République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة
فرنسيس جانسون
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat / Master

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

ETUDE DE DEDOUBLEMENT DE LA RN 68 SUR 11 KM ENTRE CAP DJINET ET BORDJ MENAIEL

Présenté par :
BEDDAR Salaheddine
BOUDHAR Zineddine

Encadré par :
Mr KARA Benchohra

Promotion 2019 /2020

© ENSTP-FJ


بسم الله الرحمن الرحيم

REMERCIMENTS

Nous remercions d'abord à Dieu Tout Puissant que j'adresse mes remerciements pour avoir guidé mes pas dans le bon chemin et qui m'a permis de mener mon travail à bon port.

Nous tenons à adresser nos remerciements à nos familles, qui nous ont toujours soutenus et poussés à continuer nos études. Ce présent travail a pu voir le jour grâce à leur soutien.

Nous remercions notre cher Enseignant et Encadreur **Mr. KARA Benchohra**, pour ses conseils précieux et son soutien de tous les jours.

Nous remercions **Mr. KHADRAOUI**, chef de d'épatement de l'infrastructure de base de la DTP de Boumerdes.

A tous ceux qui m'ont bien accueilli, bien conseillé, à ceux qui, par leur sourire ou par leur poignée de mains, m'ont encouragé, je dis un grand Merci.

Nous remercions tous les enseignants de l'ENSTP, ainsi que l'administration de l'école, et les responsables de la bibliothèque.

Sans oublier de remercier les membres de l'honorable jury pour l'intérêt qu'ils ont porté pour présider et examiner ce modeste travail.

Enfin, nous remercions également toutes les personnes qui ont participés de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

ملخص:

الهدف من هذا العمل المتواضع هو إجراء دراسة ازدواجية لجزء من الطريق الوطني رقم 68 الذي يعاني من زيادة حركة المرور المسجلة ، ومن ثم أجريت دراسة كاملة على مسافة 11 كم من رأس جنات إلى برج منايل لتخفيف العبء وتسهيل حركة المرور على المستخدمين ؛ لذلك قمت بإعداد دراسة مفصلة لمضاعفة هذا القسم من الطريق تحت إشراف وتوجيه مشرفي .

يتكون هذا المشروع في مراحله الرئيسية من :

- بحث ببليوغرافي عن تصنيع ونقل وتنفيذ الخلطات الإسفلتية
- التصميم الهندسي للطريق (المقطع الجانبي الطولي والمقطع العرضي بواسطة برنامج Autocad civil 3d 2019) .
- التصميم الإنشائي (يتكون من دراسة حركة المرور وأبعاد الطريق) .
- الدراسة الجيوتقنية ودراسة الصرف الصحي ودراسة مفترقات الطرق ومعدات الطرق وحساب الأسعار الكمية والتقديرية.

كلمات مفتاحية : الصرف الصحي، تقاطع طرق، المقطع العرضي، المقطع الطولي،التداخل .

Résumé :

L'objectif de ce modeste travail est de faire l'étude de dédoublement d'un tronçon de la route existante RN68 qui souffre du sur plus du trafic enregistre, d'où une étude complète effectuée sur 11 km du Cap Djinet vers Bordj Menail pour alléger les charges et rendre la circulation adoucissante aux usagers ; donc une étude détaillée du dédoublement de ce tronçon de la RN 68 est établie par mes soins sous le contrôle et l'orientation de mon encadreur.

Ce projet, dans ses grandes phases, est constitué de :

- Une recherche bibliographie sur fabrication, transport et mise en œuvre des enrobés.
- La conception géométrique de la route (Trace en plan, profil en long et profil en travers par logiciel Autocad civil 3d 2019).
- La conception structurale (composée de l'étude du trafic et dimensionnement de la Chaussée).
- Etude géotechnique, étude d'assainissement, étude de carrefour, équipement de la route ainsi le calcule de devis quantitatif et estimatif.

Mots clés: assainissement, carrefour, profil en travers, profil en long, chevauchement.

Abstract :

The objective of this modest work is to carry out the study of duplication of a section of the existing road RN68 which suffers from over more traffic recorded, hence a complete study carried out over 11 km from Cap Djinet to Bordj Menail to lighten the load and make traffic easier for users; therefore a detailed study of the doubling of this section of the RN 68 is established by me under the control and guidance of my supervisor.

This project, in its major phases, consists of:

-A bibliography search on the manufacture, transport and implementation of asphalt mixes.

-The geometric design of the road (plan trace, longitudinal profile and cross section by Autocad civil 3d 2019 software).

-The structural design (consisting of the study of the traffic and dimensioning of the pavement).

-Geotechnical study, sanitation study, crossroads study, road equipment as well as the calculation of quantitative and estimated quotes.

Keywords: sewerage, crossroads, cross section, longitudinal section, overlap.

SOMMAIRE

Introduction général 1

Chapitre I. Recherche bibliographique

I.1 Introduction 2

I.2 Fabrication des enrobés 2

I.3 Formulation des enrobés bitumineux 2

I.3.1 Les différentes étapes de la formulation 3

I.3.1.1 Etude complète 3

I.3.1.2 Vérification d'une formule connue 4

I.3.2 Influence des paramètres de la formulation 4

I.3.2.1 Le bitume 4

I.3.2.2 Le filler 4

I.3.2.3 Les granulats 4

I.3.2.4 La compacité 4

I.3.3 La méthodologie 4

I.4 Caractéristiques de base 4

I.4.1 Caractéristiques pour le dimensionnement des chaussées 5

I.4.2 Essais pour caractériser les propriétés de base 5

I.5 Centrales d'enrobage à chaud 6

I.6 Centrales d'enrobage à froid 7

I.7 Transport des enrobés 8

I.7.1 Type de camion 8

I.7.2 Le Bon de Pesée 9

I.8 Mise en œuvre des enrobés 10

I.8.1 Le compactage des mélanges bitumineux 10

I.8.2 Le répandage des enrobés à chaud 11

I.8.3 Le répandage des enrobés à froid 11

Chapitre II. Présentation général du projet

II.1 Présentation de la wilaya 12

II.2 Le réseau routier de la wilaya 13

II.3 Nombre d ouvrage d'art 13

II.4 Routes nationales traversant la wilaya de Boumerdes 14

II.5 Présentation du projet 14

II.6 Les objectifs principaux de ce projet 15

Chapitre III. Etude de trafic

III.1 Introduction 17

III.2 Définition des trafics supportés par le réseau 17

III.3 Analyse du trafic 17

III.3.1 Les éléments de ces analyses sont multiples 17

III.4 Différents types de trafics 18

III.4.2 Trafic normal 18

III.4.1 Trafic dévié 18

III.4.2 Trafic induit 18

III.4.3 Trafic total 18

III.5 Capacité d'une route 18

III.5.1 Définition de la capacité 18

III.5.2 La procédure de détermination de nombre de voies 18

III.5.2.1 Calcul de TJMA horizon 18

III.5.2.2 Calcul des trafics effectifs 19

III.5.2.3 Débit de point horaire normal 19

III.5.2.4 Débit horaire admissible 19

III.5.2.5 Calcul le nombre de voies 20

III.6 Application au projet 20

III.7 Conclusion 24

Chapitre IV. Tracé en plan

IV.1 Introduction 26

IV.2 Les règles à respecter pour le tracé en plan 26

IV.3 Les éléments du tracé en plan 26

IV.3.1 Les alignements 26

IV.3.1.1 Longueur maximale 26

IV.3.1.2 Longueur minimale 27

IV.3.2 Les arcs de cercle 27

IV.3.2.1 Arcs de cercle 27

IV.3.2.2 Stabilité en courbe 27

IV.3.2.3 Types de rayon 28

IV.4 Application au projet 29

IV.4.1 Types de courbe de raccordement 30

IV.1.1.1 Parabole cubique 30

IV.1.1.2 Lemniscate 30

IV.1.1.3 Clothoïde 30

IV.4.2 Condition de confort optique 31

IV.4.3 Condition de confort dynamique 31

IV.4.4 Condition de gauchissement 31

IV.4.5 La vitesse de projet 32

IV.4.5.1 Choix de la vitesse de référence 32

IV.4.6 Exemple de calcul de tracé en plan 32

IV.4.7 Description du tracé en plan proposé 34

Chapitre V. Profil en long

V.1 Introduction 36

V.2 Les éléments de composition du profil en long 36
V.2.1 Déclivité 36
V.2.1.1 Déclivité minimale 36
V.2.1.2 Déclivité maximale 36
V.3 Raccordement en profil en long 37
V.3.1 Raccordement convexe (angle saillant) 37
V.3.1.1 Condition de confort 37
V.3.1.2 Condition de visibilité 38
V.3.2 Raccordement concave (Angle Rentrant) 39
V.4 Caractéristiques des rayons en long 39
V.5 Exemple de calcul de profil en long 40
V.5.1 Calcul des pentes 40
V.5.2 Calcul des tangentes 41
V.5.3 Calcul des coordonnées des points de tangentes 41
V.5.4 Calcul de la longueur de raccordement 41
V.5.5 Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (J) 41
V.6 Réalisation d un nouveau pont 41

Chapitre VI. Profil en travers

VI.1 Introduction 43
VI.2 Éléments du profil en travers 43
VI.2.1 La chaussée 43
VI.2.2 La largeur roulable 43
VI.2.3 Plateforme 44
VI.2.4 L'assiette 44
VI.2.5 L'emprise 44
VI.2.6 Les accotements 44
VI.2.7 Bande dérasée 44

VI.2.8 B.D.G 44
VI.2.9 B.A.U 44
VI.2.10 Terre-plein central 44
VI.2.11 La berme 44
VI.2.12 Le fossé 44
VI.2.13 Sur largeur S 44
VI.3 Classification du profil en travers 45
VI.3.1 Profil en travers type 45
VI.3.2 Profil en travers courant 45
VI.4 Profil en travers type du projet 45

Chapitre VII. Cubatures

VII.1 Introduction 48
VII.2 Définition 48
VII.2.1 Cubatures 48
VII.2.2 Terrassements 48
VII.2.2.1 Classification des terrassements 49
VII.2.2.2 Classification des terrains 49
VII.2.2.3 Cubatures des terrassements 49
VII.3 Méthodes de calcul de cubature 49
VII.3.1 Formule de SARRAUS 50
VII.3.2 Méthode de GULDEN 51
VII.3.3 Méthode linéaire 51
VII.4 Application au projet 51

Chapitre VIII. Etude Géotechnique

VIII.1 Introduction 53
VIII.2 Utilité de l'étude géotechnique 53
VIII.3 Les objectifs 53

VIII.4 Les déférents essais en laboratoire 53
VIII.4.1 Les essais d'identification 53
VIII.4.1.1 Teneur en eau 53
VIII.4.1.2 Analyses granulométriques 53
VIII.4.1.3 Equivalent de sable 53
VIII.4.1.4 Limites d'Atterberg 54
VIII.4.1.5 L'essai au bleu de méthylène 54
VIII.4.1.6 Essai Proctor 54
VIII.4.1.7 Essai C.B.R (California Bearing Ratio) 54
VIII.4.1.8 Essai Los Angeles 54
VIII.4.1.9 Essai Micro Deval 54
VIII.4.2 Les essais in situ 54
VIII.4.2.1 Les forages 54
VIII.4.2.2 Essai pressiométriques 55
VIII.4.2.3 Essais pénétromètriques 55
VIII.5 Condition d'utilisation des sols en Remblais 55

Chapitre IX. Dimensionnement du corps de chaussées

IX.1 Introduction 56
IX.2 Définition de la chaussée 56
IX.3 Les différents types de chaussées 56
IX.3.1 Chaussée souple 57
IX.3.2 Chaussée rigide 57
IX.3.3 Chaussée semi-rigide 57
IX.4 Les principales méthodes de dimensionnement 58
IX.4.1 Méthode de C.B.R (CALIFORNIA – BEARING – RATIO) 58
IX.4.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves 60
IX.5 Application au projet 61

IX.5.1 Méthode CBR 61

IX.5.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves 63

IX.5.3 Mode de fonctionnement pour le type de structure 67

IX.5.4 Principe du programme ALIZE 71

IX.5.5 Conclusion 72

Chapitre X. Assainissement

X.1 Introduction 73

X.2 Objectif de l'assainissement 73

X.3 Quelques définitions 73

X.3.1 Bassin versant 73

X.3.2 Collecteur principal (canalisation) 73

X.3.3 Chambre de visite (cheminée) 73

X.3.4 Sacs 73

X.3.5 Passages submersibles 74

X.3.6 Fossés 74

X.3.7 Les dalots 74

X.3.8 Buse 74

X.4 Données pluviométriques 75

X.5 Calcul hydraulique 76

X.5.1 Calcul de précipitation 76

X.5.2 Calcul de l'intensité de l'averse 76

X.5.3 Surface des bassins versants (A) 76

X.5.4 Coefficient de ruissellement (C) 73

X.5.5 Calculs des débits 73

X.6 Dimensionnement des fosses 73

X.6.1 Calcul du rayon hydraulique 78

X.6.2 Calcul des dimensions des fosses 78

X.7 Dimensionnement des ouvrages traverses 79
X.7.1 Ouvrages d'assainissement 79
X.7.2 Dimensionnement des dalots 79
X.7.3 Dimensionnement des buses 79
X.8 Application au projet 81
X.8.1 Dimensionnement des fossés 81
X.8.1.1 L'intensité à l'averse It 81
X.8.1.2 La surface de bassin versant 81
X.8.1.3 Calcul de surface 81
X.8.1.4 Calcul des débits 82
X.8.1.5 Calcul de la hauteur h 82
X.8.2 Dimensionnement des dalots 82
X.8.2.1 Calcul des débits 82
X.8.2.2 Calcul de h 83
X.8.3 Dimensionnement des buses 83

Chapitre XI. Carrefour

XI.1 Introduction 85
XI.2 Types de carrefour 85
XI.2.1 Carrefour à trois branches (en T) 85
XI.2.2 Carrefour à trois branches (en Y) 85
XI.2.3 Carrefour à quatre branches (en croix) 85
XI.2.4 Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire 85
XI.3 Données utiles à l'aménagement d'un carrefour 86
XI.4 Principes généraux d'aménagement d'un carrefour 87
XI.4.1 La visibilité 87
XI.4.2 Triangle de visibilité 87
XI.4.3 Données de base 88

XI.4.4 Les îlots 88

XI.4.5 Ilot directionnel 88

XI.4.6 Les couloirs d'entrée et de sortie 88

XI.5 Application au projet 89

XI.5.1 Le premier carrefour 89

XI.5.2 Le deuxième carrefour 89

XI.5.3 Paramètre fondamentaux 90

XI.5.3.1 Route principale 90

XI.5.3.2 Route secondaire 90

Chapitre XII. Equipement de la route

XII.1 Introduction 91

XII.2 Objectifs de la signalisation routière 91

XII.3 Règles a respecté pour la signalisation 91

XII.4 Types de signalisation 91

XII.4.1 Signalisation verticale 91

XII.4.2 Signalisation horizontale 92

XII.5 Eclairage 95

XII.5.1 Introduction 95

XII.5.2 Classes d'éclairage public 95

XII.5.3 Eclairage d'un point singulier 95

XII.5.4 Paramètre de l'implantation des luminaires 95

XII.6 Application au projet 96

XII.6.1 Signalisation routière 96

XII.6.2 Eclairage 98

XII.6.2.1 Eclairage de la voie 98

XII.6.2.2 Eclairage carrefour 98

Chapitre XIII. Devis quantitatif et estimatif

XIII.1 Devis quantitatif et estimatif 99

Conclusion générale 103
Références 104

Annexe

LISTE DES FIGURES

Figure I.3-1 : Essais PCG 2

Figure I.3-2 : Etapes de la formulation 3

Figure I.4-2-1 : Essai de traction directe et module sécant 5

Figure I.5-1 : Centrale mobile à tambour sécheur enrobeur 6

Figure I.6-1 : Centrales avec pré enrobage à chaud ou froid 7

Figure I.7-1 : Benne à éjecteur 8

Figure I.8-1 : Application d'enrobés bitumineux 9

Figure I.8-1-1 : Compacteur à cylindres 10

Figure I.8-1-2 : Compacteur à pneus 10

Figure I.8-2-1 : Finisseur à table flottante 11

Figure I.8-3-1 : Enrobé à froid au finisseur 11

Figure II.1-1 : Localisation de la Wilaya de Boumerdes 12

Figure II.2-1 : Réseau routier de la wilaya de Boumerdes. 13

Figure II.5-1 : Localisation de la route nationale 68. 15

Figure II.5-2 : Début et fin du projet 15

Figure IV.3-2-2-1 : Forces agissant sur un véhicule dans un virage. 28

Figure V-5-1-1 : Calcul des pentes 37

Figure V-3-1-1 : Visibilité en raccordement convexe. 38

Figure V-3-2-1 : Visibilité en raccordement concave. 39

Figure V-5-1-1 : Calcul des pentes 40

Figure V-6-1 : L'ancien et le nouveau pont 42

Figure VI.2-1 : Les éléments du profil en travers 43

Figure VI.3-1-1 : Différents types de profil en travers 45

Figure VI.4-1 : Profil en travers n0 : P.11.....46

Figure VI.4-2 : Profil en travers n0 : P.7.....46

Figure VI.4-3 : Le profil en travers type en 2×2 voies du projet 47

Figure VII.3-1 : Les cubatures 50

Figure VII.3-1-1 : Méthode de SARRAUS.....50

Figure IX.3-1 : Type de chaussée.....57

Figure IX.4-2-1 : Démarche de catalogue.....60

Figure IX.5-1-2 : Dimensionnement par la méthode CBR. 62

Figure IX.5-2-1 : Classes de trafic TPLi adoptées en PL/j/sens. 63

Figure IX.5-2-8 : Dimensionnement par le catalogue.....67

Figure IX.5-3-1 : Mode de fonctionnement pour le type de structure 67

Figure IX.5-4-1 : Modélisation par alizé.....71

Figure IX.5-4-2 : Résultats par alizé LCPC. 72

Figure X.3-7-1 : Dalot.....74

Figure X.3-8-1 : Buse.....74

Figure X.6-1 : Les dimensions d'une fosse.....78

Figure X.7-2-1 : Les dimensions d'un dalot 79

Figure X.7-3-1 : Les dimensions d'une buse 80

Figure X.8-1-5-1 : Dimensions du fossé calculé.....82

Figure XI.2-1 : Types de carrefour.....86

Figure XI.4-1 : Les paramètres d'un carrefour giratoire.....87

Figure XI.4-4-1 : Construction des îlots séparateurs (rayon Rg < 15 m).....88

Figure XI.5-1-1 : Carrefour N : 1.....89

Figure XI.5-1-2 : Carrefour N : 2.....89

Figure XII.4-2-2 : Lignes longitudinales.....93

Figure XII.4-2-3 : Lignes transversales.....93

Figure XII.5-4-1 : Paramètres de l'implantation des luminaires.....96

Figure XII.5-1 : Lignes discontinue 96

Figure XII.5-2 : Lignes continue 97

Figure XII.5-3 : Les signaux de danger type A.....97

Figure XII.5-3 : Signalisation de direction.....98

LISTE DES TABLEAUX

Tableau III.5-2-4-1 : Les valeurs du coefficient k1 19

Tableau III.5-2-4-2 : Les valeurs du coefficient k2 20

Tableau III.5-2-4-3 : Les capacités théoriques 20

Tableau III.6-1 : les résultats de trafic (DTP de Boumerdes) 21

Tableau III.6-2 : les données de calcule (RN 68) 21

Tableau III.6-3 : Tableau récapitulatif des résultats des calculs 23

Tableau III.6-4 : Tableau de nombre de voies (N) 24

Tableau III.7-1 : Tableau récapitulatif des calculs 25

Tableau IV.4-1 : Rayons du tracé en plan (B40) 30

Tableau V-4-1 : Paramètres géométriques des rayons profil en long (B40). 37

Tableau V-3-1-2-2 : Hauteur Ho et Hg pour C2 38

Tableau V.2-1-2-1 : La déclivité maximale en fonction de la vitesse de référence. 40

Tableau IX.4-1-1 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau 59

Tableau IX.5-1-1 : Épaisseur réelle et équivalence de la chaussée 62

Tableau IX.5-2-2 : Classes de portance des sols Si 64

Tableau IX.5-2-3 : Classes de portance de sol-supports 64

Tableau IX.5-2-4 : Sur classement avec couche de forme en matériau non traité 65

Tableau IX.5-2-5 : Cas de notre sol support 65

Tableau IX.5-2-6 : Zones climatiques de pluviométrie 65

Tableau IX.5-2-7 : Choix des températures équivalentes 66

Tableau IX.5-2-9 : Résultat de deux méthodes 67

Tableau IX.5-3-2 : Valeur de coefficient d'agressivité A 68

Tableau IX.5-3-3 : Températures équivalentes 69

Tableau IX.5-3-4 : Valeurs des facteurs des matériaux traités au bitume 69

Tableau IX.5-3-5 : tableau récapitulatif pour notre cas 70

Tableau IX.5-4-5 : Résultats par alizé LCPC. 72

Tableau X.5-4-1 : Coefficient de ruissellement "c" 75

Tableau X.4-1 : Valeurs de variable du GAUSS en fonction de la fréquence 77

Tableau XII.4-2-1 : Modulations des lignes discontinues. 92

Tableau XIII.1-1 : Devis quantitatif et estimatif 99

Tableau XIII.1-2 : Récapitulation de devis 102

NOTATION ET SYMBOLES

$TJMA_n$: le trafic à l'année horizon.
$TJMA_0$: le trafic à l'année de référence.
n : nombre d'année.
τ : taux d'accroissement du trafic (%).
T_{eff} : trafic effectif à l'année horizon en (uvp).
Z : pourcentage de poids lourd.
P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds.
Q : débit de pointe horaire
1/n : coefficient de pointe horaire pris égal à 0.12.
K1 : coefficient lié à l'environnement.
K2 : coefficient de réduction de capacité.
C_{th} : capacité effective par voie.
S : coefficient de dissymétrie.
Q_{adm} : débit admissible par voie.
C.B.R : California -Bearing - Ratio.
L.C.P.C : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.
BB : béton bitumineux.
GB : grave bitumineux.
GT : grave traité.
GNT : grave non traité.
Sol.s : sol support.
e: épaisseur équivalente.
I_{CBR}: indice CBR (sol support).
N: désigne le nombre journalier de poids lourd à vide à l'année horizon.
P: charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).
Log: logarithme décimal.
a1, a2, a3 : coefficients d'équivalence de matériau par référence à un grave concassé.
e1, e2, e3 : épaisseurs réelles des couches.
θ : température équivalente.
ε_t : la déformation de traction par traction à la base des couches bitumineuses.
ε_z : la déformation verticale sur le sol support.
Lmin : longueur minimale.
Lmax : longueur maximale.
F : résultante des réactions tangentielles.
F1 et F2 : réactions tangentielles.
RH min : Rayon horizontal minimal absolu (m).
RHN : Rayon horizontal normal (m).
RHd : Rayon horizontal déversé (m).
RHnd : Rayon horizontal non déversé (m).
d_{max} : divers maximal.
d_{min} : divers minimal.
VB : vitesse de référence.

