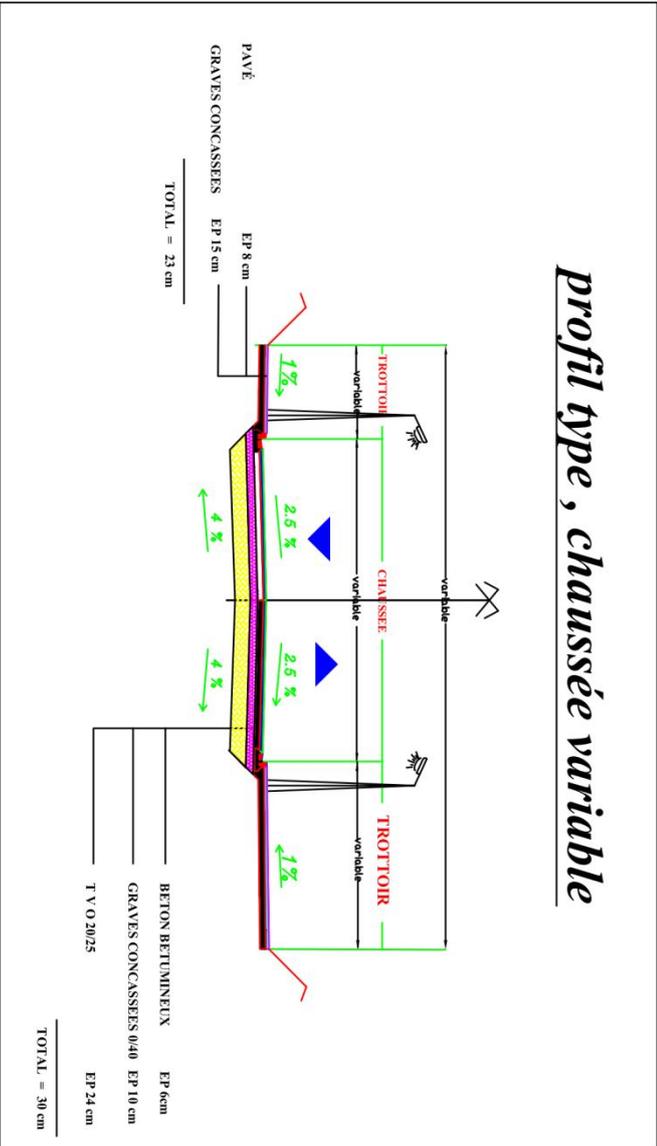
Niche	Longueur -m-	Candélabre	Puissance w	I -A-	Ir -A-	Z max	S -mm ² -	DU
(I-1) niche A1	86,04	4	1000	1,90	2,28	40,28	10	0,49
(II-2) niche A2	184,54	6	1500	2,85	3,42	12,52	10	1,57
(III-5) niche A3	48,48	8	2000	3,80	4,56	35,74	10	0,55
(3-5) niche A3	59,07	3	750	1,42	1,71	78,23	10	0,25
(4-5) niche A3	58,96	3	750	1,42	1,71	78,37	10	0,25
(I-1) niche A1	121,49	4	1000	1,90	2,28	28,53	10	0,69
(II-2) niche A2	274,08	9	2250	4,27	5,13	5,62	10	3,51
(III-4) niche A3	16,32	10	2500	4,75	5,70	84,94	10	0,23
(3-4) niche A3	185,4	8	2000	3,80	4,56	9,35	10	2,11
(5-4) niche A3	39,24	2	500	0,95	1,14	176,64	10	0,11
(I-1) niche A1	150,94	5	1250	2,37	2,85	18,37	10	1,07
(II-2) niche A2	285,83	12	3000	5,70	6,84	4,04	10	4,87
(III-3) niche A3	115,05	4	1000	1,90	2,28	30,12	10	0,65
(I-1) niche A1	169,42	7	1750	3,32	3,99	11,69	10	1,69
(II-3) niche A2	12,54	18	4500	8,55	10,26	61,41	10	0,32
(2-3) niche A2	86,04	4	1000	1,90	2,28	40,28	10	0,49
(4-3) niche A3	96,82	4	1000	1,90	2,28	35,79	10	0,55
(III-5) niche A3	251,76	10	2500	4,75	5,70	5,51	10	3,58