R : rayon en (m).
Δd : la variation de divers.
Imin : déclivité minimal.
Imax : déclivité maximal.
g : accélérations de la pesanteur.
Rv : c'est le rayon vertical (m).
Vr : vitesse de référence (km /h).
SD : distance de visibilité disponible (m).
Rv : rayon vertical convexe (m).
ho : hauteur de l'œil du conducteur (m).
hg : hauteur de l'obstacle (m).
S [m] : distance de visibilité disponible (distance d'éclairage)
Rv' [m] : rayon vertical concave
TN : Terrain Naturelle.
SD : Surface Déblai.
SR : Surface Remblai.
Rg : Le rayon de giratoire.
La : Largeur de l'anneau.
sL_f : Sur-largeur franchissable.
Ri : Rayon intérieur.
Re : Le rayon de l'entrée.
Rs : Le rayon de sortie.
R_r : Rayon de raccordement.
Le : Voie d'entrée.
Ls : Voie de sortie.
P_{24} =Pj : Les précipitations moyennes de 24h.
Cv : Le coefficient de variation de la région considérée.
b : L'exposant climatique de la région
I : l'intensité de l'averse pour une durée de 1h.
C : Coefficient de ruissellement
K : coefficient de concentration K = 1/360.
A : superficie du bassin versant exprimée en ha.
Rh : rayon hydraulique.
i : pente de l'ouvrage d'évacuation.
Kst : coefficient de strickler .
S = section du profil mouille / périmètre du profil mouille.
S_m : surface mouillée.
P_m : périmètre mouillé.
R : rayon hydraulique
P : pente du talus P =1/n.
It : L'intensité à l'averse.
Q_c : débit rapporté par la chaussée.
Q_A : débit rapporté par l'accotement.
Q_t : débit rapporté par le talus.

C_c : coefficient de ruissellement de la chaussée.
C_A : coefficient de ruissellement de l'accotement.
C_t : coefficient de ruissellement du talus.
A_c : surface de la chaussée.
A_A : surface de l'accotement.
A_t : surface du talus.
S : section transversale.
V : vitesse d'écoulement en m/s.
Rh : Rayon en (m) de la section de la canalisation (rayon hydraulique).
I : pente de la conduite en (%).

INTRODUCTION GENERALE

Introduction général

Les infrastructures routières doivent présenter une efficacité économique et sociale. A travers des avantages et des coûts sociaux des aménagements réalisés, elles sont le principal vecteur de communication et d'échange entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie sociale.

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant par saturation c.-à-d. par l'augmentation du nombre de véhicules, d'autre terme le Trafic, il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions et d'en quantifier précisément les composantes.

Ceci pousse à mener des études techniques d'aménagement à moyen terme, en tenant compte de l'évolution de trafic tant sur le plan importance mais aussi en composition (véhicules lourds et véhicules légers) pouvant desservir la population d'une part ainsi que les zones d'activité d'autre part

D'où la nécessité de notre étude, qui consiste à faire l'étude de dédoublement d'un tronçon de la route nationale 68 sur un linéaire de 11 Km qui se situe dans la wilaya de Boumerdes reliant la localité de Bordj Menaiel- Cap Djinet

Ce projet, dans ses grandes phases, est constitué de :

- Une recherche bibliographie sur fabrication, transport et mise en œuvre des enrobés.
- La conception géométrique de la route (Trace en plan, profil en long et profil en travers par logiciel Autocad civil 3d 2019).
- La conception structurale (composée de l'étude du trafic et dimensionnement de la Chaussée).
- Etude géotechnique, étude d'assainissement, étude de carrefour, équipement de la route ainsi le calcule de devis quantitatif et estimatif.

CHAPITRE I.
RECHERCHE BIBILIOGHRAPHIE

I.1 Introduction :

Fabrication, transport et mise en œuvre des enrobés, chacune de ces étapes doit faire l'objet du respect de spécifications précises et d'une maîtrise de la qualité afin que le produit, répandu in situ, puisse bénéficier des performances optimales.

I.2 Fabrication des enrobés :

La fabrication des enrobés bitumineux s'est développée de manière industrielle à partir des années 1930.

Les principes fondamentaux de l'enrobage restent, depuis l'origine, marqués par la coexistence de deux systèmes de fabrication : continu ou discontinu.

Les enrobés bitumineux sont fabriqués dans les postes d'enrobage.

Les centrales d'enrobage sont du type fixe ou mobile.

I.3 Formulation des enrobés bitumineux :

A partir des années 1960 ont été établis les principes encore en vigueur de la formulation des enrobés et améliorés au fil du temps.
L'étude de formulation consiste en une série de compromis, puisque le comportement de l'enrobé oscille entre sensibilité aux déformations permanentes et à la fissuration par fatigue ou au désenrobage par arrachement des granulats.



Figure I.3-1 : Essais PCG

L'objet de l'étude de formulation est de définir les dosages des divers constituants capables d'atteindre et d'assurer, au cours de la vie de l'ouvrage réalisé, le maintien à un niveau satisfaisant des performances.

Les caractéristiques de laboratoire du mélange étudié constituent des indicateurs des futures propriétés d'usage.

L'action du formulateur de mélanges hydrocarbonés peut donc être décomposée chronologiquement en trois phases principales :

- la sélection et l'identification des constituants ;

- la mise au point du mélange ;

- l'épreuve de formulation.

A l'issue de l'épreuve de formulation, on connaît les performances de l'enrobé, la nature et le dosage de chaque constituant et la courbe granulométrique.

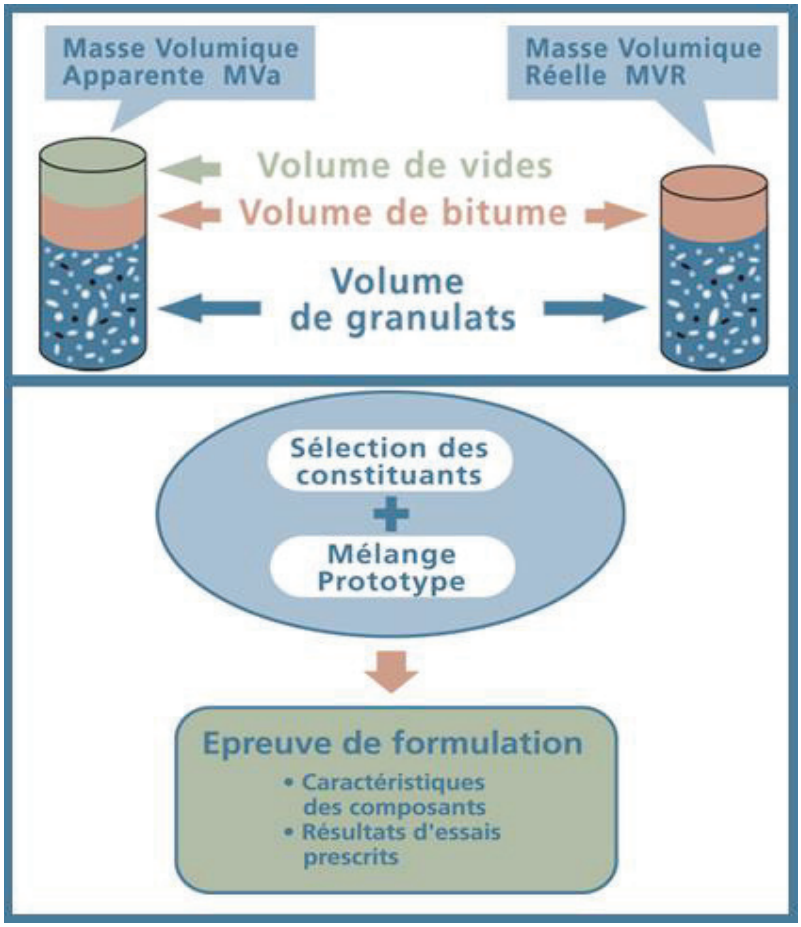


Figure I.3-2 : Etapes de la formulation

I.3.1 Les différentes étapes de la formulation :

I.3.1.1 Etude complète :

- ✓ L'étude commence par la sélection et l'identification de tous les constituants potentiels : granulats, fines, liant, additifs éventuels ;
- ✓ Le formulateur choisit alors une formule "prototype" ;

- ✓ La première phase d'évaluation de la formule est l'étude de la compactabilité du mélange à l'aide de la PCG ;
- ✓ La phase suivante correspond à l'évaluation de la sensibilité à l'eau du mélange par essai Duriez ;
- ✓ La résistance du mélange aux déformations permanentes est essayée à l'aide de l'orniéreur LPC. A l'issue de cette étape la formule est en principe fixée ;
- ✓ Sur la formule optimisée, on détermine les caractéristiques de dimensionnement le module de rigidité et la tenue en fatigue.

I.3.1.2 Vérification d'une formule connue :

- ✓ Dans ce cas on se contente de réaliser les essais PCG et Duriez sur la formule nominale.

I.3.2 Influence des paramètres de la formulation :

I.3.2.1 Le bitume :

Un fort dosage en bitume augmente la durée de vie du matériau. Les caractéristiques de l'enrobé s'améliorent en augmentant la dureté du bitume.

I.3.2.2 Le filler :

Le rôle du filler est de remplir les vides et d'augmenter la compacité.

I.3.2.3 Les granulats :

La compacité et la stabilité s'améliorent avec l'accroissement de la granularité. Les formules semi grenues permettent une meilleure compactabilité que les formules grenues.

L'angularité croissante conduit à des enrobés de plus en plus stables mécaniquement.

I.3.2.4 La compacité :

Une bonne compacité conditionne les performances mécaniques des enrobés.

I.3.3 La méthodologie :

Les méthodologies de formulation combinent deux approches :

- ✓ une approche rationnelle, fondée sur l'évaluation de performances liées au fonctionnement de la structure de chaussée ;
- ✓ une approche empirique fondée sur des observations in situ.

Quelle que soit l'approche, la réussite finale dépend de la qualité et de la régularité, tant des constituants de base que des produits finaux.

I.4 Caractéristiques de base :

La circulation des usagers de la route dans des conditions optimales de sécurité et de confort implique certaines propriétés pour les matériaux de la chaussée.

La nature et le niveau des performances requises sont fonction des sollicitations que subit la chaussée de la part de son environnement climatique et de la circulation du trafic lourd.

Pour assurer une mise en œuvre convenable, l'enrobé doit être à la fois : maniable, homogène et sans ségrégation.

Les caractéristiques attachées à l'ouvrage en service sont à mettre en relation avec les différentes couches constitutives de la structure de chaussée.

Les propriétés recherchées pour les enrobés sont : imperméabilité, rugosité, résistance aux déformations permanentes, rigidité, longévité et résistance à l'action de l'eau.

I.4.1 Caractéristiques pour le dimensionnement des chaussées :

Les caractéristiques mécaniques des enrobés bitumineux utilisées dans la méthode de calcul des chaussées sont :

- ✓ la donnée du module de Young et du coefficient de Poisson pris égal à 0,35.
- ✓ L'endommagement par fatigue.

Les caractéristiques mécaniques des enrobés dépendent de la température et de la fréquence de sollicitation.

Le calcul doit être fait pour des valeurs représentatives des conditions du projet.

I.4.2 Essais pour caractériser les propriétés de base :

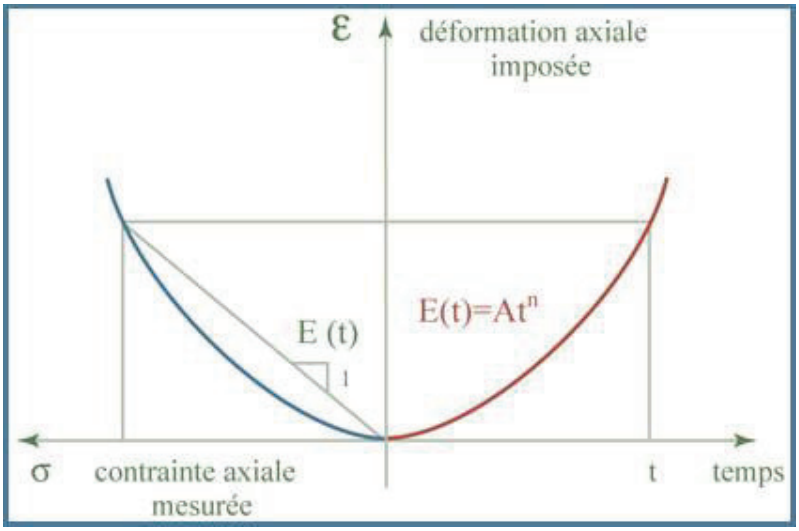


Figure I.4-2-1 : Essai de traction directe et module sécant

On utilise les essais suivants :

- ✓ Prévision du comportement à la mise en place et compacité : essai à la presse à cisaillement giratoire (ou essai PCG), essai Marshall, essai d'égouttage.
- ✓ Tenue à l'eau : essai Duriez.
- ✓ Détermination du module : l'essai de module complexe, l'essai de détermination du module en traction directe, l'essai de compression diamétrale.
- ✓ Le comportement en fatigue : l'essai de fatigue normalisé.

- ✓ La résistance à l'orniérage : essai à l'orniéreur, essai de fluage, essai de fluage statique, essai de fluage dynamique.
- ✓ Le comportement à basse température : l'essai de traction directe, l'essai de retrait empêché, l'essai de relaxation.
- ✓ Essai pour l'étude des systèmes anti remontée des fissures.

I.5 Centrales d'enrobage à chaud :



Figure I.5-1 : Centrale mobile à tambour sécheur enrobeur

La fabrication des enrobés consiste à sécher et chauffer les granulats, puis à les mélanger avec du filler et du bitume.

Les produits obtenus sont soit directement déversés dans les camions, soit stockés dans les trémies ou silos avant leur transport sur les sites d'application.

Leur capacités sont variables mais un grand nombre d'entre elles peuvent produire 1000 tonnes d'enrobés par jour, c'est-à-dire traiter 950 tonnes de granulats et 50 tonnes environ de bitume.

I.6 Centrales d'enrobage à froid :

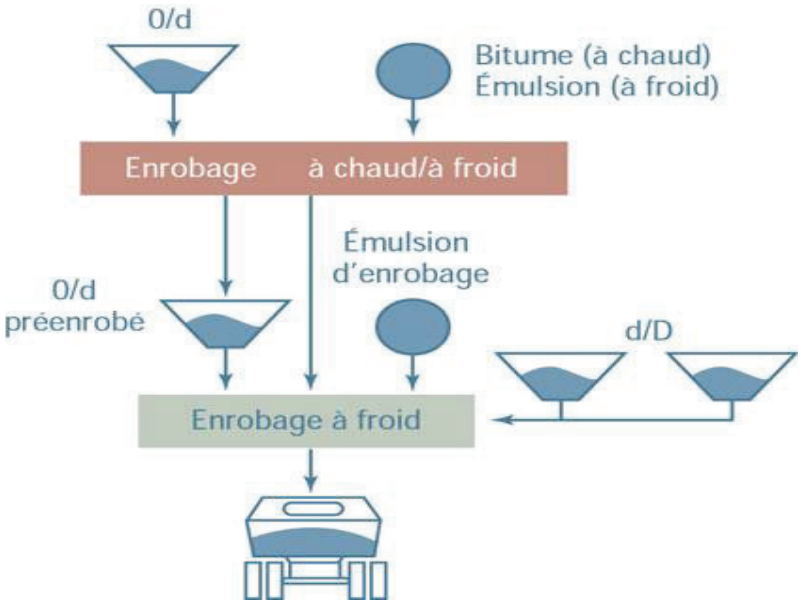


Figure I.6-1 : Centrales avec pré enrobage à chaud ou froid

Ce sont des installations permettant de fabriquer :

- ✓ des graves émulsions, en version fixe et en version mobile, le plus souvent continues, quelquefois discontinues ;
- ✓ des enrobés à froid stockables ;
- ✓ des bétons bitumineux à froid.

Les enrobés coulés à froid (ECF) constituent un cas particulier car la fabrication et la mise en œuvre sont effectuées par une même machine.

I.7 Transport des enrobés :



Figure I.7-1 : Benne à éjecteur

I.7.1 Type de camion :

Le choix des types de camions est fonction des types de chantiers et de l'éloignement de la centrale de fabrication.

Pour les chantiers importants ou moyens la semi-remorque benne est le système le plus largement utilisé : 25 à 27 tonnes de charge mobile.

Pour des petits chantiers ou des chantiers à fort devers des camions "6x4" avec charge utile de 13 à 14 tonnes sont les mieux adaptés.

Pour des cas particuliers "4x2" avec charge utile 8 à 9 tonnes, peuvent être employés.

Quels que soient les camions ou ensembles utilisés les bennes doivent être adaptées au transport des enrobés et au déversement dans la trémie du finisseur ou de son alimentate.

I.7.2 Le Bon de Pesée :

L'opération de chargement d'effectue le plus souvent sous une trémie de stockage d'enrobés.

La pesée du camion s'effectue de plus en plus souvent sous la trémie.

Le bon de pesée est un document obligatoire pour le transport. Il doit mentionner, entre autres :

- ✓ le poids à vide, le poids en charge, le poids net du produit transporté ;

- ✓ la nature du produit ;
- ✓ le destinataire et le lieu de destination du produit transporté.

I.8 Mise en œuvre des enrobés :



Figure I.8-1 : Application d'enrobés bitumineux

Les tonnages d'enrobés répandus journellement déterminent les moyens de répandage :

- ✓ Sur autoroute pour une double voie de circulation, on choisit une seule machine (finisseur), généralement avec un alimentateur en continu de grand débit ;
- ✓ En renforcement sous circulation, on opère par demi-chaussée avec une machine moins puissante ;
- ✓ En construction/entretien de voirie où les largeurs de travail ne sont pas constantes, on utilise un finisseur équipé d'une table télescopique.

La mise en œuvre consiste à répandre les enrobés en épaisseur constante préalablement déterminée, puis à les compacter.

I.8.1 Le compactage des mélanges bitumineux :

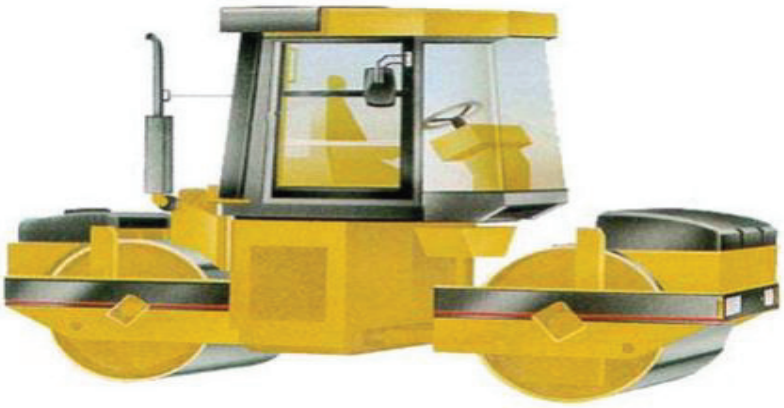


Figure I.8-1-1 : Compacteur à cylindres

Le compactage est la mise en place du matériau suivant un arrangement optimum en volume des éléments.

Le compactage est assuré par des cylindres vibrants ou non.



Figure I.8-1-2 : Compacteur à pneus

La gamme de machines de compactage à chaud est vaste :

- ✓ compacteurs à cylindres statiques ou vibrants ;
- ✓ compacteur à pneumatiques ;
- ✓ compacteurs mixtes constitués d'une bille vibrante et d'un train de pneumatiques.

I.8.2 Le répandage des enrobés à chaud :

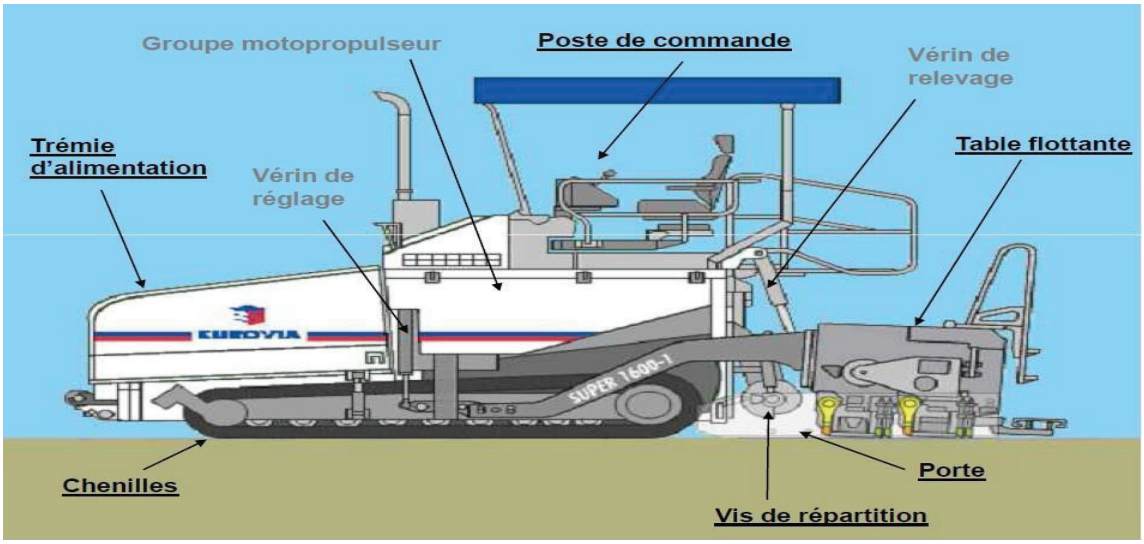


Figure I.8-2-1 : Finisseur à table flottante

Les opérations de répandage à chaud doivent assurer la répartition de l'enrobé dans le profil en travers et le profil en long, le réglage de l'épaisseur et le respect du nivellement et de l'uni de la couche.

Un matériel a été spécialement conçu pour la mise en œuvre des enrobés : **LE FINISSEUR.**

Aujourd'hui le système du finisseur à table flottante s'est imposé pratiquement.

I.8.3 Le répandage des enrobés à froid :



Figure I.8-3-1 : Enrobé à froid au finisseur

Le répandage des mélanges à froid se fait avec les moyens existants : finisseur, ou niveleuse et compactage ave le même type de compacteurs que pour les enrobés à chaud.

CHAPITRE II. PRESENTATION GENERALE DU PROJET

II.1 Présentation de la wilaya :

La wilaya de Boumerdes est une wilaya algérienne situes dans le nord du pays, entre la région de l'Algérois et la basse Kabylie à l'ouest de TiziOuzou.

La wilaya se situe au nord du pays sur 100 km du littoral à 45 km d'Alger. Boumerdes est une wilaya côtière du centre de pays qui s'étend sur une superficie de **1456,16 km²** et compte une population de **802083** habitants (**Estimation 2008**), elle compte 9 Daïras et 32 communes avec 100 km de profil littoral allant du cap de Boudouaou ElBahri a l'Ouest, à la limite Est de la commune de Afir.

Elle est délimitée :

- ✓ Au nord, par la Méditerranée ;
- ✓ A l'ouest, par les wilayas d'Alger et de Blida ;
- ✓ A l'est, par la wilaya de Tizi Ouzou
- ✓ Au sud, par la wilaya de Bouira.



Figure II.1-1 : Localisation de la Wilaya de Boumerdes

II.2 Le réseau routier de la wilaya:

- ✓ **RN (Routes nationales) :** 281.965 Km
- ✓ **CW (Chemins de wilaya) :** 383.6 Km
- ✓ **CC (Chemin communaux) :** 990 Km

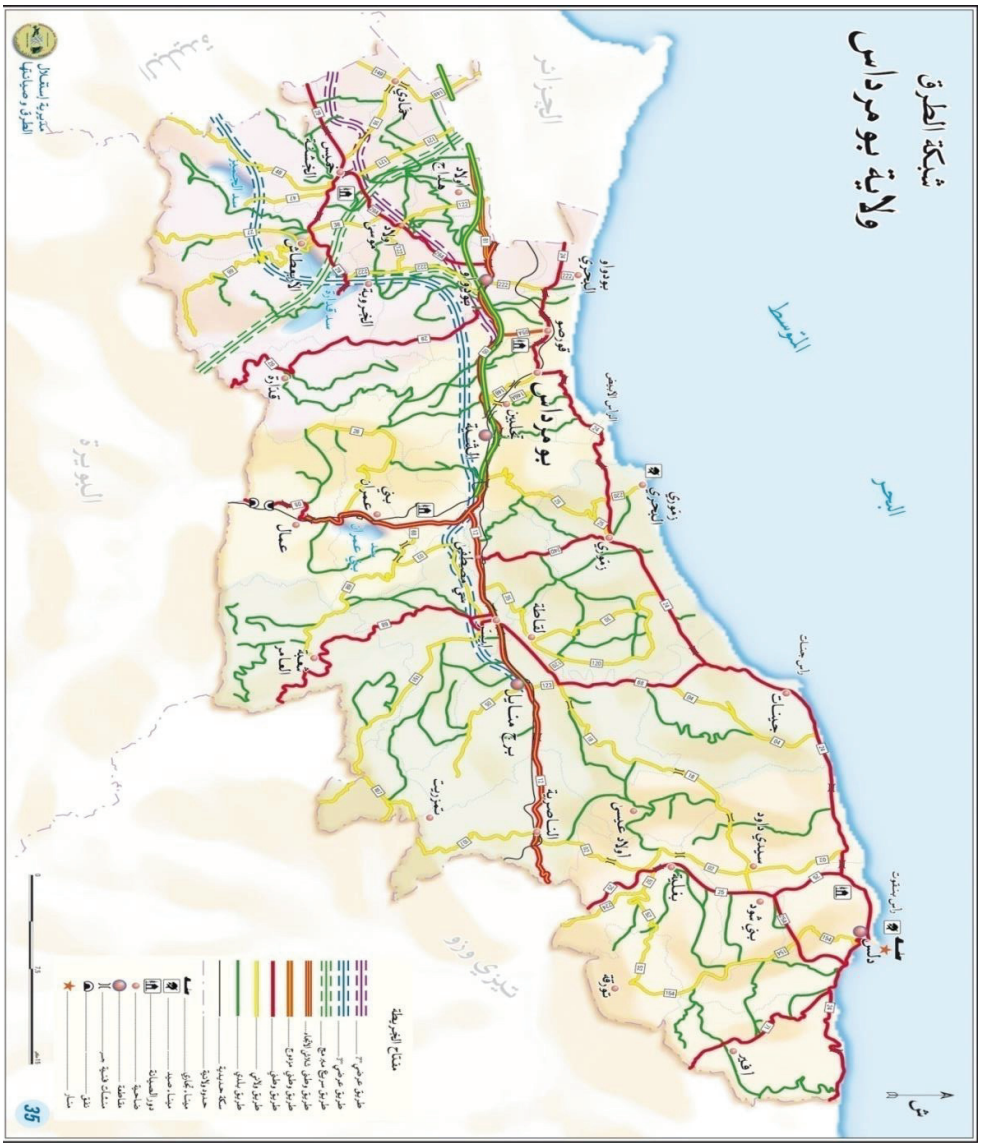


Figure II.2-1 : Réseau routier de la wilaya de Boumerdes.

II.3 Nombre d ouvrage d'art :

- ✓ Nombre d'ouvrage d'art sur **RN (104)**
- ✓ Nombre d'ouvrage d'art sur **CW (26)**
- ✓ Nombre d'ouvrage d'art sur **CC (32)**

II.4 Routes nationales traversant la wilaya de Boumerdes :

- ✓ RN 24 (Alger-Boumerdes-Bejaia).
- ✓ RN 12 (Boumerdes-Tizi ouzou-Bejaia).
- ✓ RN 68 (Draa EL mizan(Bouira)-Boumerdes).
- ✓ RN 5 (Alger-Boumerdes-Constantine).
- ✓ RN 25 (Tagdemt(Tiaret)-Baghlia(Boumerdes)).
- ✓ RN 29 (lakhdaria(Bouira)-Boumerdes-Blida).
- ✓ A1(autoroute Est-Ouest)

II.5 Présentation du projet :

La route nationale 68 d'une distance de 59Km relie les deux communes (Draa El Mizan et Djinet), en passant par (Draâ El Mizan - Boufhaima - Tizi Gheniff - Chabet El Ameur - Isser - Legata - Djinet).

Le projet consiste de dédoubler la chaussée existante de la RN68 (Bordj Menaiel- Cap Djinet) ; le projet s'inscrit dans le cadre d'une démarche globale de mise à niveau de l'un des axes les plus importants sur les plans socio-économique et stratégique. Cette section à étudier sur une longueur de 11 km présente :

- ✓ Un trafic journalier moyen important estimé à l'ordre 7453v/j (TJMA2013).
- ✓ Le pourcentage du poids lourds est de 8.5%.

- ✓ Notre route, selon son utilité publique jugée capitale et vis-à-vis de sa situation géographique, elle est donc classée en catégorie C2.
- ✓ La situation de notre projet comme étant un relief plat de sinuosités moyenne, il est donc classifié en un environnement E2.
- ✓ La vitesse de base du projet est estimée à 80 km/h.



Figure II.5-1 : Localisation de la route nationale 68.

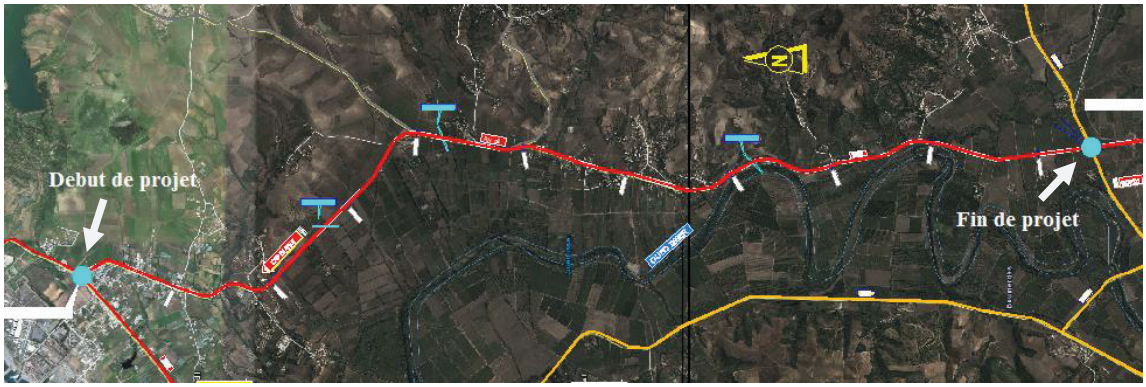


Figure II.5-2 : Début et fin de projet.

II.6 Les objectifs principaux de ce projet :

L'objectif principal de la présente étude consiste à faire la conception du dédoublement de la route existante en 2x2 voies avec un terre-plein central (TPC) et, procéder au renforcement de la chaussée existante. Sachant que le profil en travers de la route existante se présente comme suit :

- ✓ Une chaussée bidirectionnelle de largeur 7m.
- ✓ Un accotement de largeur 2m.

Pour atteindre l'objectif visé, notre travail a été structuré comme suit :

- ✓ Étudier le trafic afin de justifier l'utilité de l'aménagement prévu.
- ✓ Concevoir la géométrie en plan, en long et en travers du projet.
- ✓ Procéder à un dimensionnement des corps de chaussées neufs pour la partie projetée et un renforcement pour la partie existante.

CHAPITRE III.
ETUDE DE TRAFIC

III.1 Introduction :

L'étude du trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un pays ou une région, elle représente une partie appréciable des études de transport, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers.

Cette conception repose, pour partie « stratégie et planification » sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, elle est nécessaires pour :

- Apprécier la valeur économique des projets routiers.
- Estimer les coûts d'entretien du réseau routier, qui sont en fonction du volume de circulation.
- Définir les caractéristiques techniques des différentes tranches de la route constituant le réseau qui doit être adapté au volume et la nature des circulations attendues (nombres de voies).
- Estimer les coûts de fonctionnement des véhicules.

III.2 Définition des trafics supportés par le réseau :

Pour les trois phases indiquées ci-dessus, les résultats à attendre concernent les points suivants :

- les niveaux de trafic : il s'agit généralement des niveaux moyens de l'année (Trafic Moyen Journalier Annuel) éventuellement des niveaux moyens d'été et d'hiver et des niveaux en périodes de pointe (jours les plus fréquentés de l'année).
- la nature du trafic : analyse de la répartition du trafic entre les différentes catégories d'usagers (véhicules légers, poids lourds, éventuellement deux roues et véhicules agricoles).
- la fonction de l'infrastructure : analyse de la répartition par type de trafic (trafic local, trafic d'échange, trafic de transit). dans le cas de réseaux maillés complexes, le trafic sera décomposé en relations origine destination. Si nécessaire, on analysera également la répartition par motif pour les véhicules légers.

III.3 Analyse du trafic :

Pour connaître en un point et à un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage. Ces derniers nécessitent une logistique et une organisation appropriées

Les analyses de circulation sur les diverses artères du réseau routier sont nécessaires pour l'élaboration des plans d'aménagement ou de transformation de l'infrastructure, détermination des dimensions à donner aux routes et appréciation d'utilité des travaux projetés.

III.3.1 Les éléments de ces analyses sont multiples :

- Statistiques générales ;
- Comptages sur routes (manuels, automatique) ;
- Enquêtes de circulation

III.4 Différents types de trafics :

III.4.1 Trafic normal :

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet.

III.4.2 Trafic dévié :

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

III.4.3 Trafic induit :

C'est le trafic qui résulte de :

- Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectue et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.
- Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

III.4.4 Trafic total :

Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévie.

III.5 Capacité d'une route :

III.5.1 Définition de la capacité :

La capacité est le nombre des véhicules qui peuvent raisonnablement passer sur une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propre durant une période bien déterminer, la capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

III.5.2 La procédure de détermination de nombre de voies :

Le choix de nombre de voies résulte de la comparaison entre l'offre et la demande, c'est à dire, le débit admissible et le trafic prévisible à l'année d'exploitation.

Pour cela il est donc nécessaire d'évaluer le débit horaire à l'heure de pointe pour la vingtième année d'exploitation

III.5.2.1 Calcul de TJMA horizon :

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est :

$$TJMA_n = TJMA_0 (1+ \tau)^n$$

- ✓ $TJMA_n$: le trafic à l'année horizon.
- ✓ $TJMA_0$: le trafic à l'année de référence.
- ✓ n : nombre d'année.
- ✓ τ : taux d'accroissement du trafic (%).

III.5.2.2 Calcul des trafics effectifs :

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de Type de route et de l'environnement :

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P).

Le trafic effectif donné par la relation :

$$\mathbf{T_{eff} = [(1 - Z) + PZ]. TMJA_n}$$

- ✓ T_{eff} : trafic effectif à l'année horizon en (uvp).
- ✓ Z : pourcentage de poids lourd.
- ✓ P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds il dépend de la nature de la route.

III.5.2.3 Débit de point horaire normal :

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon il est exprimé en unité de véhicule particulier (uvp) et donné par la formule :

$$\mathbf{Q = (1/n).T_{eff}}$$

- ✓ Q : débit de pointe horaire
- ✓ 1/n : coefficient de pointe horaire pris égal à 0.12, (en général n=8heures)
- ✓ Teff : trafic effectif

III.5.2.4 Débit horaire admissible :

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule:

$$\mathbf{Q_{adm} = K1.K2.C_{th}}$$

- ✓ K1 : coefficient lié à l'environnement.
- ✓ K2 : coefficient de réduction de capacité.
- ✓ C_{th} : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut éculer en régime stable.

- Valeurs de K1 :

Tableau III.5-2-4-1 : Les valeurs du coefficient k1

Environnement	E_1	E_2	E_3
K_1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

- Valeurs de K2 :

Tableau III.5-2-4-2 : Les valeurs du coefficient k2

	Catégorie de la route				
environnement	1	2	3	4	5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

- Valeurs de C_{th} :

Tableau III.5-2-4-3 : Les capacités théoriques

Route	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3,5 m	1800 uvp/h des 2 voies cumulées
Route à 3 voies de 3,5 m	2800 uvp/h des 2 voies cumulées
Route à chaussées séparées	1800 uvp/h des 2 voies cumulées

III.5.2.5 Calcul le nombre de voies :

- Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On compare Q à Q_{adm} et on prend le profil permettant d'avoir :

$$\mathbf{Q \leq (Q_{adm}).}$$

- Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :

$$\mathbf{N = S*Q/Q_{adm}}$$

Tel que :

- ✓ S : coefficient de dissymétrie, en général =2/3.
- ✓ Q_{adm} : débit admissible par voie.

III.6 Application au projet :

Connaissant le débit actuel et son développement dans l'avenir, on déterminera la largeur de la chaussée pour qu'elle puisse écouler dans les conditions acceptables des fortes circulations prévisibles.

Pour effectuer ces calculs qui nous donnerons le nombre des voies à adopter pour ce tronçon, nous exploiterons les résultats obtenus à partir des comptages effectués par le service concerné du DTP DE BOUMERDES en 2013 et ceci par application des formules citées ci-dessus :
Les données de trafic :

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par DTP de Boumerdes nous avons :

Tableau III.6-1 : les résultats de trafic (DTP de Boumerdes)

- Le trafic à l'année **2013**	TJMA2013= 7453v/j
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté	τ= 4%
- Le pourcentage de poids lourds	Z= 8.5%
- L'année de mise en service sera en	**2022**
- La durée de vie estimée de	20 ans
- Catégorie	C2
- L'environnement	E2

Tableau III.6-2 : les données de calcule (RN 68)

	Comptage (V/J)	Année comptage	%PL	Année service	Taux Accroissement	Durée de vie	K1	K2
RN 68 C2 ;E2	7453	2013	8.5%	2026	4%	20	0.85	0.99

Détermination de nombre des voies :

- Trafic de l'année mise en service (2026) :

$$TJMA_n = TJMA_0 (1+\tau)^n$$

$$\textbf{TJMA2026}= 7453 \times (1 + 0.04)^{(2026-2013)} = 12409 \text{ v/j.}$$

$TJMA_{2026}$ = 12409 v/j

- Trafic à l'année horizon (2040) :

Trafic à l'année (2042) pour une durée de vie de 20 Ans

$$\textbf{TJMA2046} = 12409 \times (1 + 0{,}04)^{(2046-2026)} = 27189 \text{ v/j.}$$

$TJMA_{2046}$=27189 v/j

- Trafic effectif :

$$T_{eff} = TJMA_n [(1 – Z) + Z.P]$$

Calcul du trafic effectif :

1. Chaussées à 2 voies :

Teff = 27189x [(1 - 0.15) +6x 0.15] = 47580.75 uvp/j

2. Chaussées à 3 voies :

Teff =27189 x [(1 – 0.15) +5x 0.15] = 43502.4 uvp/j

3. 1 voie d'une route à chaussées séparées :

Teff =27189 x [(1 - 0.15) +4x 0.15] =39424.05 uvp/j

- Débit Horaire Admissible :

- $Q_{adm} = K1.K2.C_{th}$

-

Calcul du Débit Horaire Admissible :

1. Chaussées à 2 voies :

Qadm = 0.85x0.99x1800= 1515 uvp/h

2. Chaussées à 3 voies :

Qadm = 0.85x0.99x2800= 2356 uvp/h

3. 1 voie d'une route à chaussées séparées :

Qadm = 0.85x0.99x1800= 1515 uvp/h

- Débit De Pointe Horaire Normal :

Calcul du Débit De Pointe Horaire Normal

1. Chaussées à 2 voies :

Q= 0.12 x47580.75 = 5709.69 uvp/h

2. Chaussées à 3 voies :

$$Q= 0.12 \times 43502.4 = 5220.288 \text{ uvp/h}$$

3. 1 voie d'une route à chaussées séparées :

$$Q= 0.12 \times 39424.05 = 4730.886 \text{ uvp/h}$$

Tableau III.6-3 : Tableau récapitulatif des résultats des calculs

	P	**Cth (uvp/h)**	**Qadm (uvp/h)**	**TMJA service (v/j)**	**TMJA horizon (v/j)**	**Teff (uvp/j)**	**Q (uvp/h)**
Chaussées à 2 voies	**6**	**1800**	**1515**	**12409**	**27189**	**47580.75**	**5709.69**
Chaussées à 3 voies	**5**	**2800**	**2356**	**12409**	**27189**	**43502.4**	**5220.288**
1 voie d'une route à chaussées séparées	**4**	**1800**	**1515**	**12409**	**27189**	**39424.05**	**4730.886**

On peut remarquer que :

- La chaussée **à 2 voies** ne suffit pas car le débit admissible sur une 2 voies est

Qadm=1515 < Q=5709.69 uvp/h.

- La chaussée **à 3 voies** ne suffit pas car le débit admissible sur une 3 voies est

Qadm=2356 < Q=5220.288 uvp/h.

- Par conséquent le profil en travers de la route doit être du type chaussé Séparées

2×N (avec N nombre de voies est calculé sur le tableau suivant) :

Tableau III.6-4 : Tableau de nombre de voies (N)

	Débit de pointe q dissymétrique Du sens le plus chargé (q=2/3Q)	**Nombre de voies par sens (N =q/ Qadm)**
1voie d'une route à chaussées séparées	**3153.924**	**2.08**

III.7 Conclusion :

On conclue il sera opté pour un profil en travers 2×2 voies

- Calcul de l'année de saturation de 2×2 :

$$\mathbf{T_{eff}(2026) = TJMA_{2026}\,[(1 - Z) + Z.P]}$$

$T_{eff}(2026) = [(1 - 0,15) + 4\times0,15] \times 12409$

Teff (2026) = 17993.05 uvp/j.

Q(2026) = 0,12 ×15870.25 =2159.166 uvp/h.

Donc : Q=2159.166 uvp/h.

$$\mathbf{Q_{saturation} = 4\ x\ Qadm.}$$

Qsaturation = 4×1515 = 6060 uvp/h

Qsaturation = $(1+ \tau)^n \times Q(2026)$

$$\boldsymbol{n = \frac{\ln(\frac{Qsaturation}{Q(2026)})}{\ln(1 + \tau)}}$$

$$n = \frac{\ln(\frac{6060}{2159.166})}{\ln(1+0.04)} = 26.31 = 27\text{ans}$$

Donc : **n= 27 ans.**

D'où notre route sera saturée **27 ans** après la mise en service, donc l'année de saturation est l'année : **2053.** Par conséquent le trafic restera théoriquement fluide bien au-delà de **l'année horizon 2046.**

Tableau III.7-1 : Tableau récapitulatif des calculs

TMJA2026 (v/j)	TMJA2046 (v/j)	Teff 2046 (uvp/j)	Q2046 (uvp/h)	N (nombre de voies par sens)
12409	27189	39424.05	4730.886	2

CHAPITRE IV.

TRACE EN PLAN

IV.1 Introduction :

Par définition, le tracé en situation ou en plan ou encore tracé horizontal représente la projection verticale sur un plan horizontal de la route dans l'espace, ce plan est en général une carte topographique ou un plan de situation ou le relief du terrain est représenté par les courbes de niveau.

En générale, il est constitué d'alignements droits raccordés par des courbes.

Il est caractérisé par la vitesse de référence appelée aussi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaire de la route. Mais la pratique des grandes vitesses a imposé d'éléments supplémentaires comme les raccordements progressifs entre les alignements droits et les courbes.

IV.2 Les règles à respecter pour le tracé en plan :

- Appliquer les normes du B40 si possible.
- S'inscrire dans le couloir choisi.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- Adapter au maximum le terrain naturel.
- Se raccorder sur les réseaux routiers existants ;
- Eviter de passer sur les terrains agricoles si possibles.
- Appliquer les normes de l'ARP si possible.
- Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques.

IV.3 Les éléments du tracé en plan :

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

- Des droites (alignements).
- Des arcs de cercle.
- Des courbes de raccordement progressives.

IV.3.1 Les alignements :

Il existe une longueur minimale d'alignement Lmin qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance

parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles.

IV.3.1.1 Longueur maximale :

Pour réduire les effets de monotonie et d'éblouissement, la longueur maximale d'un alignement est prise égale à la distance parcourue pendant (01) minute à la vitesse v (m/s) :

Lmax =T.V avec V en (m/s)

$$\mathbf{Lmax} = \frac{\mathbf{60 \times V(km/h)}}{\mathbf{3.6}}$$

- ✓ T=60 sec
- ✓ V : vitesse de base en km/h.

IV.3.1.2 Longueur minimale :
Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps t d'adaptation.

Lmin = T.V avec V en (m/s)

$$\mathbf{Lmin} = \frac{\mathbf{5 \times V(km/h)}}{\mathbf{3.6}}$$

- ✓ T=5 sec
- ✓ V : vitesse de base en km/h.

IV.3.2 Les arcs de cercle.

IV.3.2.1 Arcs de cercle :
Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- Stabilité des véhicules en courbe.
- Visibilité en courbe.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

IV.3.2.2 Stabilité en courbe :
Dans un virage de rayon R, le véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système.

Afin de réduire l'effet de la force centrifuge, on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur de la courbe (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite dévers exprimée par sa tangente.

Soit F : résultante des réactions tangentielles F1 et F2.