Annexe F : Plans et schémas de calculs

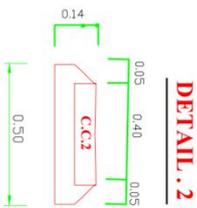
profil type, chaussée variable, parking de 2.5 m



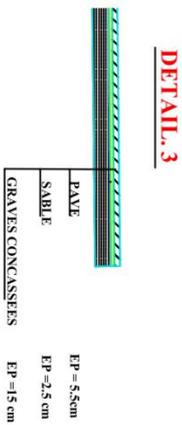
profil type, chaussée variable



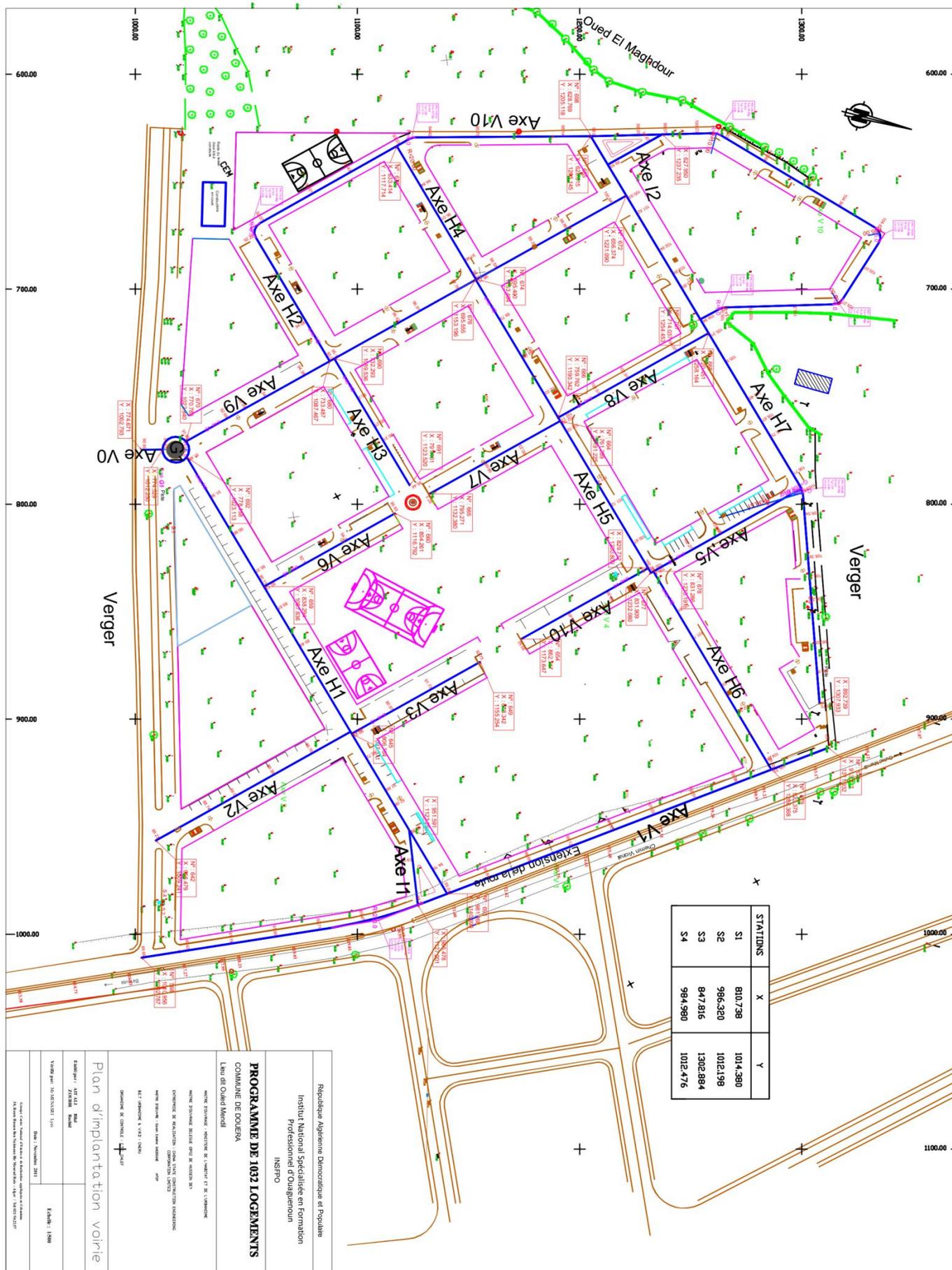
BORDURE de TYPE T2 et C.S.2



CANIVEAU de TYPE C.C.2



DETAIL DE TROTTOIR



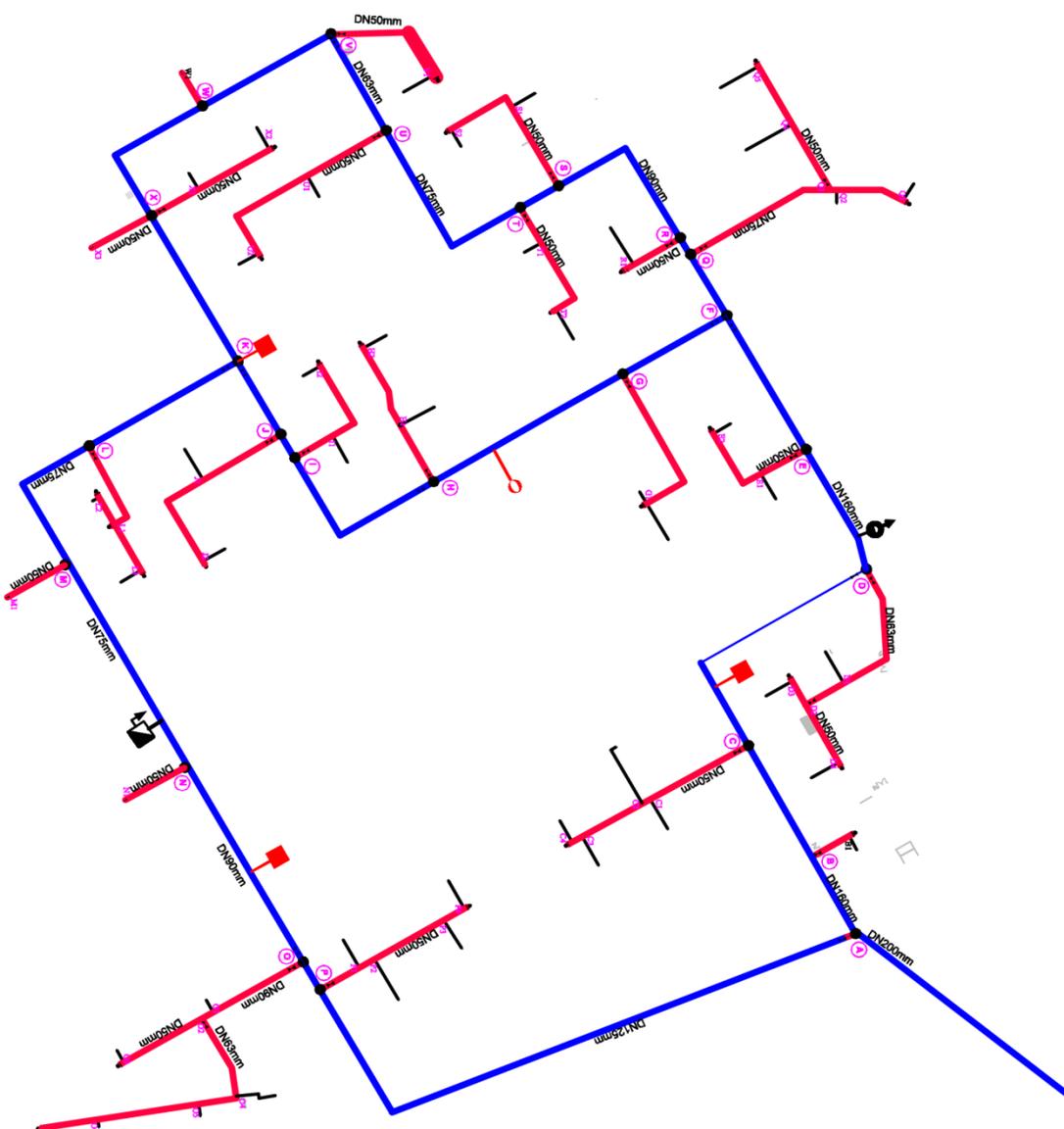


LEGENDE

- Collecteur projeté
- Regard de visite projeté
- Regard de branchement projeté

Diamètre des Canalisations
 Longueur des Canalisations
 Sens d'écoulement des Canalisations
 Pente des Canalisations
 Type des Canalisations
 Nom du bassin versant
 Coef de ruissellement
 superficie du bassin versant

République Algérienne Démocratique et Populaire Institut National Spécialisée en Formation Professionnel d'Ouaguenoun INSFPO	
PROGRAMME DE 1032 LOGEMENTS COMMUNE DE DOUJERA Lieu dit: Ouled Mendil	
NOM PRONONCE : ANTOINE DE L'AMBIER ET DE L'AMBIER NOME PROFANE: ANTOINE DE L'AMBIER ET	
CATEGORIE DE REALISATION : COMMUNE LOGEMENTS NOME TRAVAIL : Oued-Mendil - 1032	
AET : ANTOINE DE L'AMBIER ET AET : ANTOINE DE L'AMBIER ET	
SERVICE DE CONTRÔLE : CEA ALGER	
Schema de calcul Assainissement	
Date: 17/08/2012	Echelle: 1:500
<small> Copie: 1/1000 (Version: 1/1000) (Date: 17/08/2012) N°: 1032 (Version: 1/1000) (Date: 17/08/2012) </small>	