La force centrifuge F' doit être équilibrée par F (adhérence transversale)

α petit → sin α = tan α = d et cos α = 1

À l'équilibre :

P.sin α + F1 + F2 ≥ F'.cos α

→ P.sin α + P.f_t ≥ F'.cos α

$$\rightarrow mg(d + f_t) \geq m\frac{v^2}{R} \rightarrow R = \frac{v^2}{g(d + f_t)}$$

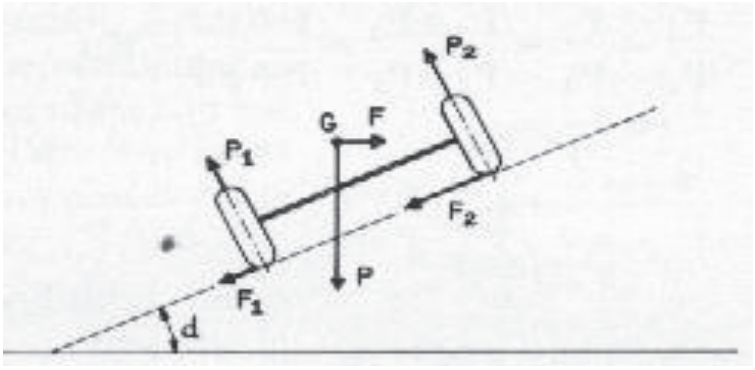


Figure IV.3-2-2-1 : Forces agissant sur un véhicule dans un virage

Avec :

- ✓ v=V/3.6
- ✓ g=10 m/s²

IV.3.2.3 Types de rayon :

- **Rayon horizontal minimal absolu :**

C'est le rayon minimum pour lequel la stabilité du véhicule est assurée, et il ne faut jamais descendre au-dessous de cette valeur, et il est défini comme étant le rayon de devers maximal.

$$\mathbf{RH\ min} = \frac{\mathbf{VB^2}}{\mathbf{127(f_t + d_{max})}}$$

Ainsi pour chaque VB on définit une série de couple (R, d).

- **Rayon minimal normal :**

$$\mathbf{RHN} = \frac{\mathbf{(VB + 20)^2}}{\mathbf{127(f_t + d_{max})}}$$

Le rayon minimal normal (RHN) doit permettre à des véhicules dépassant VB de 20 km/h de rouler en sécurité.

- **Rayon au dévers minimal :**

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 VB serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement

$$\mathbf{RHd} = \frac{\mathbf{VB^2}}{\mathbf{127.2.d_{min}}}$$

- **Rayon minimal non déversé :**

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le devers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon min pour la catégorie (1-2) qui permet cette disposition est le rayon min non déversé (Rhnd) :

$$\mathbf{RHnd} = \frac{\mathbf{VB^2}}{\mathbf{127 \times 0.035}}$$

Règles pour l'utilisation des rayons en plan :

- Il n'y a aucun rayon inférieur à RHm, on utilise autant que possible des Valeurs de rayon ≥ à RHN
- Les rayons compris entre RHm et RHd sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en 1/R arrondi à 0,5% prés.
- C'est -à- dire que pour le paramètre A choisi, le produit de la longueur L et du rayon R est constant

Si RHm < R < RHN : $\mathbf{d = d_{max} + (\frac{1}{R} - \frac{1}{RH_m}) \frac{d_{max} - d_{RHN}}{\frac{1}{RH_m} - \frac{1}{RHN}}}$

Si RHN < R< RHd: $\mathbf{d = d_{min} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RH_d}\right) \frac{d_{min} - d_{RHN}}{\frac{1}{RH_d} - \frac{1}{RHN}}}$

IV.4 Application au projet :

Pour notre projet (dédoublement de la RN68) situé dans un environnement (E2), et classé en catégorie (C2) avec une vitesse de base de 80km/h.

Donc :

- ✓ $\mathbf{d_{max} = 7\ \%}$
- ✓ $\mathbf{d_{min} = 2.5\ \%}$
- ✓ **d = 5%**
- ✓ $\mathbf{f_t = 0.13}$

- **Longueur maximale :**

$$\text{Lmax} = \frac{60 \times \text{V(km/h)}}{3.6} = \frac{60 \times 80}{3.6} = 1333.33 \text{ m}$$

- **Longueur minimale :**

$$\text{Lmin} = \frac{5 \times \text{V(km/h)}}{3.6} = \frac{5 \times 80}{3.6} = 111.11 \text{ m}$$

- **Rayon horizontal minimal absolu (7%) :**

$$\text{RH min} = \frac{\text{VB}^2}{127(f_t + d_{max})} = \frac{80^2}{127(0.13 + 7 \times 10^{-2})} = 251.96 \approx 250 \text{ m}$$

- **Rayon minimal normal (5%) :**

$$\text{RHN} = \frac{(\text{VB} + 20)^2}{127(f_t + d)} = \frac{(80 + 20)^2}{127(0.13 + 5 \times 10^{-2})} = 437.44 \approx 450 \text{ m}$$

- **Rayon au dévers minimal (2.5%) :**

$$\text{RHd} = \frac{\text{VB}^2}{127.2.d_{min}} = \frac{80^2}{127 \times 2 \times 2.5 \times 10^{-2}} = 1007.87 \approx 1000 \text{ m}$$

- **Rayon minimal non déversé (-2.5%) :**

$$\text{RHnd} = \frac{\text{VB}^2}{127 \times 0.035} = \frac{80^2}{127 \times 0.035} = 1439.82 \approx 1400 \text{ m}$$

Tableau IV.4-1 : Rayons du tracé en plan (B40)

paramètres	**symboles**	**valeurs**
Vitesse (km/h)	V	80
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	250
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5%)	450
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	1000
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-2.5%)	1400

IV.4.1 Types de courbe de raccordement :

Les chercheurs, en se basant sur une condition, celle de la variation continue de la courbure ont abouti à trois courbes qui sont les suivantes :

IV.4.1.1 Parabole cubique :

Cette courbe est d'un emploi très limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemin de fer).

IV.4.1.2 Lemniscate :

Courbe utilisée pour certains problèmes de tracés de routes « trèfle d'autoroute » sa courbure est proportionnelle à la longueur de rayon vecteur mesuré à partir du point d'inflexion.

IV.4.1.3 Clothoïde :

Parmi les courbes susceptibles de satisfaire à cette condition de variation continue du rayon de courbure, c'est la clothoïde qui a été retenue en matière de tracé routier.

Cette courbe est une spirale dont le produit, en chaque point du rayon de courbure par la longueur de l'axe (la développée), a une valeur constante égale à A^2. L'équation paramétrique de cette courbe est donc : $A^2=RL$

Condition de gauchissement et confort dynamique :

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer les conditions suivantes :

IV.4.2 Condition de confort optique :

La clothoïde doit aider à la lisibilité de la route en amorçant le virage, la rotation de la tangente doit être ≥ 3° pour être perceptible à l'œil :

$\tau \geq 3°$ soit $\tau \geq 1/18$ rads

$\tau = L/2R > 1/18$rads → $L > R/9$ soit $A > R/3$ donc **$R > A \geq R/3$**

Règles générales (B40) :

- ✓ $R \leq 1500$m $\Delta R = 1$m (éventuellement 0.5m) $L = \sqrt{24R\Delta R}$
- ✓ $1500 < R \leq 5000$m $L \geq R/9$
- ✓ $R > 5000$m $\Delta R = 2.5$ m $L = 7.75\sqrt{R}$

IV.4.3 Condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à limiter pendant le temps de parcours □t du raccordement, la variation, par unité de temps, de l'accélération transversale.

$$\mathbf{L = \frac{VB^2}{18} \times \left(\frac{VB^2}{127R} - \Delta d\right)}$$

- ✓ VB : vitesse de référence en (Km /h).
- ✓ R : rayon en (m).
- ✓ Δd : la variation de divers (Δd =dfinal-dinit) (%).

IV.4.4 Condition de gauchissement :

Cette condition a pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation de devers, elle s'applique par rapport à son axe.

$$\mathbf{L \geq l/50.\ \Delta d.\ VB}$$

- ✓ Δd : différence de dévers en %
- ✓ V : en km/h limité à 100
- ✓ l : Distance axe de rotation – bord de chaussée

IV.4.5 La vitesse de projet :

La vitesse de référence (VB) est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle est le critère principal pour la détermination des valeurs extrêmes des caractéristiques géométriques et autres intervenants dans l'élaboration du tracé d'une route.

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…etc.).

IV.4.5.1 Choix de la vitesse de référence :

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

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

IV.4.6 Exemple de calcul de tracé en plan :

Caractéristiques de la courbe de raccordement :

Détermination de A : On sait que $A^2 = L.R$

- **Détermination de L :**
- ✓ Condition de confort optique :

$-\ R/3 \leq A < R$

$L \geq \sqrt{24R\Delta R}$ Comme R = 400m < 1500m $\Delta R = 1$

Donc : $L \geq \sqrt{24 \times 400 \times 1} = 97.97$ m ……(1)

- ✓ Condition de confort dynamique :

$\Delta d = d_{courbe} - d_{alignement}$

Si RHm < R < RHN : 250<400<450

$$\mathbf{d = d_{max} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RH_m}\right)\frac{d_{max} - d_{RHN}}{\frac{1}{RH_m} - \frac{1}{RHN}}}$$

$$\mathbf{d = 7 + \left(\frac{1}{400} - \frac{1}{250}\right)\frac{7-5}{\frac{1}{250} - \frac{1}{450}} = 5.3125\ \%}$$

$\Delta d = 5.3125 - (-2.5) = 7.8125\ \%$

$$\mathbf{L = \frac{80^2}{18} \times \left(\frac{80^2}{127 \times 400} - 7.8125 \times 10^{-2}\right) = 17.01\ m \ldots\ldots\ (2)}$$

- ✓ Condition de gauchissement :

L ≥ l/50. Δd. VB = 3.5/50 x 7.8125 x 80 = 43.75 m …….(3)

De (1) (2) et (3) on aura : L ≥ 97.97 m

L = A²/R donc $A = \sqrt{L \times R} = \sqrt{97.97 \times 400} \approx 200$ m

- **Longueur de la Clothoïde :**

L = A²/R donc : on prend A=200.00

- **Calcul de ΔR :**

ΔR = L² / 24R = 100²/ (24 x 400) = 1

- **Calcul des Gisements :**

Le gisement d'une direction est l'angle fait par cette direction avec le nord géographique dans le sens des aiguilles d'une montre.

Dans notre cas on a :

$$G_{s0}^{s1} = \text{arctg}\left|\frac{\Delta x}{\Delta y}\right| = 200 + \text{arctg}\left|\frac{20023.1429 - 20027.5178}{40223.2302 - 40273.1828}\right| = 205.5613\text{g}$$

$$G_{s1}^{s2} = \text{arctg}\left|\frac{\Delta x}{\Delta y}\right| = 200 + \text{arctg}\left|\frac{19297.0331 - 19773.9944}{39563.9890 - 39835.0835}\right| = 267.0967\text{g}$$

- **Calcul de l'angle γ :**

$$\boldsymbol{\gamma = \left|G_{s0}^{s1} - G_{s2}^{s1}\right| = |205.5613 - 267.0967| = 61.5354\ g}$$

- **Calcul de l'angle τ:**

$$\boldsymbol{\tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{100}{2 \times 400} \times \frac{200}{\pi} = 7.9577\ g}$$

- **Vérification de non chevauchement :**

τ = 7.9577 g

γ/2 = 61.5354/2 = 30.7677 g

τ<γ/2 ⟹ pas de chevauchement.

IV.4.7 Description du tracé en plan proposé :

Tracé en plan N°1-2 (02 km) :

PK 0+000 AU PK 2+000

A partir de l'intersection de la RN24 il ya lieu d'aménager

Un carrefour N°1 axé, d'un rayon de 12 m. et une bande circulable de 2 x 4m = 8 m.

En outre le dédoublement est jugé favorable à gauche dans le sens Cap Djinet -Bordj Menael pour des raisons d'existence à droite et dans le sens cité précédemment de :

*Lignes électriques de haute tension

*Des locaux, hangars, habitations privées et constructions

*Certains talus

Tracé en plan N°3-4 :

PK 2+000 AU PK 4+000

Le dédoublement dans la continuité que le tronçon précédant et ce pour les raisons principales suivantes :

*Respect de l'alignement et l'allure de la route.

*Absences de contraintes dans ce sens

*Présence de contraintes importantes du coté opposé à savoir :

-Caserne militaire

-Vergers privés sur tout le long du tronçon

Tracé en plan N°5-6 :

PK 4+000 AU PK 6+000

Les deux ouvrages à dédoubler sont situés au PK 4+283 et au PK 5+000

En outre le dédoublement est jugé favorable à gauche pour des raisons d'existence à droite :

-Lignes électriques

-Existence d'une station de lavage en activité

-Habitations privées

-Locaux et hangars en activité.

Tracé en plan N°6-7 :

Il s'agit du tronçon le plus délicat pour réaliser le dédoublement en raison d'existence de construction en cours de réalisation et autre bâtisses à divers usages

Tracé en plan N°7-8 :

Chevauchement au niveau du PK6+000 et PK6+400 vu la possibilité d'éviter les habitations de bord de route existante ainsi qu'au PK8 caractérisé par un talus sur une longueur de 300ml

Tracé en plan N°8-9 :

PK 8+940 à proximité de l'ouvrage

La ligne rouge > terrain naturel de 100 cm sur 250ml

Tracé en plan N°9-10 :

PK 9+000 au PK 10+000, la ligne rouge > terrain naturel de 12 cm

Tracé en plan N°11 :

PK 10 au PK 10+466.79, la ligne rouge > terrain naturel de 5 cm

Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe

CHAPITRE V.
PROFIL EN LONG

V.1 Introduction :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à une certaine échelle (n'est pas une projection horizontale).
Dans le cas des autoroutes, dont les deux chaussées unidirectionnelles sont séparées par un terre-plein central, le profil en long déterminant est une coupe par le milieu du terre-plein (axe de référence). Le niveau de l'autoroute en cet endroit est la moyenne entre les niveaux des bords intérieurs des chaussées. Si les deux chaussées ne sont pas symétriques, on considérera chacune d'elles indépendamment avec son propre profil en long, placé au milieu de chaque chaussée.
Une autre conception consiste à considérer le profil en long théorique au droit des bords intérieurs des chaussées unidirectionnelles.
L'échelle des longueurs (en abscisse) est en général celle du plan de situation, tandis que l'échelle des hauteurs (en ordonnées) est généralement 10 fois plus grande pour accuser les déclivités qui sans cela seraient presque imperceptibles. Le profil en long est donc une représentation déformée.

V.2 Les éléments de composition du profil en long :

Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droites (rampes et pentes) Raccordés par des courbes circulaires, pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- L'altitude du terrain naturel
- L'altitude du projet
- La déclivité du projet. etc.…

V.2.1 Déclivité :

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente) et de confort (puissance des véhicules en rampe)

V.2.1.1 Déclivité minimale :

Dans les zones où le terrain est plat, la pente d'une route ne doit pas être au-dessous de 0.5 % et de préférence 1% si possible.

- ✓ **Imin= 0,5 %** dans les longues sections en déblai : pour que l'ouvrage d'évacuation des eaux ne soit pas trop profond.
- ✓ **Imin= 0,5 %** dans les sections en remblai prévues avec des descentes d'eau.

V.2.1.2 Déclivité maximale :

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances inférieures à **1500m**, à cause de :

- ✓ la réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite (cas de rampe Max).
- ✓ l'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.).

Donc, La déclivité maximale dépend de :

- ✓ Condition d'adhérence.
- ✓ Vitesse minimum de PL.
- ✓ Condition économique.

Tableau V.2-1-2-1 : La déclivité maximale en fonction de la vitesse de référence.

VR Km/h	**40**	**60**	**80**	**100**	**120**	**140**
I max %	8	7	6	5	4	4

Pour notre cas la vitesse **VR=80** Km/h donc la pente maximale **Imax =6%.**

V.3 Raccordement en profil en long :

Le changement des déclivités constitue des points particuliers au niveau du profil en long.

A cet effet, le passage d'une déclivité à une autre doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire où leur conception est subordonnée à la prise en considération de la visibilité et du confort

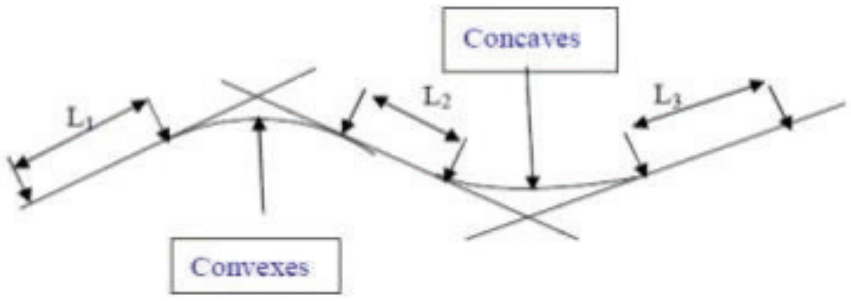


Figure V.3-1 : Élément géométriques du profil en long

V.3.1 Raccordement convexe (angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain. Les conceptions doivent satisfaire aux conditions suivantes :

- ✓ Condition de confort.
- ✓ Condition de visibilité.

V.3.1.1 Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte convexité, le véhicule subit une accélération verticale importante qui modifie sa stabilité et gêne les usagers.
La condition de confort consiste à limiter l'accélération verticale est :
Lorsque le profil en long comporte une forte convexité, le véhicule subit une accélération verticale importante qui modifie sa stabilité et gêne les usagers.

La condition de confort consiste à limiter l'accélération verticale est :

$$\frac{V_r^2}{R_v} \leq \frac{g}{30} \text{ donc } R_v \geq \frac{30}{g} V_r^2$$

Avec :

g (accélérations de la pesanteur) = 10m/s2.

- ✓ Rv : c'est le rayon vertical (m).
- ✓ Vr : vitesse de référence (km /h).

Donc :

Rvmin = 0,3 V_r^2

V.3.1.2 Condition de visibilité :

La visibilité est assurée lorsque l'œil d'un conducteur aperçoit la partie supérieure de la voiture qui vient à sa rencontre ou s'arrêter. Le rayon devrait assurer la visibilité d'un obstacle éventuel à une distance de manœuvre de dépassement S_D déterminée par la relation :

$$R_V = \frac{S_D^2}{2(h_0 + h_g + 2 \times \sqrt{h_0 h_g})}$$

- ✓ SD : distance de visibilité disponible (m)
- ✓ Rv : rayon vertical convexe (m)
- ✓ ho : hauteur de l'œil du conducteur (m)
- ✓ hg : hauteur de l'obstacle (m)

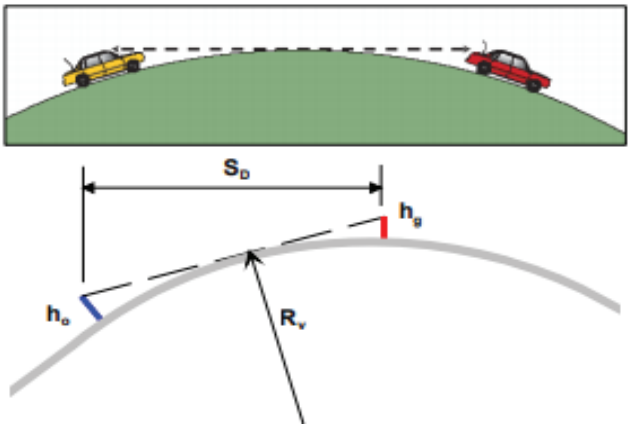


Figure V-3-1-1 : Visibilité en raccordement convexe.

Tableau V-3-1-2-2 : Hauteur Ho et Hg pour C2

CATEGORIE (C2)	Hauteur de l'œil (Ho)	Hauteur de l'obstacle Eventuel (Hg)
	1.1 m	**0.15 m**

Dans le cas d'une route unidirectionnelle (2×2) voies :

H0 = 1.1 m Hg = 0.15 m

On trouve : **Rv = 0.24×S_D^2**

V.3.2 Raccordement concave (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 assurer pour un rayon satisfaisant la relation :

$$\mathbf{R'_V = \frac{S^2}{(1.5 + 0.03S)}}$$

- ✓ S [m] : distance de visibilité disponible (distance d'éclairage)
- ✓ Rv' [m] : rayon vertical concave

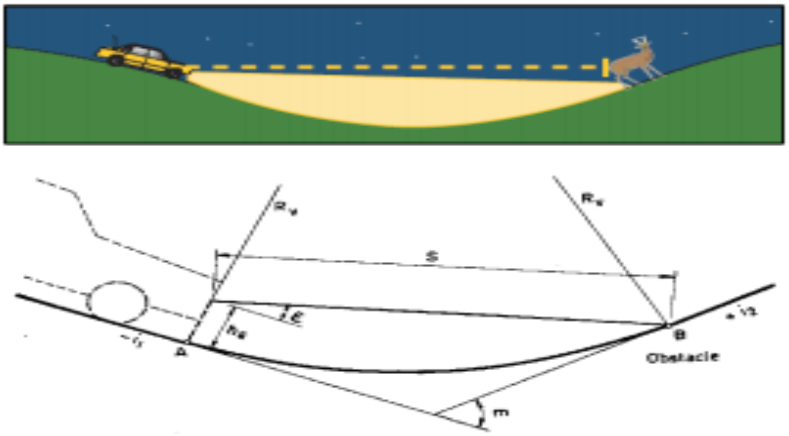


Figure V-3-2-1 : Visibilité en raccordement concave.

V.4 Caractéristiques des rayons en long :

Pour le cas de la RN68, on a respecté les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge sont donnés par les tableaux suivants (selon le B40) :

Toutes les données, figurant dans le tableau, reflètent les règles géométriques correspondant au minimum prévu par les normes ; Cependant, quand il s'agit du dédoublement et à cause des contraintes rencontrées on est obligé de temps en temps de suivre le tracé tel qu'il est.

Tableau V-4-1 : Paramètres géométriques des rayons profil en long (B40).