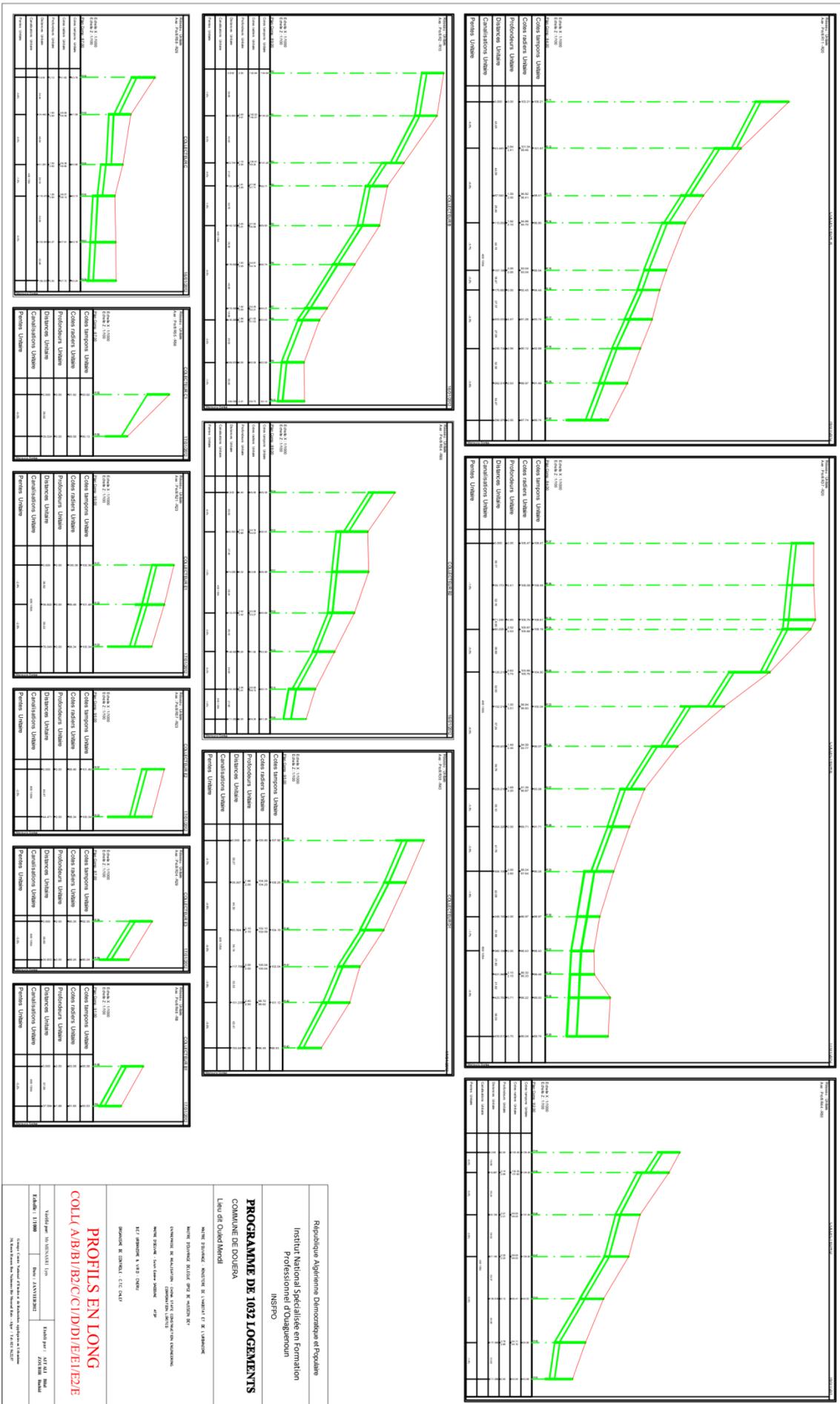


LEGENDE

	Réseau projeté en PEHD
	Vanne d'arrêt
	Point de calcul
	Nœud de demande
	Vidange
	Ventouse
	Poteau d'incendie
	Bouche d'Arrosage
	Branchement particulier conduite Ø40 vanne 40 sous bouche à clef en PEHD

République Algérienne Démocratique et Populaire Institut National Spécialisé en Formation Professionnelle d'Oran INSPFO	
PROGRAMME DE 1032 LOGEMENTS COMMUNE DE DOUERA Lieu dit Ouled Mendil	
SCHEMA DE CALCUL A.E.P	
Date de calcul : 2011	Echelle : 1/500
Auteur : M. Bouabdellah Bouabdellah	
Date : Mars 2011	