Catégorie		C2
environnement		E2
Vitesses de base (Km/h)		80
Rayon en angle saillant RV	Route Unidirectionnelle :(2×2 voies)	
	RVm (minimal absolu) en m	2500
	RVn (minimal normal) en m	6000
Rayon en angle rentrant RV	Route Unidirectionnelle :(2×2 voies)	
	R'Vm (minimal absolu) en m	2400
	R'Vn (minimal normal) en m	3000
Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement	RVD en m	11000
Déclivité maximale	Imax(%)	6%

V.5 Exemple de calcul de profil en long :

V.5.1 Calcul des pentes :

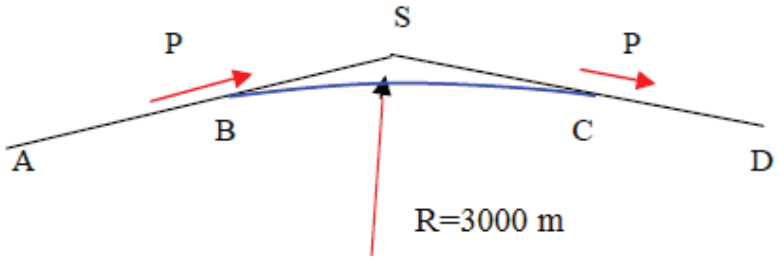


Figure V-5-1-1 : Calcul des pentes

$$P_1 = \left|\frac{\Delta_{Z1}}{\Delta_{X1}}\right| = \left|\frac{46.084 - 41.561}{101.68 - 000.00}\right| \times 100 = 4.45\%$$

$$P_2 = \left|\frac{\Delta_{Z2}}{\Delta_{X2}}\right| = \left|\frac{44.214 - 48.955}{850.09 - 259.19}\right| \times 100 = -0.80\%$$

V.5.2 Calcul des tangentes :

T= R/2 × (p1 -p2)= 3000/2 × (4.45%+0.80%) = 78.75 m

T = 78.75 m

V.5.3 Calcul des coordonnées des points de tangentes :

B
- XB= XS - T = 180.44-78.75 = 101.69
- ZB= ZS - T.|P1| = 48.554-78.75 x 4.45/100 = 45.05

C
- XC = XS + T = 180.44+78.75 = 259.19
- ZC = ZS - T.|P2| = 48.554-78.75 x 0.80/100 = 47.92

V.5.4 Calcul de la longueur de raccordement :

L = 2 x T = 2 x 78.75 = 157.5 m

V.5.5 Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (J) :

J
- XJ = XC + RP1 =259.19 + 3000 x 4.45/100 = 392.69
- ZJ = ZC+R/2 x $P1^2$ = 47.92 + 3000/2 x $(4.45/100)^2$ = 50.89

J
- XJ = 392.69
- ZJ = 50.89

V.6 Réalisation d un nouveau pont :

Dans le cadre de dédoublement de la RN 68 sur un linéaire de 11 km, l entreprise a réalisée un pont a poutre multiples en BP de 33.40 m au pk (9+840) a coté de l'ancien ouvrage, l'utilité de cet ouvrage est d'avoir dédoubler la nouvelle route (2 fois deux vois) et d'assurer l'écoulement de Oued menail.



Figure V-6-1 : L’ancien et le nouveau pont.

Les résultats de calcul de la ligne rouge sont joints en annexe

CHAPITRE VI.
PROFIL EN TRAVERS

VI.1 Introduction :

Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée.

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun 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.…).

VI.2 Éléments du profil en travers :

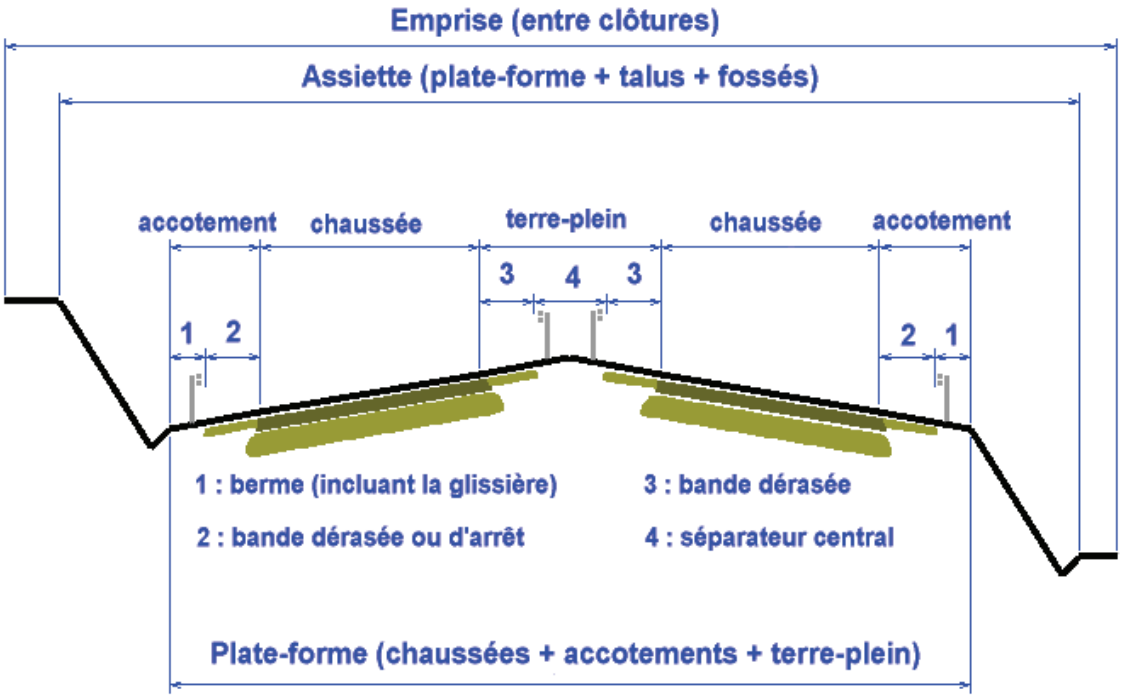


Figure VI.2-1 : Les éléments du profil en travers

Le profil en travers se constitue des éléments suivants :

VI.2.1 La chaussée:

Désigne la partie de la voie publique aménagée pour la circulation des véhicules en général. La largeur maximale des véhicules étant de 2,50 m, cette largeur constitue un minimum pour celle des voies.

VI.2.2 La largeur roulable:

Elle comprend les surlargeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt.

VI.2.3 Plateforme:

C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblais, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.

VI.2.4 L'assiette:

C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.

VI.2.5 L'emprise:

C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, Chemins de désenclavement, exutoires, etc.…) limitée par le domaine public.

VI.2.6 Les accotements:

les accotements sont les zones latérales de la plate forme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés.

VI.2.7 Bande dérasée :

Bande contiguë à la chaussée, stabilisée, revêtue ou non, dégagée de tout obstacle ; elle comporte le marquage en rive

VI.2.8 B.D.G :

Bande dérasée à gauche d'une chaussée unidirectionnelle.

VI.2.9 B.A.U :

Partie de l'accotement, contiguë à la chaussée, dégagée de tout obstacle et revêtue, aménagée pour permettre l'arrêt d'urgence des véhicules hors de la chaussée, elle inclut la sur largeur structurelle de la chaussée.

VI.2.10 Terre-plein central :

Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées.il comprend :

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

VI.2.11 La berme :

Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations..). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

VI.2.12 Le fossé :

C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et des talus et les eaux de pluie.

VI.2.13 Sur largeur S :

Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

VI.3 Classification du profil en travers :

Ils existent deux types de profil en travers :

VI.3.1 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 ou mixte).

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

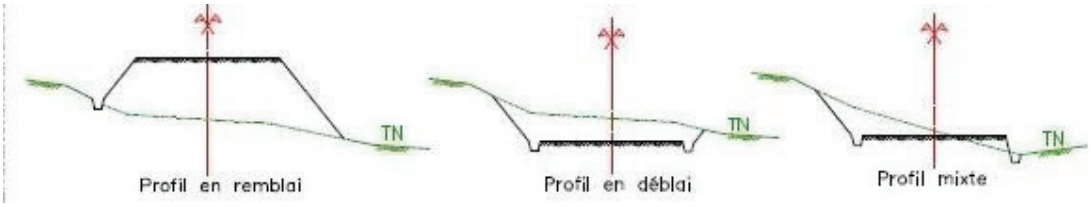


Figure VI.3-1-1 : Différents types de profil en travers

VI.3.2 Profil en travers courant :

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

VI.4 Profil en travers type du projet :

Notre voie express comportera un profil en travers type, qui contient les éléments constitutifs suivants :

- deux chaussées de deux voies de 3.5m chacune : (2 x 3,5) x 2 = 14 m.
- Un terre-plein central de 2 m.
- Un accotement de 2m pour chaque côté : 2x 2m = 4 m.
- Pente de talus en remblai 3/2 et Pente de talus en déblai 3/2.
- un caniveau de chaque cote en remblai et en déblai
- La largeur de la plateforme de la voie express est de 20 m

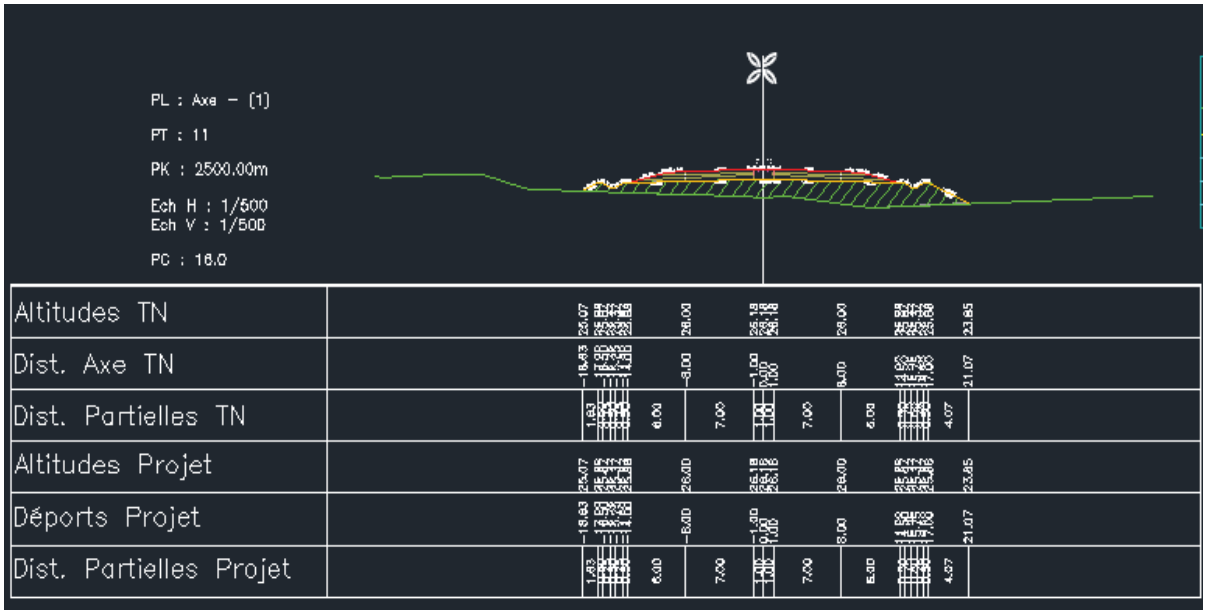


Figure VI.4-1 : Profil en travers n0 : P.11

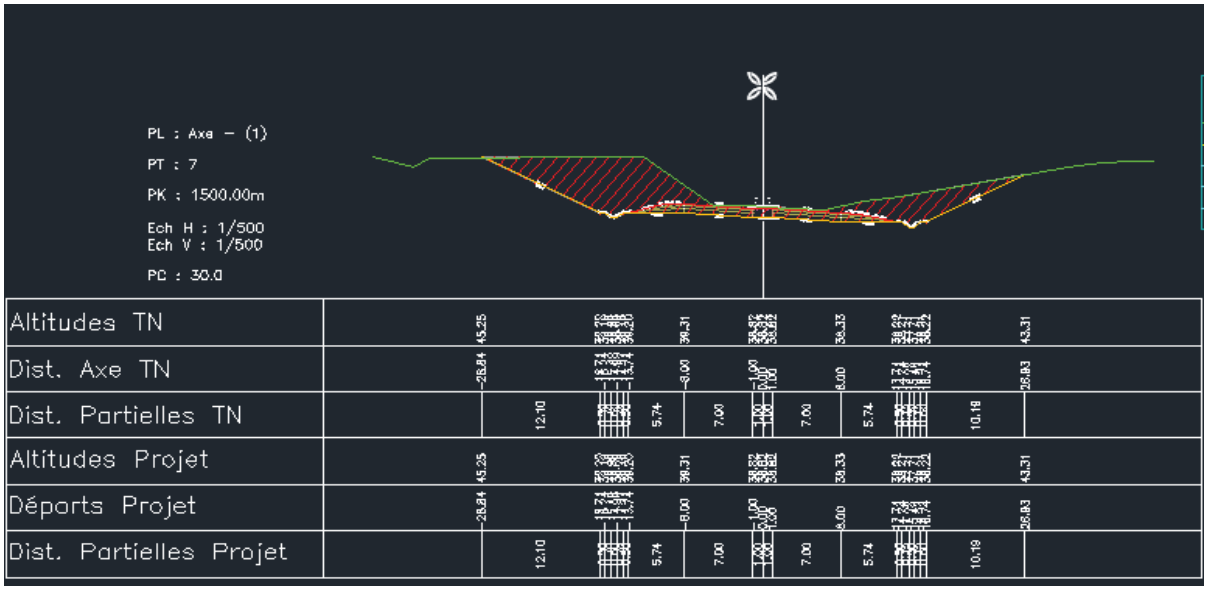


Figure VI.4-2 : Profil en travers n0 : P.7



Figure VI.4-3 : Le profil en travers type en 2×2 voies du projet

CHAPITRE VII.

CUBATURES

VII.1 Introduction :

La réalisation d'un ouvrage en génie civil nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lesquels l'ouvrage va être implanté.

Pour les voies de circulations ceci est très visibles sur les profils en longs et les profils en travers.

Cette modification s'effectue :

- Soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support remblai.
- Soit par excavation des terres existantes au-dessus du niveau de la ligne rouge : déblai.

Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre qui se trouve entre le tracé du projet et celui du terrain naturel. Ce calcul s'appelle « les cubatures des terrassements »

VII.2 Définition :

VII.2.1 Cubatures :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne du projet.

Les éléments qui permettent de définir cette évolution sont :

- ✓ Les profils en long.
- ✓ Les profils en travers.
- ✓ Les distances entre les profils.

Les profils en long et les profils en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes qui joignent ces points soit différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

VII.2.2 Terrassements :

On appelle terrassement, les différents mouvements de terre qui ont pour objet de creuser des fouilles ou de modifier la configuration du sol en vue de construire des ouvrages, aménager des routes et établir des branchements d'égout et de canalisations (assainissements des routes).

Déblais :
Les déblais désignent l'opération qui consiste à creuser dans le sol pour dégager des terres.

Remblais :
Les remblais consistent à transporter et déposer des terres pour combler des cavités (combler une tranchée, aplanir un terrain…etc.).

Les remblais sont commencés par les points les plus bas. Ils sont exécutés par couche de 20cm environ.

Cette opération consiste à répartir sur la longueur totale du tracé de la ligne, les volumes de terre nécessaires à la réalisation de la route. En déblais, la terre est enlevée. En remblai, la terre est ajoutée.

VII.2.2.1 Classification des terrassements :

Ils peuvent être classés en deux grandes catégories :

- ✓ Terrassements à grands volumes (routes, voies ferrées, barrages….).
- ✓ Terrassements à quantités faibles de terre (fouilles d'ouvrages, canalisations, tranchées…).

Ce qui est important à savoir ce sont les propriétés physiques des matériaux :

- ✓ Résistance à la pénétration.
- ✓ Masse spécifique

VII.2.2.2 Classification des terrains :

La résistance à la pénétration permet de préciser les possibilités d'extraction d'où trois types de terrain

- ✓ Sol meuble.
- ✓ Sol meuble rocheux.
- ✓ Sol rocheux

VII.2.2.3 Cubatures des terrassements :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais et remblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne projet. Les éléments qui permettent cette évolution sont :

- ✓ Les profils en long
- ✓ Les profils en travers
- ✓ Les distances entre les profils.

Les profils en long et les profils en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'ils représentent.

VII.3 Méthodes de calcul de cubature :

Les cubatures sont les calculs effectuées pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet, les cubatures sont fastidieuses mais il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul.

Le travail consiste à calculer les surfaces SD (surface déblai) et SR (surface remblai) pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

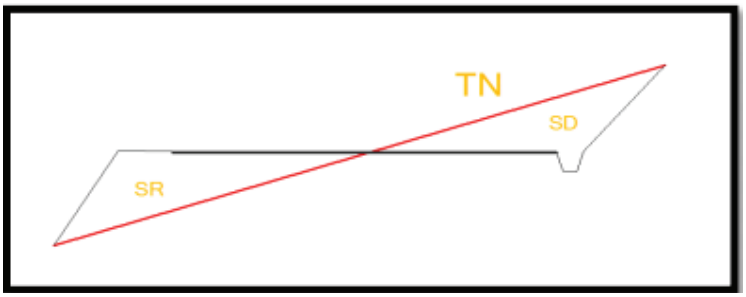


Figure VII.3-1 : Les cubatures

- ✓ TN : Terrain Naturelle.
- ✓ SD : Surface Déblai.
- ✓ SR : Surface Remblai.

VII.3.1 Formule de SARRAUS :

On calcule séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs en utilisant la formule des trois niveaux.

$$\mathbf{V = \frac{1}{6}(S_1 + S_2 + 4 \times S_{MOY})}$$

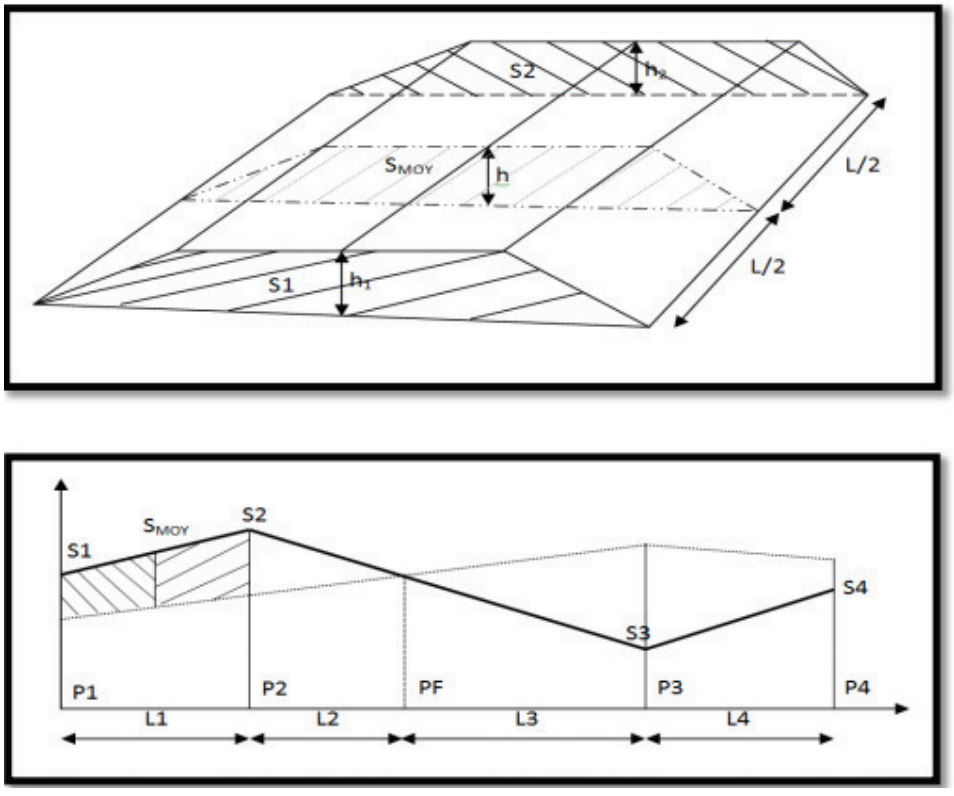


Figure VII.3-1-1 : Méthode de SARRAUS

- ✓ PF: profil fictive, surface nulle.
- ✓ Si: surface de profil en travers Pi.

- ✓ Li : distance entre ces deux profils.
- ✓ SMOY: surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions SMOY et (S1+S2)/2 ; Ceci donne :

$$\mathbf{V_i = \frac{L_i}{2} \times (S_i + S_{i+1})}$$

Donc les volumes seront:

Entre P1 et P2 : $V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)$

Entre P2 et PF : $V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0)$

Entre PF et P3 : $V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3)$

Entre P3 et P4 : $V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4)$

En additionnant membres à membre ces expressions on a le volume total des terrassements :

$$\mathbf{V = \frac{L_1}{2} S_1 + \frac{L_1 + L_2}{2} S_2 + \frac{L_2 + L_3}{2} \times 0 + \frac{L_3 + L_4}{2} S_3 + \frac{L_4}{2} S_4}$$

VII.3.2 Méthode de GULDEN :

Dans cette méthode les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée pour obtenir les volumes et les surfaces. Ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné.

Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée. Si on utilise la méthode de GULDEN, la quantité (longueur d'application) n'a plus de sens.

VII.3.3 Méthode linéaire :

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan.

VII.4 Application au projet :

Dans notre projet, le calcul est fait par logiciel Autodesk Civil 3D 2019 .les résultats détaillés sont rassemblés dans L'annexe.

Les volumes totales sont :

Volume de décapage : **V = 43678.65 m^3**

Volume des déblais : **V_D = 177947.29 m^3**

Volume des remblais : **V_R = 91246 m^3**

Différence de volume : **V_d = 86701.29 m^3**

<u>Remarque :</u> Nous avons beaucoup de déblais à mettre en dépôts

CHAPITRE VIII.

ETUDE GEOTECHNIQUE

VIII.1 Introduction :

L'ingénieur concepteur doit définir un programme de reconnaissance géotechnique après avoir tracé l'axe. Cette étude lui permettra d'avoir des descriptions lithologique, hydrogéologique, hydraulique de la région .Après, une interprétation physico- mécanique lui permettra d'appréhender le comportement géotechnique du sol support.

Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

VIII.2 Utilité de l'étude géotechnique :

L'étude géotechnique permet de dimensionner la couche de chaussée ainsi que de fixer les pentes de remblai et de déblai. En effet, un talus en remblai doit être vérifié à la stabilité au glissement et au poinçonnement.

On regroupe deux types d'essai, celui du laboratoire et celui sur terrain (in situ).

VIII.3 Les objectifs :

Les objectifs d'une étude géotechnique se résument en :

- Le bénéfice apporté sur les travaux de terrassement.
- La sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais.
- L'identification des sources d'emprunt des matériaux et la capacité de ses gisements.
- Préserver l'environnement et les ressources naturelles.

VIII.4 Les déférents essais en laboratoire :

Les essais réalisés en laboratoire sont :

- les essais d'identification
- les essais mécaniques

VIII.4.1 Les essais d'identification :

VIII.4.1.1 Teneur en eau

L'essai de teneur en eau permet de déterminer quel est le pourcentage massique (W%) d'eau dans le sol étudié, c'est-à-dire quelle est la masse d'eau présente par rapport à 100 grammes de sol sec

VIII.4.1.2 Analyses granulométriques :

Il s'agit du tamisage (soit au passant de 2 mm, soit au passant de 80 µm) qui permet par exemple de distinguer sols fins, sols sableux (riches en fines) et sols graveleux (pauvres en fines) ; C'est un essai qui a pour objectif de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

VIII.4.1.3 Equivalent de sable :

C'est un essai qui nous permet de mesurer la propreté d'un sable c'est-à-dire de déterminer la quantité d'impureté soit des éléments argileux ultra fins ou des limons.

VIII.4.1.4 Limites d'Atterberg :

Limite de plasticité (Wp) et limite de liquidité (WL), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol :

WP : sépare l'état solide de l'état plastique et WL : sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité (IP = WL – WP), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.

VIII.4.1.5 L'essai au bleu de méthylène :

L'essai au bleu de méthylène, ou « essai au bleu », est utilisé pour déterminer l'argilosité d'un sable, d'un granulat et plus généralement d'un sol.