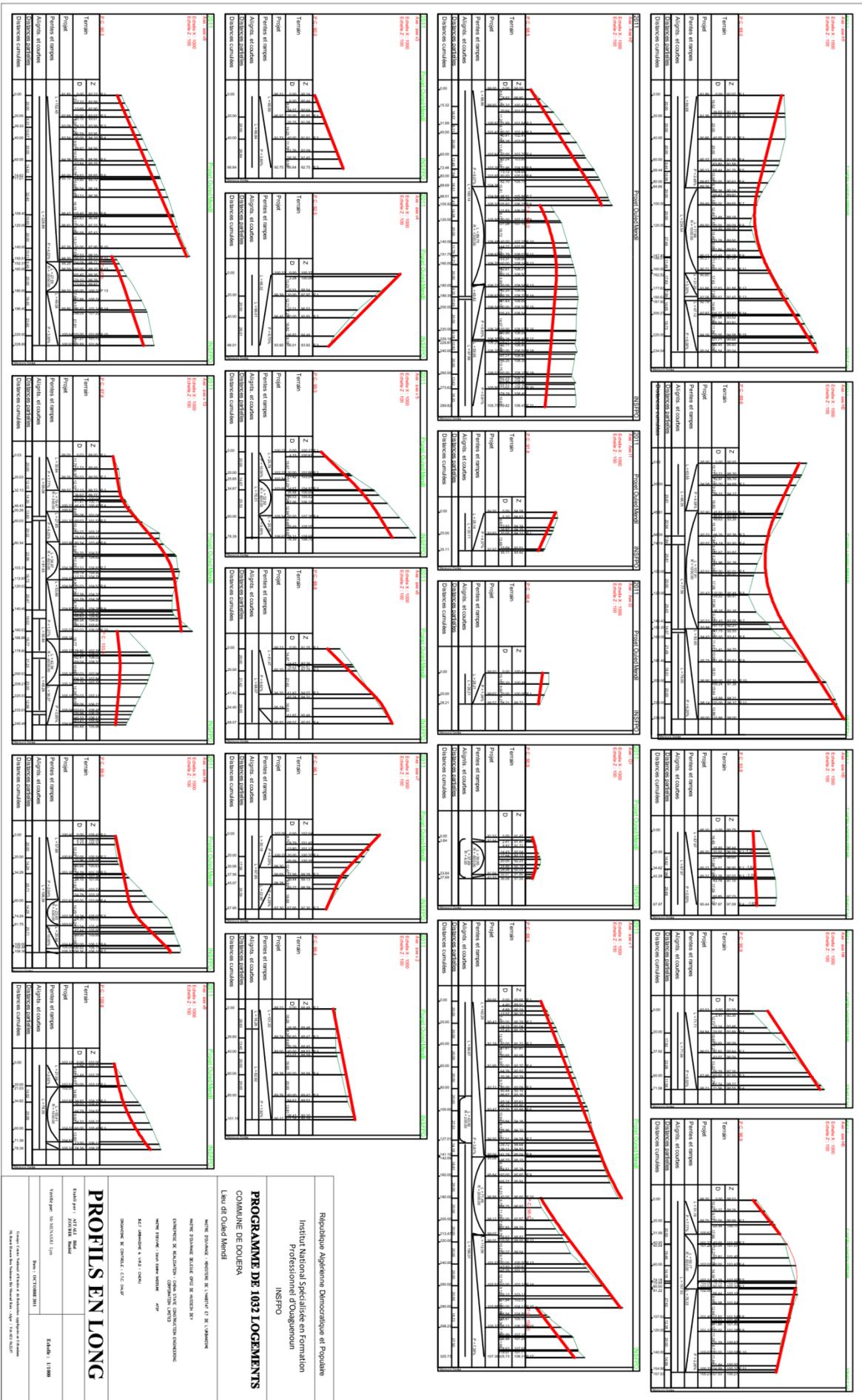
République Algérienne Démocratique et Populaire
 Institut National Spécialisé en Formation
 Professionnelle d'Alger
 INSPFO

PROGRAMME DE 1032 LOGEMENTS
 COMMUNE DE DOUERA
 Lieu dit Ouled Mendil

MAÎTRE D'OUVRAGE: MAIRIE DE L'UNIVERSITÉ ET DE LA VILLE DE DOUERA
 MAÎTRE D'ŒUVRE: BUREAU D'ARCHITECTURE ET D'INGÉNIERIE
 MAÎTRE D'AMÉNAGEMENT: MAIRIE DE L'UNIVERSITÉ ET DE LA VILLE DE DOUERA
 MAÎTRE D'ÉTUDES: MAIRIE DE L'UNIVERSITÉ ET DE LA VILLE DE DOUERA
 MAÎTRE D'ÉTUDES: MAIRIE DE L'UNIVERSITÉ ET DE LA VILLE DE DOUERA

PROFILS EN LONG
 COLL. A/B/B1/B2/C1/D1/D2/D3/E1/E2/E

Échelle: 1/1000 Date: JANVIER 2023
 Vus par: M. ELKHALIL Vus par: M. ELKHALIL



République Algérienne Démocratique et Populaire
 Institut National Spécialisé en Formation
 Professionnelle d'Ouaghenoum
 INSPFO