L'essai consiste à déterminer la quantité de particules argileuses présentes dans l'échantillon. Pour cela on utilise du bleu de méthylène, substance adsorbée de préférence par les argiles

Les essais mécaniques

VIII.4.1.6 Essai Proctor :

L'essai Proctor est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur en eau, il a donc pour but de déterminer une teneur en eau optimale afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum Proctor ».

VIII.4.1.7 Essai C.B.R (California Bearing Ratio):

Cet essai a pour but d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassements.

L'essai consiste à soumettre des échantillons d'un même sol au poinçonnement, les échantillons sont compactés dans des moules à la teneur en eau optimum PROCTOR modifié) avec trois (3) énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours.

Il ne concerne que les sols cohérents.

VIII.4.1.8 Essai Los Angeles :

Cet essai a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier, et leur résistance par frottements réciproques dans la machine dite « Los Angeles ». Plus de L.A est élevé, moins le granulat est dur.

VIII.4.1.9 Essai Micro Deval :

L'essai a pour but d'apprécier la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats et leur sensibilité à l'eau, on parlera du microdeval humide.

VIII.4.2 Les essais in situ :

VIII.4.2.1 Les forages :

C'est le seul moyen précis pour reconnaître l'épaisseur et la nature des couches des sols en présence, on y prélève généralement des échantillons de sols remaniés ou intacts pour les besoins d'essais de laboratoire.

Les forages permettent aussi de reconnaître le niveau des nappes éventuelles et le suivi de leur niveau à 1'aide de types piézométrique.

Les forages peuvent être réalisés :

- ✓ Manuellement
- ✓ Par la sondeuse
- ✓ à la tarière

VIII.4.2.2 Essai pressiométriques :

L'essai pressiométriques est un essai de chargement du terrain in situ de la paroi du forage, jusqu'à la rupture, il consiste à gonfler dans le sol une sonde cylindrique, dilatable radicalement, placée dans un forage préalable ; il permet par conséquence d'étudier la phase des petits déplacements du sol en déterminant un module de déformation du forage.

VIII.4.2.3 Essais pénétromètriques :

- ✓ Pénétromètre statique.
- ✓ Pénétromètre dynamique.

VIII.5 Condition d'utilisation des sols en Remblais :

Les remblais doivent être constitués de matériaux provenant de déblais ou d'emprunts éventuels.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

Pierre de dimension > 80mm.

Matériaux plastique IP > 20% ou organique.

Matériaux gélifs.

On évite les sols à forte teneur en argile.

Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface pour laquelle seront exécutés.

Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

CHAPITRE IX.

DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

IX.1 Introduction :

La qualité d'un projet routier ne se limite pas seulement à l'obtention de bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation : action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds.

En effet des gradients thermiques, pluie, neige, verglas etc.…, pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques qui lui permettra de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser.

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude. Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Tout cela en fonction de paramètres fondamentaux suivants :

- ✓ Le trafic.
- ✓ L'environnement de la route (le climat essentiellement).
- ✓ Le sol support.

IX.2 Définition de la chaussée :

- ✓ Au sens géométrique : la surface aménagée de la route sur laquelle circule les véhicules.
- ✓ Au sens structurel : l'ensemble des couches des matériaux superposées qui permettent la reprise des charges.

IX.3 Les différents types de chaussées :

Il existe trois types de chaussée :

- ✓ Chaussée souple.
- ✓ Chaussée semi - rigide.
- ✓ Chaussée rigide.

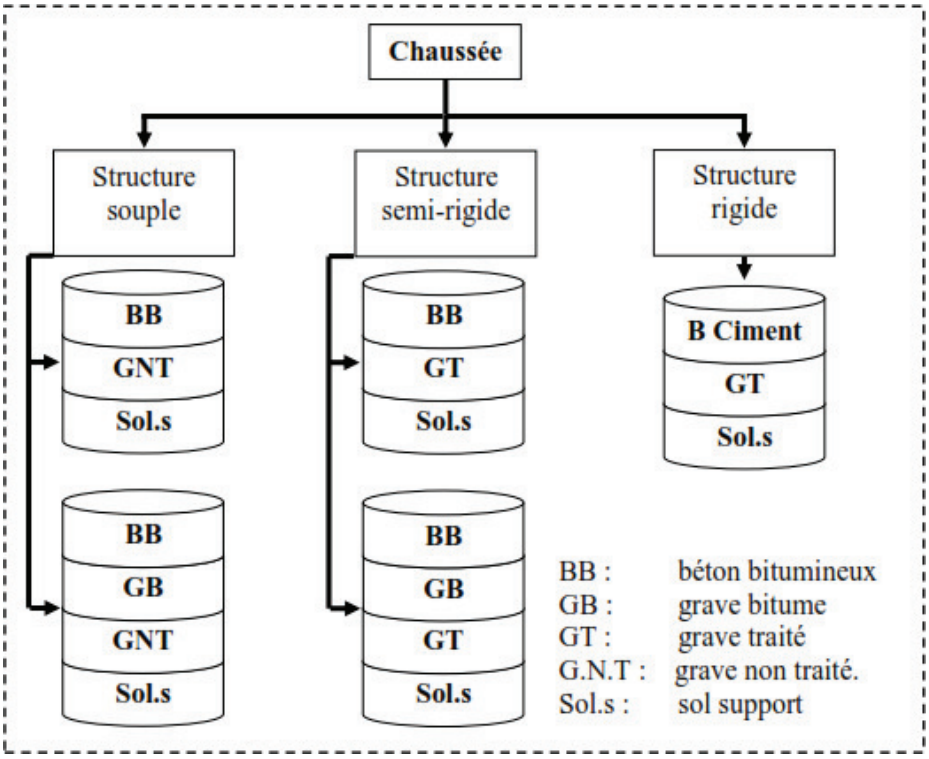


Figure IX.3-1 : Type de chaussée.

IX.3.1 Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

- ✓ les sols et matériaux pierreux granulométrie étalée ou serrée.
- ✓ les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissant des liaisons souples entre les grains de matériaux pierreux.

IX.3.2 Chaussée rigide :

Se compose d'une dalle de ciment portland fléchissant élastiquement sous les charges, reposant sur un sol compacté ou sur une mince fondation de pierre ou de gravier concassé, ou sur une fondation stabilisée.

IX.3.3 Chaussée semi-rigide :

C'est un cas intermédiaire entre les chaussées souples et les chaussées rigides.

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 quelque fois 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.

IX.4 Les principales méthodes de dimensionnement :

On distingue deux familles des méthodes :

- ✓ Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.
- ✓ Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Les méthodes du dimensionnement de corps de chaussée les plus utilisées sont :

- ✓ La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio).
- ✓ Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.
- ✓ Méthode du catalogue des structures.
- ✓ La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées).

Pour le dimensionnement du corps de chaussée dans notre projet on va utiliser deux méthodes qui sont :

- **La méthode de catalogue algérienne**
- **La méthode CBR**

IX.4.1 Méthode de C.B.R (CALIFORNIA – BEARING – RATIO) :

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90 à 100%) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15 cm .

Le CBR retenu finalement est la valeur la plus basse obtenue après immersion de cet échantillon.

Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie suivant la théorie de BOUSSINESQ, soit inférieur à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice CBR.

L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

$$e = \frac{\mathbf{100} + \sqrt{\mathbf{p}}\left(\mathbf{75} + \mathbf{50}\log\frac{\mathbf{N}}{\mathbf{10}}\right)}{\mathbf{I_{CBR}} + \mathbf{5}}$$

Avec :

- ✓ e: épaisseur équivalente
- ✓ I_{CBR}: indice CBR (sol support)
- ✓ N: désigne le nombre journalier de poids lourd à vide à l'année horizon
- ✓ P: charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t)
- ✓ Log: logarithme décimal

- **Notion de l'épaisseur équivalente :**

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques différentes des couches et l'épaisseur équivalente d'une couche est égale à son épaisseur réelle multipliée par un coefficient numérique « a » appelé coefficient d'équivalence.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$\mathbf{e} = \sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{n}} \mathbf{a_i} \times \mathbf{e_i}$$

$e = a1 \times e1 + a2 \times e2 + a3 \times e3$

Où:

- ✓ a1, a2, a3 : coefficients d'équivalence de matériau par référence à un grave concassé.
- ✓ e1, e2, e3 : épaisseurs réelles des couches.

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

Tableau IX.4-1-1 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau

Matériaux utilises	**Coefficient d'équivalence 'a'**
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concasse ou gravier	1.00
Tuf	0.7 à 0.8
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume GB	1.60 à 1.70

- **Remarque :**

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée on fixe « e 1 » et «e2 » et on calcule « e 3 », généralement les épaisseurs adoptées sont :

- ✓ BB =6 - 8 cm.
- ✓ GB= 10 - 20 cm.
- ✓ GNT= 20cm et plus.

IX.4.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support.

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelle qui se base sur deux approches :

- ✓ Approche théorique.
- ✓ Approche empirique.

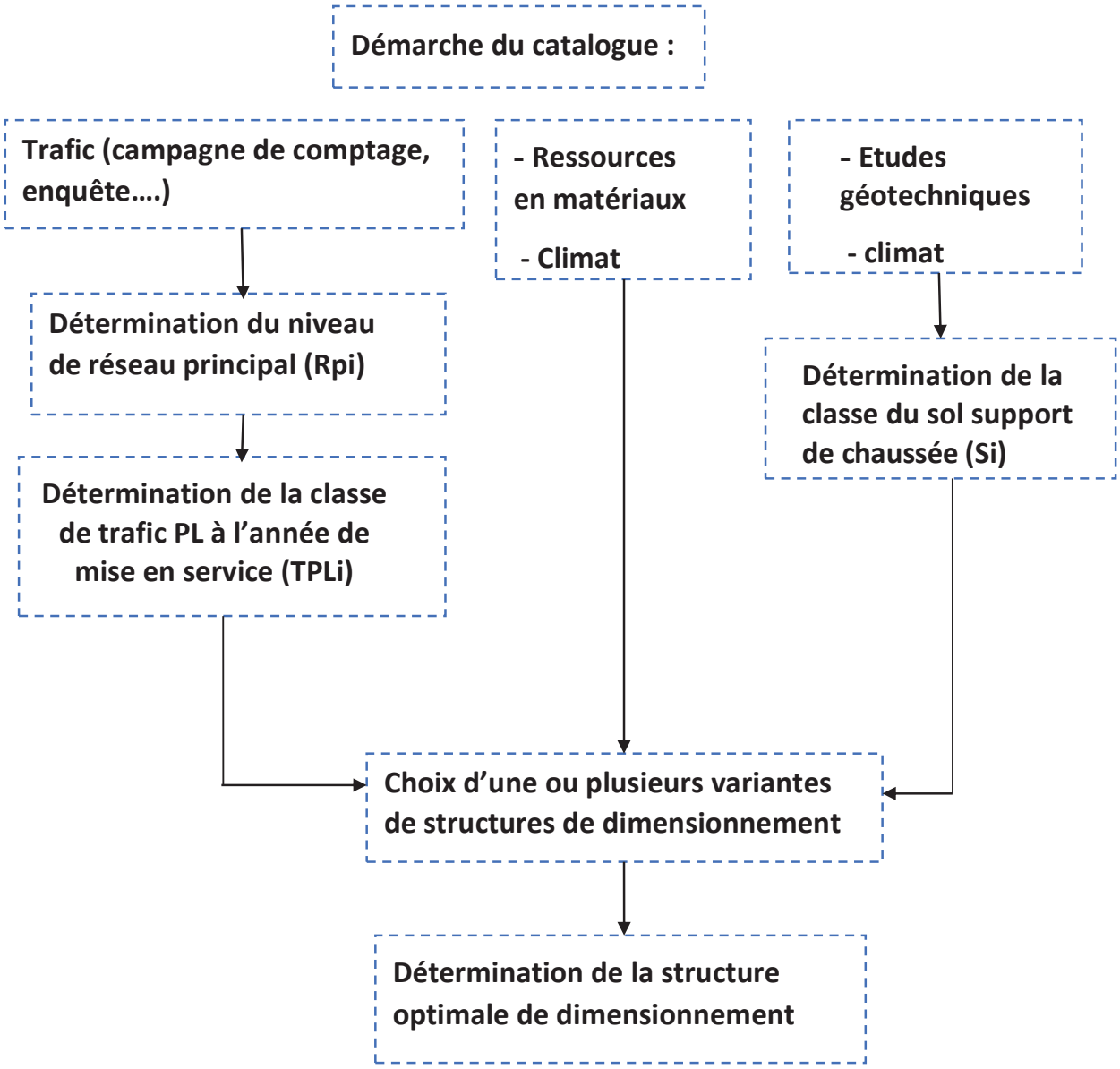


Figure IX.4-2-1 : Démarche de catalogue.

IX.5 Application au projet :

IX.5.1 Méthode CBR :

- Donnée de l'étude : (retenue des formations de DTP de Boumerdes).
- ✓ Année de compactage : 2013
- ✓ Mise en service : 2024
- ✓ Durée de vie : 20 ans
- ✓ Pourcentage de poids lourds : Z= 15%
- ✓ CBR=7

Le trafic à prendre en compte pour le dimensionnement des chaussées c'est le trafic poids lourds sur la voie la plus chargée de la chaussée.

- Répartition transversale du trafic :
- ✓ Chaussée unidirectionnelle à 2 voies : 90% du trafic PL sur la voie lente de droite.
- ✓ Chaussée unidirectionnelle à 3 voies : 80%du trafic PL sur la voie lente de droite.
- ✓ Chaussée bidirectionnelle à 2 voies : 50% du trafic PL.
- ✓ Chaussée bidirectionnelle à 3 voies : 50%du trafic PL.

Dans notre cas, il s'agit d'une route unidirectionnelle à 2 voies, répartition du trafic 90% sur chaque voie :

- **Le trafic de la mise en service :**

  $TJMA_{2026}$ = 12409 v/j

- **Le trafic à l'année horizon c'est à dire à la 20ème année d'exploitation :**

Avec :

- ✓ n=20
- ✓ τ=4%

$TMJA_{2046} = TJMA_{2026}*(1+\tau)^{n} = 12409\ (1+0.04)^{20} = 27189$ v/j

- **Le pourcentage de poids lourds étant 15%, ce qui donne un trafic (N) de poids lourds (PL) de :**

N = (27189/2PL/j/s)×0.9×0.15 = 1835.25 PL/j/sens.

- **charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).**

Donc l'épaisseur équivalente est :

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

$$e = \frac{100+\sqrt{6.5}(75+50\log\frac{1835.25}{10})}{7+5} = 48.31 \approx \mathbf{49\ cm}$$

Pour calcul des épaisseurs, on fixe deux dans les marges suivantes et on déduit la dernière :

- ✓ Couche de roulement en BB. e1 = 6 cm
- ✓ Couche de base en GB. e2 = 12 cm

e_{eq}=e1 x a1+e2 x a2+e3 x a3= 6 x 2+12 x 1.5+e3 x a3 = 49 cm

Donc :

- ✓ Couche de fondation en GNT. e3=19 cm

e_{eq} = 6 x 2 + 12 x 1.5+ 19 x 1= 49 cm

Tableau IX.5-1-1 : Épaisseur réelle et équivalence de la chaussée.

Couches	epaisseur réelle «eréelles» (cm)	ai	epaisseur équivalente «eeq» (cm)
BB	6	2	12
GB	12	1.5	18
GNT	19	1	19
Total	37		49

- **conclusion :**

Structure de la chaussée avec la méthode CBR :

- ✓ Couche de roulement : **BB = 6 cm**
- ✓ Couche de base : **GB = 12 cm**
- ✓ Couche de fondation : **GNT = 19 cm**

6 (BB) + 12 (GB) + 19 (GNT) .



Figure IX.5-1-2 : Dimensionnement par la méthode CBR.

IX.5.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

- **Détermination du type de réseau :**

$TJMA_{2013}$ = 7453 v/j > 1500 v/j

La route principale présentant intérêt économique et stratégique. Donc on est dans le réseau principal de niveau 1 (RP1).

- **Détermination de la classe de trafic :**

Route Unidirectionnelle à (2×2) voies

- ✓ Durée de vie : 20ans.
- ✓ Taux de d'accroissement : 3 %.
- ✓ $TJMA_{2013}$ = 7453v/j.
- ✓ $TJMA_{2026}$ = 12409v/j (année de mise en service)
- ✓ Z = 15%.

TPL = (12409 × 0.15) × 1/2 × 0.9 = 838 PL/ j/sens.

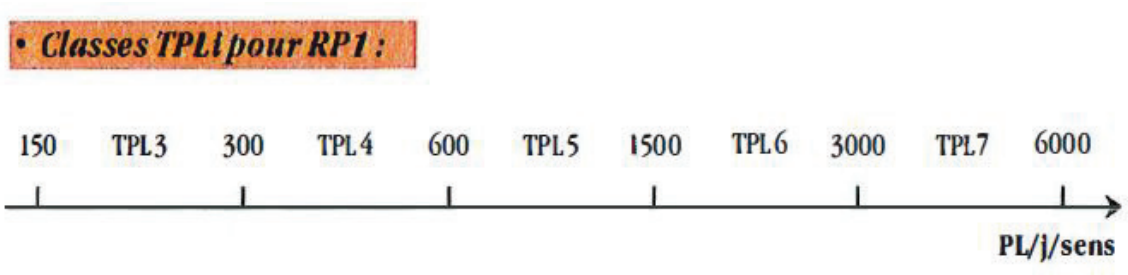


Figure IX.5-2-1 : Classes de trafic TPLi adoptées en PL/j/sens.

D'après le classement donné par le catalogue de dimensionnement, notre trafic est classé en : TPLi = 838 (PL/j/sens).

La classe de trafic est TPL5.

- **Détermination de la classe de portance de sol-support (Si) :**

Le tableau regroupe les classes de portance des sols par ordre de S4 à S0.cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée

Tableau IX.5-2-2 : Classes de portance des sols Si

Portance (Si)	CBR
S4	< 5
S3	5 - 10
S2	10 - 25
S1	25 - 40
S0	> 40

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de sols support à savoir : S3, S2, S1, S0. Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

Tableau IX.5-2-3 : Classes de portance de sol-supports

Classes de sol-supports	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	25 - 50	50 - 125	125 - 200	> 200

Pour notre projet :

E(MPa) = 5.CBR

CBR : I_{CBR}=7

E (MPA) = 7×5 = 35 (MPA)

25 ≤ 7x5 < 50

Donc la classe de portance de sol support est de S3.

- **Sur classement des sols supports de chaussées :**

Le cas de sols de faible portance (S3 en RP1) est rencontré, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans des conditions acceptables.

Tableau IX.5-2-4 : Sur classement avec couche de forme en matériau non traité

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériau de couche de forme	Epaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée (Sj)
< S4	Matériaux non traités (*)	50 cm (en 2 couches)	S3
S4	//	35 cm	S3
S4	//	60 cm (en 2 couches)	S2
S3	//	40 cm (en 2 couches)	S2
S3	//	70 cm (en 2 couches)	S1

Dans notre cas on a :

Tableau IX.5-2-5 : Cas de notre sol support

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériau de couche de forme	Epaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance de sol- support visée (Si)
S3	**Matériaux non traités (*)**	**40 cm (en 2 couche)**	**S2**

- **Choix de différentes couches constitue de la chaussée :**

Dans le cadre de notre projet, nous avons proposé la structure suivante :

- ✓ Couche de roulement : BB.
- ✓ Couche de base : GB.
- ✓ Couche de fondation : GNT.

- **Détermination de la zone climatique :**

Tableau IX.5-2-6 : Zones climatiques de pluviométrie

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Région
I	> 600	très humide	Nord
II	350 - 600	humide	Nord, Hauts-plateaux
III	100 - 350	semi - aride	Hauts-plateaux
IV	< 100	aride	Sud

Les données directement utilisées dans le calcul de dimensionnement de la chaussée se rapportent :

-à l'état hydrique de sol support.

-aux cycles saisonniers de température.

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie, notre projet est dans la zone climatique I (>600 mm/an).

- **Température équivalente :**

La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique de site d'après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (2001 CCTP) le site de projet est classé en zone I.

Tableau IX.5-2-7 : Choix des températures équivalentes

	Zone climatique		
Température équivalente θeq (°C)	I et II	III	IV
	20	25	30

Donc la température équivalente : θ= (20°C)

- **Choix d'une structure de dimensionnement :**

On a :

Le réseau principal (RP1), la zone climatique I, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement moyen (4%), la portance du sol (S2) et une classe de trafic (TPL5).

- **Le catalogue Algérien (fascicule N°3) propose la structure suivante :**

✓ Couche de roulement : **BB = 6 cm**
✓ Couche de base : **GB = 20 cm**
✓ Couche de fondation : **GNT = 30 cm**
✓ Couche de forme : **TVO = 40 cm**



Figure IX.5-2-8 : Dimensionnement par le catalogue

- **Résultat de deux méthodes :**

Tableau IX.5-2-9 : Résultat de deux méthodes :

C.B.R	Catalogue
6BB+12GB+ 19GNT	6BB+20GB+30GNT+40TVO

IX.5.3 Mode de fonctionnement pour le type de structure :

A l'aide du programme ALIZE nous allons vérifier la structure retenue :

(06 BB + 20 GB + 30 GNT + 40 TVO) par les conditions suivantes :

- ✓ $\varepsilon_t < \varepsilon_{t.adm}$
- ✓ $\varepsilon_z < \varepsilon_{z.adm}$

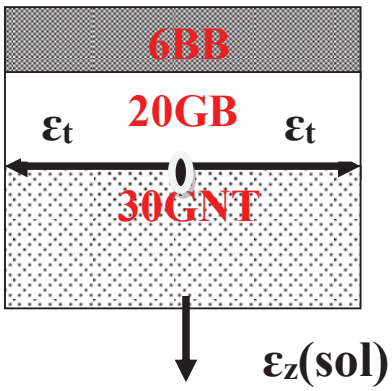


Figure IX.5-3-1 : Mode de fonctionnement pour le type de structure

- **Structure GB/GNT :**

ε_t : la déformation de traction par traction à la base des couches bitumineuses.

ε_z : la déformation verticale sur le sol support.