PROGRAMME DE 1032 LOGEMENTS
 COMMUNE DE DOUDERA
 L'Ani dit Ouled Mendil

MAÎTRE D'ŒUVRE : SOCIÉTÉ DE TRAVAUX D'ÉTUDES ET DE TRAVAUX
 SOCIÉTÉ ALGERIENNE DE RECHERCHES ET DE TRAVAUX

PROFILS EN LONG

ÉLABORÉ PAR : SOCIÉTÉ ALGERIENNE DE RECHERCHES ET DE TRAVAUX
 SOCIÉTÉ ALGERIENNE DE RECHERCHES ET DE TRAVAUX
 SOCIÉTÉ ALGERIENNE DE RECHERCHES ET DE TRAVAUX

DATE : 10/05/2011

Echelle : 1/1100

Références bibliographiques

- [1]. **CHIKH Mohamed**, "AotuCAD Land Development Desktop", Laboratoire de Géomatique, 2003.
- [2]. **K.TOUNSI**, "Cours de topographie", Ecole nationale de travaux public (ENTP), 2009.
- [3]. **Jamel .Neji**, "Le projet Routier", Centre de publication universitaire de Tunis, 2005.
- [4]. "B40_Normes techniques d'aménagements des routes", Ministère des travaux publics, 1977.
- [5]. **Khechba.Fethi, Boualleg.Faycel**, " Etude de l'évitement de la ville de bir-el-ater avec carrefours à l'intersection de la rn 16 sur 5 +190 km ", Université de tebessa, 2009, Mémoire d'ingénieur.
- [6]. **Alain Freret**, "Guide Pratique pour la Conception Géométrique des Routes et Autoroutes ", Edition Eyrolles, 1981.
- [7]. "Cours de route", Ecole national des travaux publics (ENTP), 1997.
- [8]. **Djamel Sebboua**, "Etude des VRD des 800 logements à Zeramna Skikda", Institut de Formation Supérieure en Bâtiment (INFORBA), 1993, Mémoire d'ingénieur.
- [9]. **G.Guichard, M.Claudot**, " Méthodologie de conception d'un projet d'alimentation en eau potable ", Cabinet Bourgois -Groupe Merlin ,2007.
- [10]. **A. Bedjaoui, B. Achour, M.T. Bouziane**, "Nouvelle approche pour le calcul du diamètre économique dans les conduites de refoulement", Courrier du Savoir, 2005, Thèse doctorat.
- [11]. **Mounir Bouslimi**, "Alimentation en eaux potable", ESIER, 2004, Notes de cours.
- [12]. **François G.Briere**, "Distribution et collecte des eaux", Edition revue et augmentée, 1997.
- [13]. **Pape Mamadou Diouf, Oumar Diouf**, " Conception et dimensionnement d'un réseau d'AEP et d'un système d'évacuation des eaux usées de la nouvelle ville de DIAMNADIO ", Université cheikh anta diop de dakar, 2005, Mémoire d'ingénieur.
- [14]. "Guide technique pour la réalisation des réseaux de distribution d'eau potable", Viola environnement, 2004.
- [15]. **André. Dupont**, "Hydraulique Urbaine", Edition Eyrolles, 1970.
- [16]. **Herb Schildt**, "C++: The complete Reference", McGraw-Hill Companies, 1998.
- [17]. **Safa Saïd, Ddilali Ahmed**, " Etude des VRD de la zone industrielle à El Karma", Centre National des Techniques Spatiales CNTS, 2005, mémoire d'ingénieur.
- [18]. **Gérard KARSENTY**, " Guide pratique des VRD et aménagements extérieurs ", Edition Eyrolles, 2005.
- [19]. "Réseaux électrique basse tension", EDF GDF service, 2009.
- [20]. " Comprendre les principaux paramètres de conception géométrique des routes ", service d'Études techniques des routes et autoroutes (Setra), 2006.