- **Déformation admissible verticale (ε_z, adm) :**

La déformation admissible sur le sol support (ε_z, adm) est donnée par une relation empirique déduite à partir d'une étude statistique de comportement des chaussées algériennes :

$$\boldsymbol{\varepsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCE_i)^{-0.235}}$$

- **Calcul du trafic cumulé de PL TCi :**

$$\boldsymbol{TCi = TPLi \times 365 \times \frac{(1+\tau)^n - 1}{i}}$$

$TCi = 838 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20}-1}{0.04} = 9108221$PL/J/sens

- **Calcul du trafic cumulé équivalent TCEi :**

$$\boldsymbol{TCEi = TCi \times A}$$

Tableau IX.5-3-2 : Valeur de coefficient d'agressivité A

Niveau de réseau principal (RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GB , GB/Tuf , GB/SG...	0 ,6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL , BCg/GC	1
RP2	Chaussées à matériaux non traités : GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	0,6
	Chaussées à matériaux traités au bitume : SB/SG	0,4
RP1 et RP2	Sol support (Calcul de $\varepsilon_{z,ad}$)	0,6

$\boldsymbol{TCEi = 9108221 \times 0.6 = 5464933}$**PL/J/sens**

$\varepsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (5464933)^{-0.235} = 574 \times 10^{-6}$

$$\varepsilon_{z,adm} = 574 \times 10^{-6}$$

- **Déformation admissible de traction (εt, adm) :**

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10°C, 25Hz).\,kne.\,k\theta.\,kr.\,kc$$

Tel que :

$$kne = \left(\frac{10^6}{TCEi}\right)^b,\ k\theta = \sqrt{\frac{E(10°C)}{E(\theta_{eq})}},\ kr = 10^{-tb\delta}$$

D'où :

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10°C, 25Hz).\left(\frac{10^6}{TCEi}\right)^b.\sqrt{\frac{E(10°C)}{E(\theta_{eq})}}.10^{-tb\delta}.kc$$

Avec :

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b}Sh\right)^2}$$

✓ Choix de la température équivalente :

Tableau IX.5-3-3 : Températures équivalentes

	Zone climatique		
Température équivalente θeq (°C)	I et II	III	IV
	20	25	30

✓ La valeur de facteur de matériau traité au bitume (GB) :

Tableau IX.5-3-4 : Valeurs des facteurs des matériaux traités au bitume

Matériau (MTB)	E (30°C,10Hz) (Mpa)	E(25°, 10Hz) (Mpa)	E(20°, 10Hz) (Mpa)	E(10°,10Hz) (Mpa)	ε_6(10°, 25Hz) (10^{-6})	-1/b	SN	Sh (cm)	υ	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

Dans notre cas on a :

Tableau IX.5-3-5 : tableau récapitulatif pour notre cas

Matériau (MTB)	E (20°c, 25Hz) (MPA)	ε6 (10°c, 25Hz) (10^{-6})	-1/b	SN	Sh	Kc
GB	**7000**	**100**	**6.84**	**0.45**	**3**	**1.3**

Alors d'après Catalogue de DIMENSIONEMENT des Chaussées Neuves et les tableaux ci-dessus on résume les paramètres suivent :

- ✓ θ eq = température équivalent (θeq = 25c°) => E (20° ,10HZ)= 7000 MPa.
- ✓ Classe de trafic (TPL5).
- ✓ Risque adoptés pour réseau RP1 (R%=10).
- ✓ C : coefficient égal 0.02
- ✓ t : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté (t = - 1.282).

D'où :

- ✓ $\text{kne} = \left(\frac{10^6}{5464933}\right)^{-\frac{1}{6.84}} = 1.282$
- ✓ $\text{k}\theta = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.336$
- ✓ $\delta = \sqrt{0.45^2 + (-0.02 \times 6.84 \times 3)^2} = 0.609$
- ✓ donc $\text{kr} = 10^{-1.282 \times \frac{0.609}{6.84}} = 0.769$
- ✓ kc=1.3

Donc :

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10°C, 25Hz).\text{kne}.\text{k}\theta.\text{kr}.\text{kc}$$

$$\varepsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times 1.282 \times 1.336 \times 0.609 \times 0.769 \times 1.3 = 104.27 \times 10^{-6}$$

$$\varepsilon_{t,adm} = 104.27 \times 10^{-6}$$

IX.5.4 Principe du programme ALIZE :

ALIZE est un programme mis au point au laboratoire central des ponts et des chaussées Paris (1975), il permet de déterminer à partir d'un modèle multicouche, élastique et linéaire fondé sur l hypothèse de BURIMESTER, les contraintes et les déformations aux différentes interfaces de la structure ayant jusqu'à six couches supposées infinies en plan. La charge prise en compte dans la modélisation est une charge unitaire correspondant à un demi-essieu de 13 tonnes présenté par une empreinte de rayon (r) avec une Symétrie de révolution, Le problème est traité en coordonnées cylindrique.

Les données a rentrer dans le model pour les différentes simulations :

- ✓ L'épaisseur de chaque couche.
- ✓ Le module (E) et le coefficient de poisson (υ) de chaque couche y compris le sol support.
- ✓ Le type d'interface entre les couches.

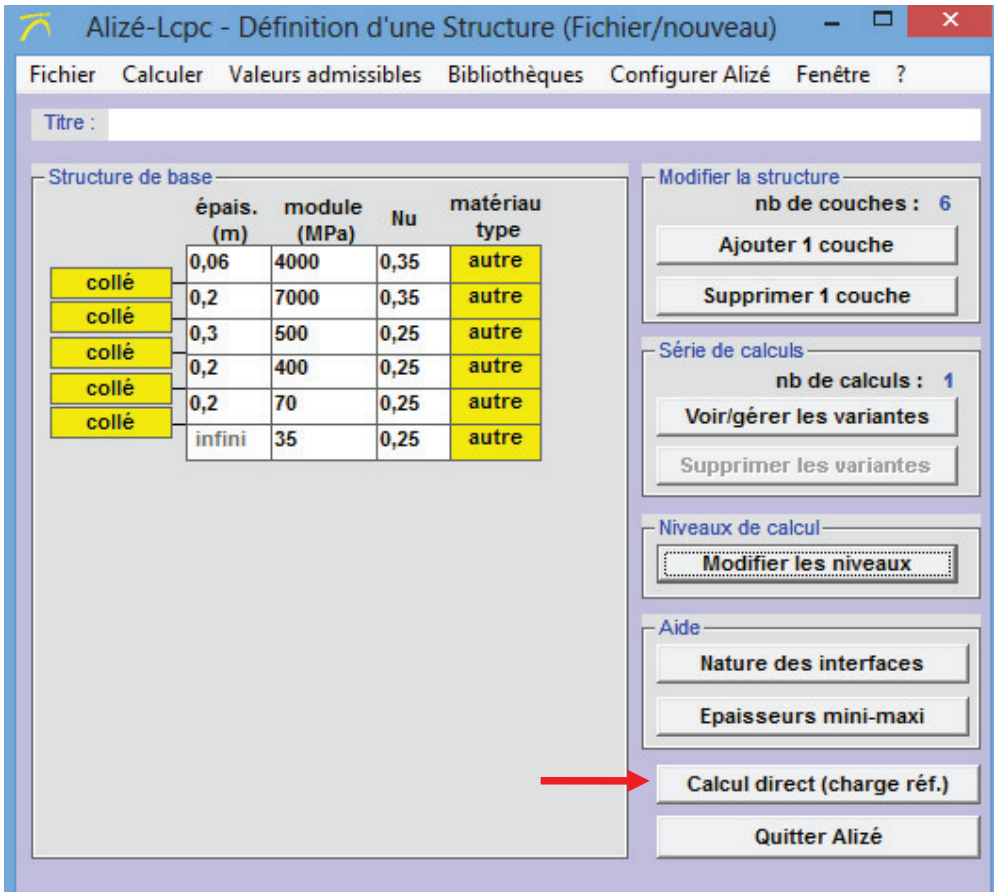
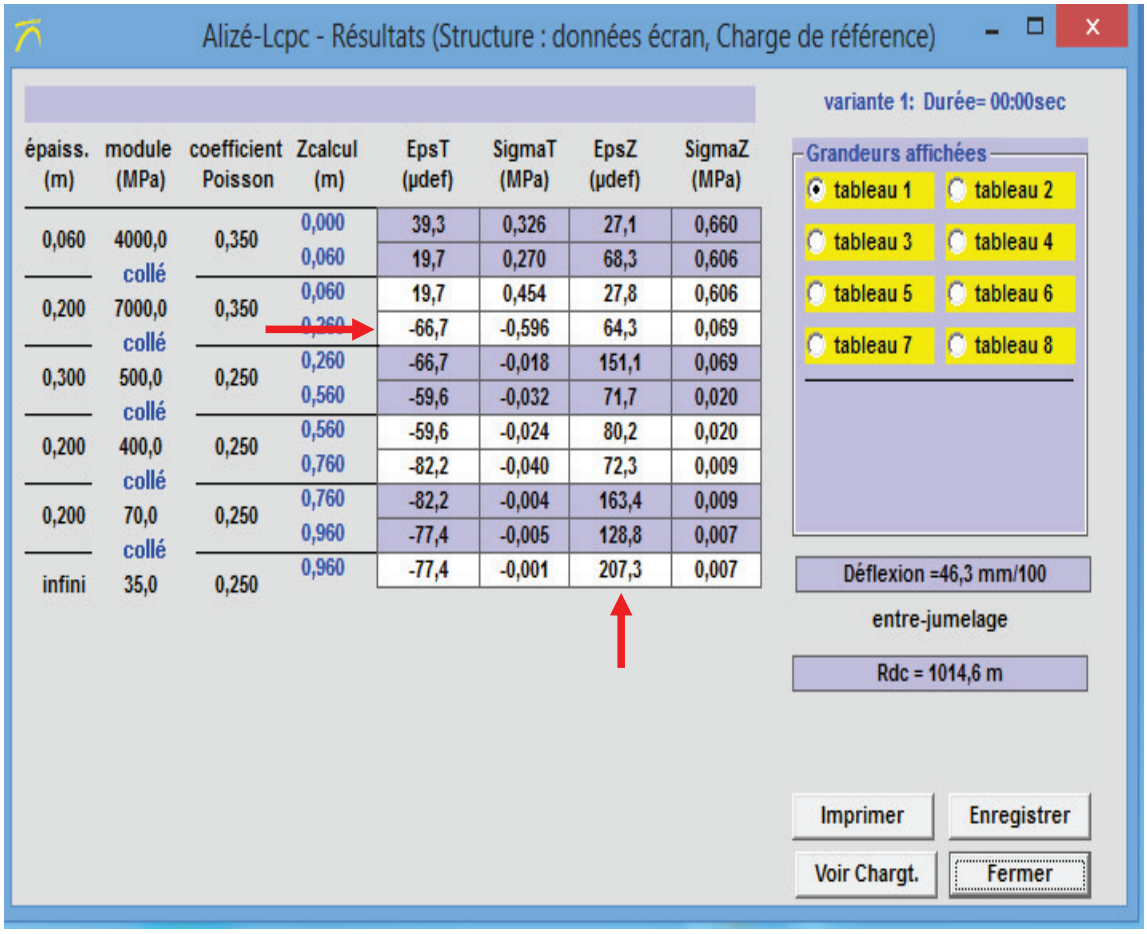


Figure IX.5-4-1 : Modélisation par alizé.



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0	0,350	0,000	39,3	0,326	27,1	0,660
	collé		0,060	19,7	0,270	68,3	0,606
0,200	7000,0	0,350	0,060	19,7	0,454	27,8	0,606
	collé		0,260	-66,7	-0,596	64,3	0,069
0,300	500,0	0,250	0,260	-66,7	-0,018	151,1	0,069
	collé		0,560	-59,6	-0,032	71,7	0,020
0,200	400,0	0,250	0,560	-59,6	-0,024	80,2	0,020
	collé		0,760	-82,2	-0,040	72,3	0,009
0,200	70,0	0,250	0,760	-82,2	-0,004	163,4	0,009
	collé		0,960	-77,4	-0,005	128,8	0,007
infini	35,0	0,250	0,960	-77,4	-0,001	207,3	0,007

Figure IX.5-4-2 : Résultats par alizé LCPC.

Tableau IX.5-4-5 : Résultats par alizé LCPC.

εt (10^{-6})	**66.7**
εz (10^{-6})	**207.3**

$\varepsilon t < \varepsilon t$ adm $66.7\times10^{-6} < 104.27\times10^{-6}$ **condition vérifiée**

$\varepsilon z < \varepsilon z$ adm $207.3\times10^{-6} < 574\times10^{-6}$ **condition vérifiée**

IX.5.5 Conclusion :

Le calcul avec alizé montre que les valeurs admissibles sont vérifiées largement

CHAPITRE X.
ASSAINISSEMENT

X.1 Introduction :

Tout ouvrage routier comporte un réseau d'assainissement dont le rôle est de récupérer et d'évacuer toutes les eaux de ruissellements.

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir à réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines.

Les différents ouvrages utilises peuvent être regroupées en :

- Réseaux longitudinaux (pieds de talus de déblai, crêtes de remblai, etc.).
- Liaisons transversales (descentes d'eau traversées sous chaussée).
- Les regards et ouvrages de raccordement.

X.2 Objectif de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée (danger de ramollissement du terrain sous jacent et effet de gel).
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amant de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel).

X.3 Quelques définitions :

X.3.1 Bassin versant :

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux. C'est la surface totale de la zone susceptible d'être alimentée en eau pluviale, d'une façon naturelle, ce qui nécessite une canalisation en un point bas considéré (exutoire)

X.3.2 Collecteur principal (canalisation) :

C'est la Conduite principale récoltant les eaux des autres conduites (dites collecteurs secondaires), recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

X.3.3 Chambre de visite (cheminée) :

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation. Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100m.

X.3.4 Sacs :

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles. Les sacs sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraîné, par les eaux superficielles.

Les ouvrages des écoulements des eaux :

En général les ouvrages d'évacuations des eaux superficielles ou sous chaussée sont nombreux, parmi les quels ceux qui ont traversé notre route sont les suivantes :

- les passages submersibles.
- les fossés.
- les dalots.
- les buses.

X.3.5 Passages submersibles :

Les passages submersibles sont des ouvrages qui servent à protéger la chaussée contre les dégradations causées par les eaux, et qui assurent superficiellement l'écoulement des eaux lorsque leur volume est plus important.

X.3.6 Fossés :

Ces sont des tranchées creusées en longueur dans le sol et servent à délimiter les terrains ou à l'écoulement de l'eau de ruissellement.

X.3.7 Les dalots :

Les dalots ont le même rôle que les buses, ils servent à évacuer les eaux sous chaussée, leurs dimensions aussi varient suivant l'importance de la profondeur du bassin versant, généralement ils sont rectangulaires ou carrés.

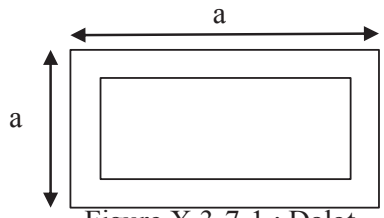


Figure X.3-7-1 : Dalot

X.3.8 Buse :

Élément de conduite qui assure l'écoulement et l'évacuation d'eaux sous une route, une voie ferrée ou une autre structure, Les buses sont de forme circulaire, en béton armé ou en métal. Le choix entre ces deux types dépend des critères économiques liés à la possibilité de fabrication locale ou non.

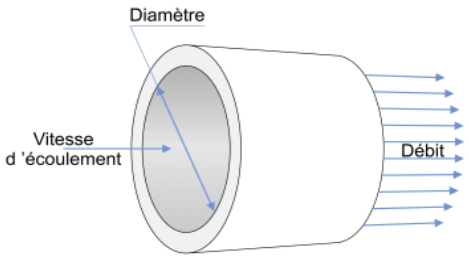


Figure X.3-8-1 : Buse

X.4 Données pluviométriques :

La région de Boumerdes est régie par un climat méditerranéen caractérisé par l'alternance d'une saison sèche avec une saison froide, humide et pluvieuse.
Les pluies sont importantes en automne et en hiver, elles tombent d'octobre à Mai avec un maximum en Novembre et un autre en Février.
Les données pluviométriques sont tirées de l'étude effectuée par l'A.N.R.H dans la région.
Les données nécessaires aux calculs concernent :

- Les précipitations moyennes de 24h : P_{24} =Pj = 61.58 mm.
- Le coefficient de variation de la région considérée Cv = 0.32.
- L'exposant climatique de la région b = 0.35.
- Les précipitations maximales journalières de fréquence donnée P (%)
  Le calcul de la précipitation Pj (%) est obtenu par la formule suivante :

$$\mathbf{P_j(\%) = \frac{P_j}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \times e^{u \times \sqrt{\ln(C_v^2+1)}}}$$

La pluie de référence pour le calcul de dimensionnement des ouvrages correspond à une durée de pluie t minute et une période de retour de 10 ans, 50 ans, 100 ans. Soit le tableau suivant qui donne les valeurs de variable du gaussien en fonction de la fréquence.

Tableau X.4-1 : Valeurs de variable du GAUSS en fonction de la fréquence

Fréquence (%)	Période de retour (ans)	Variable de gaussien (U)
50	2	0.00
20	5	0.841
10	10	1.282
2	50	2.057
1	100	2.327

Remarque :
Pour les calculs :

- Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans
- Les dalots seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans
- Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100 ans.

X.5 Calcul hydraulique :

X.5.1 Calcul de précipitation :

$$\mathbf{P_j(\%) = \frac{P_j}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \times e^{u \times \sqrt{\ln(C_v^2+1)}}}$$

- Pendant 10 ans

u = 1.282 ; Cv =0.32 ; Pj = 61.58

$$P_j(10\%) = \frac{61.58}{\sqrt{0.32^2 + 1}} \times e^{1.282 \times \sqrt{\ln(0.32^2+1)}}$$

$$P_j(10\%) = 87.521 \text{ mm}$$

- Pendant 50 ans

u = 2.057 ; Cv =0.32 ; Pj = 61.58

$$P_j(2\%) = \frac{61.58}{\sqrt{0.32^2 + 1}} \times e^{2.057 \times \sqrt{\ln(0.32^2+1)}}$$

$$P_j(2\%) = 111.481 \text{ mm}$$

- Pendant 100 ans

u = 2.327 ; Cv =0.32 ; Pj = 61.58

$$P_j(1\%) = \frac{61.58}{\sqrt{0.32^2 + 1}} \times e^{2.327 \times \sqrt{\ln(0.32^2+1)}}$$

$$P_j(1\%) = 121.287 \text{ mm}$$

X.5.2 Calcul de l'intensité de l'averse :

L'intensité à l'averse est donnée par la relation suivante :

$$\mathbf{I_t = I \times (\frac{t_c}{24})^B}$$

Avec : I : l'intensité de l'averse pour une durée de 1h.

B = b – 1 = 0.35 – 1 = -0.65

$$\mathbf{I = \frac{P_j}{24}}$$

- Pour Pj(10%) = 87.521 mm

$$I = \frac{87.521}{24} = 3.647 \text{ mm/h}$$

- Pour Pj (2%) = 111.481 mm

$$I = \frac{111.481}{24} = 4.645 \text{ mm/h}$$

- Pour Pj (1%) = 121.287 mm

$$I = \frac{121.287}{24} = 5.053 \text{ mm/h}$$

X.5.3 Surface des bassins versants (A) :

Les bassins des différents écoulements présentent des surfaces peu importantes. Les principales caractéristiques des bassins peuvent être déterminées :

- ✓ Les surfaces A sont mesurées au planimètre en Km2.

- ✓ Les longueurs de talweg principal L sont mesurées au curvimètre en Km
- ✓ La pente P est calculée en faisant le rapport de la dénivelée du talweg par longueur L en m/m.

X.5.4 Coefficient de ruissellement (C) :

Le coefficient de ruissellement a été estimé à partir :

- ✓ De la pente du bassin versant.
- ✓ De l'intensité de pluie.
- ✓ De la couverture du bassin versant.
- ✓ De la perméabilité du terrain.

Tableau X.5-4-1 : Coefficient de ruissellement "c"

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chassée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement : sol légèrement perméable	0.15 à 0.40	0.35
Talus	0.10 à 0.30	0.25
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

X.5.5 Calculs des débits :

Le débit d'apport est évalué à l'aide de la formule rationnelle suivant:

$$\mathbf{Q_a = K \times C \times I \times A}$$

Avec :

- ✓ K : coefficient de concentration K = 1/360.
- ✓ C : coefficient de ruissellement.
- ✓ I : l'intensité de l'averse exprimée mm /h
- ✓ A : superficie du bassin versant exprimée en ha.

Le débit de saturation de l'ouvrage d'assainissement et calculé par la formule de **MANNING STRICKLER** :

$$\mathbf{Q_S = k_{st} \times S \times R_h^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}}$$

Avec :

- ✓ Rh : rayon hydraulique.
- ✓ i : pente de l'ouvrage d'évacuation.
- ✓ Kst : coefficient de strickler kst=70 (fossé en béton).
- ✓ S = section du profil mouille / périmètre du profil mouille.

X.6 Dimensionnement des fosses :

Le profil en travers hypothétique de fosse est donné dans la figure ci-dessous avec :

- ✓ S_m : surface mouillée.
- ✓ P_m : périmètre mouillé.
- ✓ R : rayon hydraulique R = S_m /U.
- ✓ P : pente du talus P =1/n.

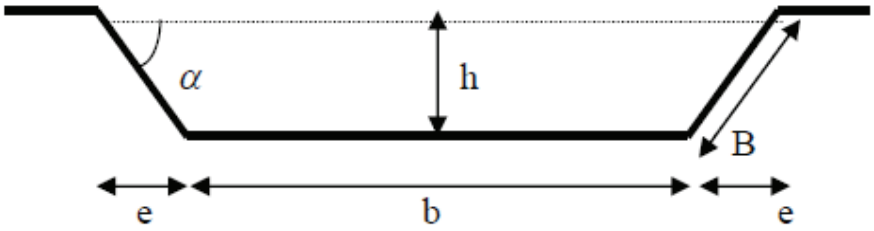


Figure X.6-1 : Les dimensions d'une fosse

On fixe la base du fossé à (b = 50 cm) et la pente du talus à (1/n =1/1.5) d'où la possibilité de calculer le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h.

X.6.1 Calcul du rayon hydraulique :

Calcul de la surface mouillée :

$S_m = bh + 2\frac{eh}{2}$

$tg\alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n}$ d'ou $e = nh$

$S_m = bh + n.h^2 = h.(b + n.h)$

$$\mathbf{S_m = h(b + nh)}$$

Calcul du périmètre mouille :

Pm= b + 2B

Avec $B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2h^2} = h\sqrt{1 + n^2}$

$$\mathbf{P_m = b + 2h\sqrt{1 + n^2}}$$

Les dimensions du fossé obtenues, en écrivant l'égalité, débit apport Q et dédit de saturation Q.

Donc :

$$\mathbf{R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h(b + nh)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}}}$$

X.6.2 Calcul des dimensions des fosses :

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation.

$$\boldsymbol{Q_a = Q_s = K \times I \times C \times A = k_{st} \times S \times R_h^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}}$$

D'où Q = F (h).

La hauteur (h) d'eau dans le fossé correspond au débit d'écoulement au point de saturation. Cette hauteur sera obtenue, en égalisant le débit d'apport au débit de saturation.

Qa = Qs = F (h) et calcul se fera par itération.

$Q_a = Q_s = k_{st} \times S \times R_h^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}$

$Q_a = Q_s = (k_{st} \times i^{\frac{1}{2}}) \times h(b + nh) \times [\frac{h(b + nh)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}}]^{\frac{2}{3}}$

X.7 Dimensionnement des ouvrages traverses :

X.7.1 Ouvrages d'assainissement :

Les ouvrages d'assainissement utilisés ce sont des aqueducs qui ont pour but d'assurer souterrainement l'écoulement des eaux lorsque leur volume est faible ; si le volume est plus important on construisant alors des ponceaux ou des dalots.
La section transversale des dalots peut avoir diverses formes, dont les plus utilisées sont la forme circulaire et rectangulaire.

X.7.2 Dimensionnement des dalots :

Les dalots sont constitues par deux murettes verticales au pied droit sur lesquelles repose une dalle ou une série de dalles accolées (on utilise généralement des dalles de 1m de large), les pieds droits sont posés sur une fondation ou radier.
Dans notre projet, les dalots sont en béton. La section de dalot est calculée comme pour le fossé, seulement on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot.
On fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long et on calcule la travée nécessaire et en fixe aussi la hauteur de remplissage à ρ = 0.8h.

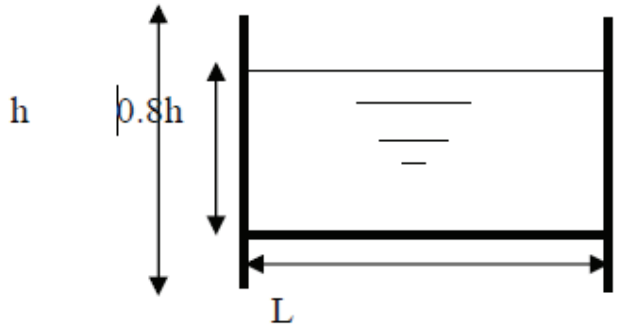


Figure X.7-2-1 : Les dimensions d'un dalot

On à :

- ✓ Périmètre mouillé : $P_m = 2 \times 0.8 \times h + L$
- ✓ Section mouillée : $S_m = 0.8 \times h \times L$
- ✓ Rayon mouillé : $R_m = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L}$
- ✓ Pente longitudinale de l'ouvrage i :

$$Q_s = k_{st} \times S \times R_h^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_s = k_{st} \times i^{\frac{1}{2}} \times 0.8 \times h \times L \times [\frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L}]^{\frac{2}{3}}$$

Dans notre cas Kst = 70 (béton) et i tirée en plan i=1%.
Le débit rapporté par le bassin versant (connu), doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot. Ce débit est donné par la formule de MANNING STICKLER. Qs ≥ Qa

$$\boldsymbol{Q_s = k_{st} \times i^{\frac{1}{2}} \times 0.8 \times h \times L \times [\frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L}]^{\frac{2}{3}}}$$

Et par un calcul itératif on tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité.

X.7.3 Dimensionnement des buses :

Les sections à donner aux ouvrages d'évacuation sont basées sur le principe de l'écoulement à surface libre, la formule de BAZIN, nous permet de déterminer la vitesse de l'écoulement ainsi que le taux de remplissage des conduites.

La formule de base est : Q =V.S
Q : débit.

- ✓ S : section transversale.
- ✓ V : vitesse d'écoulement en m/s.
- ✓ Rh : Rayon en (m) de la section de la canalisation (rayon hydraulique).
- ✓ I : pente de la conduite en (%).

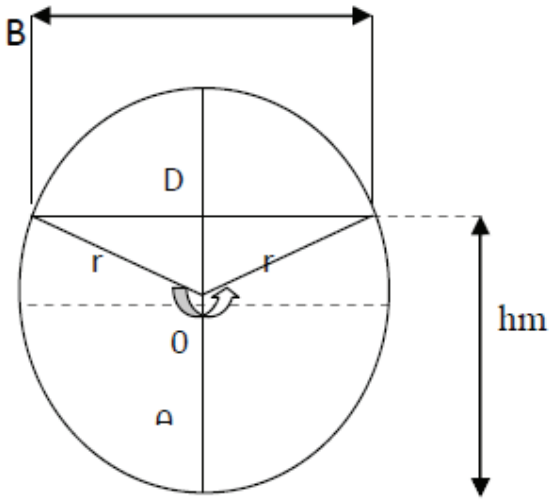


Figure X.7-3-1 : Les dimensions d'une buse

Pour notre cas (réseau unitaire) on à :

- ✓ Périmètre mouillé : $P_m = \pi \times D$
- ✓ Section mouillée : $S_m = \pi D^2/4$
- ✓ Rayon mouillé : $R_m = \frac{S_m}{P_m} = \frac{\pi D^2/4}{\pi D} = \frac{D}{4} = \frac{r}{2}$
- ✓ Pente longitudinale de l'ouvrage i :

$$Q_s = k_{st} \times S \times R_h^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_s = k_{st} \times i^{\frac{1}{2}} \times \frac{\pi D^2}{4} \times [\frac{r}{2}]^{\frac{2}{3}}$$

Dans notre cas Kst = 80 (pour les buses) et i : la pente de pose qui vérifié la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à 4m/s. pour notre cas ; On a i= 1 % .
Le débit rapporté par le bassin versant (connu), doit être inférieur ou égal au débit de saturation du buse. Ce débit est donné par la formule de MANNING STICKLER. Qs≥Qa

$$\boldsymbol{Q_s = k_{st} \times i^{\frac{1}{2}} \times \frac{\pi D^2}{4} \times [\frac{r}{2}]^{\frac{2}{3}}}$$

Et par un calcul itératif on tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité.

X.8 Application au projet :

X.8.1 Dimensionnement des fossés :

Le débit rapporté par la chaussée, de l'accotement et du talus est pris pour un cas défavorable.

X.8.1.1 L'intensité à l'averse It :

$I_t = I \times (\frac{t_c}{24})^B$

Pour 10 ans on a : I = 3.67 mm/h

B = b-1 = 0.35 -1 = -0.65

tc la durée de chute de pluie varient de 10 à 60 minutes si on prends tc =15 minute= 0.25h,

Donc :

$I_t = I \times (\frac{t_c}{24})^B = 3.67 \times (\frac{0.25}{24})^{-0.65} = 71.308 \text{ mm/h}$

I_t=71.308 mm/h

X.8.1.2 La surface de bassin versant :

On considère la présence des trois éléments (chaussée, accotement, talus), la section de 100 m on calculant le débit rapporté par chaque élément de la route et le débit total. Une largeur de talus : été prise défavorable égale (10m).

Donc :

$$\mathbf{Q_a = Q_c + Q_A + Q_t}$$

Avec :

$Q_c = K \times I \times C_c \times A_c$

$Q_A = K \times I \times C_A \times A_A$

$Q_t = K \times I \times C_t \times A_t$

Tel que :

- ✓ Q_c : débit rapporté par la chaussée.
- ✓ Q_A : débit rapporté par l'accotement.
- ✓ Q_t : débit rapporté par le talus.
- ✓ C_c : coefficient de ruissellement de la chaussée.
- ✓ C_A : coefficient de ruissellement de l'accotement.
- ✓ C_t : coefficient de ruissellement du talus.
- ✓ A_c : surface de la chaussée.
- ✓ A_A : surface de l'accotement.
- ✓ A_t : surface du talus.

X.8.1.3 Calcul de surface :

- ✓ Surface de la chaussée :

$A_c = 7 \times 100 \times 10^{-4} = 0.07$ ha

- ✓ Surface de l'accotement :

$A_A = 1.5 \times 100 \times 10^{-4} = 0.015$ ha

- ✓ Surface du talus :

$A_t = 10 \times 100 \times 10^{-4} = 0.1$ ha

Donc :

$A = A_c + A_t + A_A$

X.8.1.4 Calcul des débits

$$Q_c = \frac{1}{360} \times 0.95 \times 71.308 \times 0.07 = 13.17 \times 10^{-3}\ m^3/s$$

$$Q_A = \frac{1}{360} \times 0.35 \times 71.308 \times 0.015 = 1.04 \times 10^{-3} m^3/s$$

$$Q_t = \frac{1}{360} \times 0.25 \times 71.308 \times 0.1 = 4.95 \times 10^{-3} m^3/s$$

D'où :

$$Q_a = Q_c + Q_A + Q_t = (13.17 + 1.04 + 4.95)10^{-3} = \mathbf{19.16 \times 10^{-3} m^3/s}$$

X.8.1.5 Calcul de la hauteur h :

On a :

$$Q_a = Q_s = (k_{st} \times i^{\frac{1}{2}}) \times h(b + nh) \times [\frac{h(b + nh)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}}]^{\frac{2}{3}}$$

- ✓ Le calcul se fera par itération, on fixe le paramètre n et on fait varier b et h. on calcul à chaque fois le débit de saturation qui doit être supérieur ou égal au débit d'apport : QS ≥ Qa.
- ✓ Pour les fossés en béton=> Kst= 70 et la pente de l'ouvrage égale à 1%. On fixe: b=0.5m, n =1,5 et on calcule Qs pour les différentes valeurs de (h).

Pour h=0.3 m :

$$Q_s = (k_{st} \times i^{\frac{1}{2}}) \times h(b + nh) \times [\frac{h(b + nh)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}}]^{\frac{2}{3}}$$

$$Q_s = (70 \times \left(\frac{1}{100}\right)^{\frac{1}{2}}) \times 0.3(0.5 + 1.5 \times 0.3) \times [\frac{0.3(0.5 + 1.5 \times 0.3)}{0.5 + 2 \times 0.3\sqrt{1 + 1.5^2}}]^{\frac{2}{3}}$$

$$Q_s = 0.6364 m^3/s$$

Pour h=0.3 on a: Qs= 0.6364 m3/s > Qa = 0.01916 m3/s.

Donc le débit d'apport est nettement inférieur à celui de saturation ce qui signifie que les dimensions du fossé proposé est largement suffisant pour faire passer les apports du bassin versant.

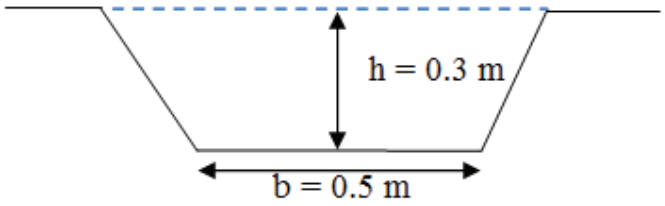


Figure X.8-1-5-1 : Dimensions du fossé calculé

X.8.2 Dimensionnement des dalots :

X.8.2.1 Calcul des débits :

$$I_t = I \times (\frac{t_c}{24})^B$$

pour 50 ans on a : I = 4.645 mm/h

B = b-1 = 0.35 -1 = -0.65

tc la durée de chute de pluie varient de 10 à 60 minutes si on prends tc =15 minute= 0.25h,
Donc :

$$I_t = I \times (\frac{t_c}{24})^B = 4.645 \times (\frac{0.25}{24})^{-0.65} = 90.253 \text{ mm/h}$$

I_t=90.253 mm/h

$$\mathbf{Q_a = K \times C \times I \times A}$$

$$Q_c = \frac{1}{360} \times 0.95 \times 90.253 \times 0.07 = 16.67 \times 10^{-3} m^3/s$$
$$Q_A = \frac{1}{360} \times 0.35 \times 90.253 \times 0.015 = 1.31 \times 10^{-3} m^3/s$$
$$Q_t = \frac{1}{360} \times 0.25 \times 90.253 \times 0.1 = 6.27 \times 10^{-3} m^3/s$$

D'où :

$$Q_a = Q_c + Q_A + Q_t = (16.67 + 1.31 + 6.27)10^{-3} = \mathbf{24.25 \times 10^{-3} m^3/s}$$

X.8.2.2 Calcul de h :

$$Q_s = k_{st} \times i^{\frac{1}{2}} \times 0.8 \times h \times L \times [\frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L}]^{\frac{2}{3}}$$

Si on pose L=0.8 m et pour h= 1m on à :

$$Q_s = 70 \times (\frac{1}{100})^{\frac{1}{2}} \times 0.8 \times 1 \times 0.8 \times [\frac{0.8 \times 1 \times 0.8}{1.6 \times 1 + 0.8}]^{\frac{2}{3}}$$
$$Q_s = 1.856 m^3/s$$

Pour h=1 m on a: Qs= 1.856 m3/s > Qa = 0.02425 m3/s.
Donc le débit d'apport est nettement inférieur à celui de saturation ce qui signifie que les dimensions des dalots proposé est largement suffisant pour faire passer les apports du bassin versant.
Pour notre projet on adoptera deux dalots :

Dalot unicellulaire PK4+283
Dalot unicellulaire PK5+000

X.8.3 Dimensionnement des buses :

$$Q_a = Q_s = K \times I \times C \times A = k_{st} \times S \times R_h^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}$$

Pour les buses on à :

- $Q_a = \mathbf{19.16 \times 10^{-3} m^3/s}$
- Un coefficient de rugosité pour le béton arme : Kst = 70
- Une pente: I = 1%
- D=2r

$$Q_a = Q_s = k_{st} \times i^{\frac{1}{2}} \times \frac{\pi D^2}{4} \times [\frac{r}{2}]^{\frac{2}{3}} = k_{st} \times i^{\frac{1}{2}} \times \pi \times r^2 \times [\frac{r}{2}]^{\frac{2}{3}}$$

Donc :

$$R^{\frac{8}{3}} = \frac{Q_a}{K_s \times i^{\frac{1}{2}} \times \pi \times (\frac{1}{2})^{\frac{2}{3}}} = \frac{19.16 \times 10^{-3}}{70 \times (\frac{1}{100})^{\frac{1}{2}} \times \pi \times (\frac{1}{2})^{\frac{2}{3}}}$$

$$\frac{8}{3}\ln R = \ln\frac{19.16\times10^{-3}}{70\times(\frac{1}{100})^{\frac{1}{2}}\times\pi\times(\frac{1}{2})^{\frac{2}{3}}}$$

$$\mathbf{R = e^{\frac{3}{8}\times\ln\frac{19.16\times10^{-3}}{70\times(\frac{1}{100})^{\frac{1}{2}}\times\pi\times(\frac{1}{2})^{\frac{2}{3}}}} = 0.0846\ m \approx 0.01m}$$

On a : D= 2R = 2 × 0.1 = 0.2 m.
D'où: le diamètre de la buse est de 0.2 m
Pour notre projet on adoptera des Φ de **400, 500, 600 et 800**

CHAPITRE XI.

CARREFOUR

XI.1 Introduction :

Un carrefour est un lieu d'intersection deux ou plusieurs routes au même niveau.

Le bon fonctionnement d'un réseau de voirie, dépend essentiellement de la performance des carrefours car ceux-ci présentent des lieux d'échanges et de conflits où la fluidité de la circulation et la sécurité du trafic sont indispensables.

L'analyse des carrefours sera basée sur les données recueillies lors des enquêtes directionnelles, qui doivent fournir les éléments permettant de faire le diagnostic de leur fonctionnement.

XI.2 Types de carrefour :

Les principaux types de carrefour que présentent les zones urbaines sont :

XI.2.1 Carrefour à trois branches (en T) :

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires. Le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.

XI.2.2 Carrefour à trois branches (en Y):

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principale est oblique (s'éloignant de la normale de plus 20°)

XI.2.3 Carrefour à quatre branches (en croix) :

C'est un carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées (ou quasi)

XI.2.4 Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire :

C'est un carrefour plan comportant un îlot central (normalement circulaire) matériellement infranchissable, ceinturé par une chaussée mise à sens unique par la droite, sur laquelle débouchent différentes routes et annoncé par une signalisation spécifique.

Les carrefours giratoires sont utiles aux intersections de deux ou plusieurs routes également chargées, lorsque le nombre des véhicules virant à gauche est important.

La circulation se fait à sens unique autour du terre-plein (circulation ou avale). Aucune intersection ne subsiste; seuls des mouvements de convergence, de divergence et d'entrecroisement s'y accomplissent dans des conditions sûres et à vitesse relativement faible.

Les longueurs d'entrecroisement qui dépendent des volumes courants de circulation qui s'entrecroisent, déterminent le rayon du rond point.

Une courbe de petit rayon à l'entrée dans le giratoire freine les véhicules et permet la convergence sous un angle favorable (30 à 40°). En revanche, la sortie doit être de plus grand rayon pour rendre le dégagement plus aisé.

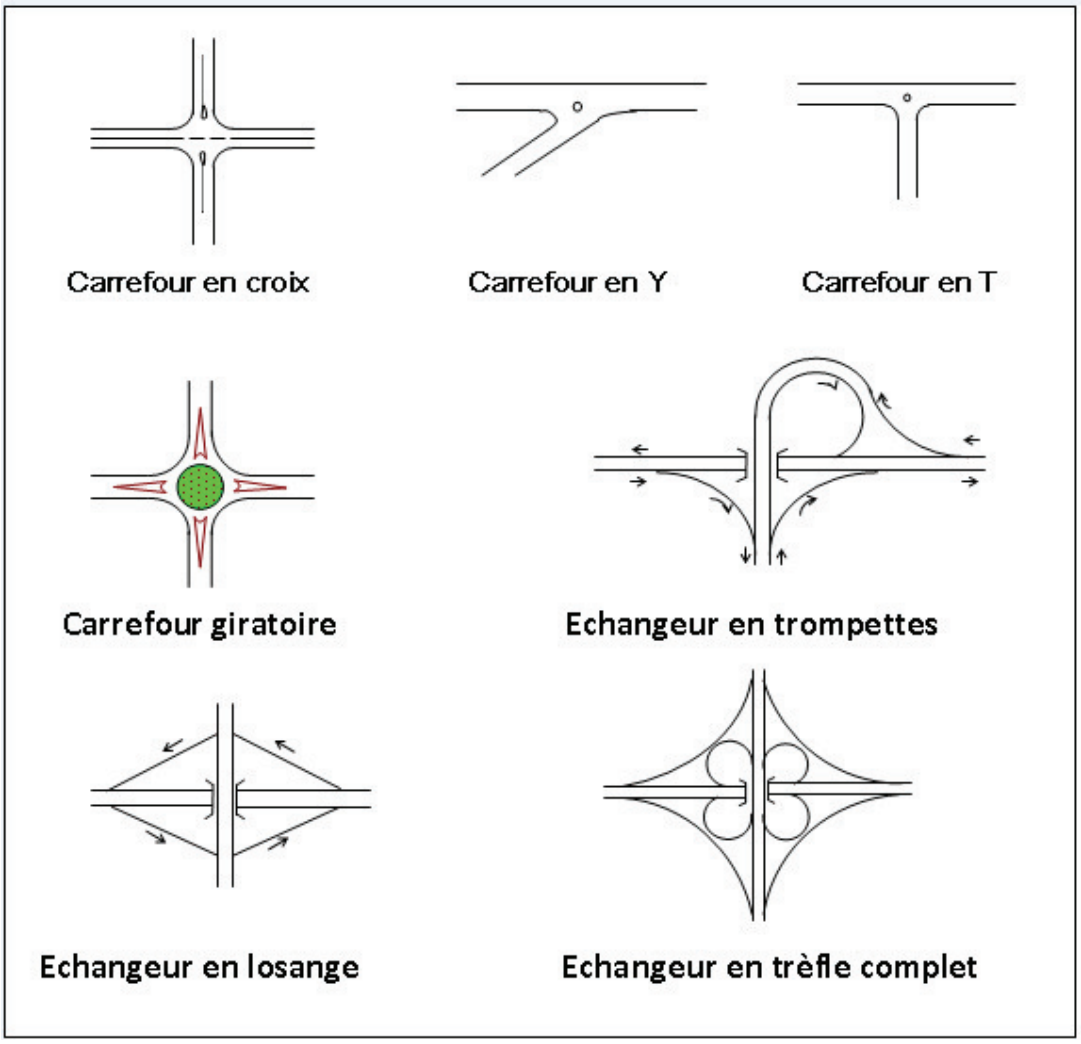


Figure XI.2-1 : Types de carrefour

NB: Pour notre projet l'étude du tronçon comporte deux carrefours giratoires.

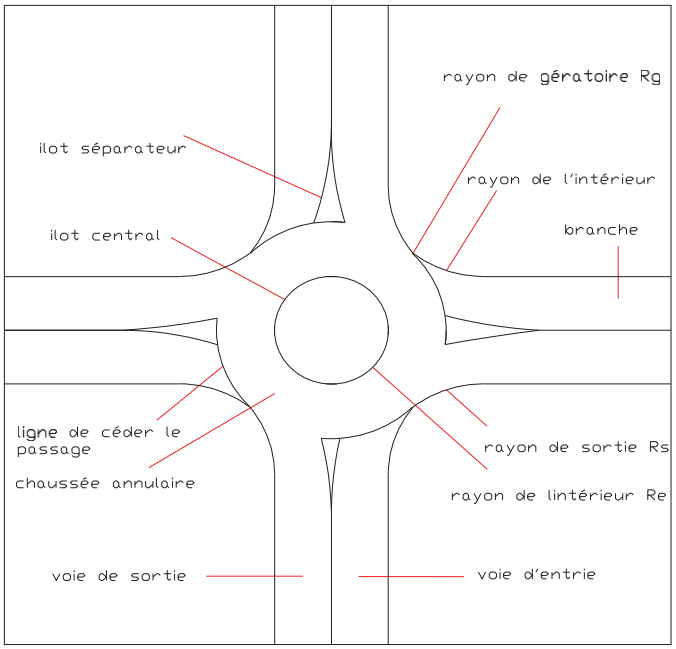
XI.3 Données utiles à l'aménagement d'un carrefour :

Le choix d'un aménagement de carrefour doit s'appuyer sur un certain nombre des données essentielles concernant :

- ✓ La valeur de débit de circulation sur les différentes branches et l'intensité des mouvements tournant leur évolution prévisible dans le futur.
- ✓ Les types et les causes des accidents constatés dans le cas de l'aménagement d'un carrefour existant.
- ✓ Les vitesses d'approche à vide pratique.
- ✓ Les caractéristiques des sections adjacentes et des carrefours voisins.
- ✓ Le respect de l'homogénéité de tracé.
- ✓ La surface neutralisée par l'aménagement.
- ✓ La condition topographique.

XI.4 Principes généraux d'aménagement d'un carrefour :

- ✓ Les cisaillements doivent ce produire sous un angle de 90 ± 20 à fin d'obtenir de meilleure condition de visibilité et la prédication des vitesses sur l'axe transversal, aussi avoir une largeur traversée minimale.
- ✓ Ralentir à l'aide des caractéristiques géométriques les courants non prioritaires.
- ✓ Regrouper les points d'accès à la route principale.
- ✓ Assurer une bonne visibilité de carrefour.
- ✓ Soigner tout particulièrement les signalisations horizontales et verticales.



- ✓ Eviter si possible les carrefours à feux bicolores

Figure XI.4-1 : Les paramètres d'un carrefour giratoire

XI.4.1 La visibilité :

Dans l'aménagement d'un carrefour il faut lui assurer les meilleures conditions de visibilité possibles, à cet effet on se rapproche aux vitesses d'approche à vide.

En cas de visibilité insuffisante il faut prévoir :

- ✓ Une signalisation appropriée dont le but est soit d'imposer une réduction de vitesse soit de changer les régimes de priorité.
- ✓ Renforcer par des dispositions géométriques convenables (inflexion des tracés en plan, îlot séparateur ou débouché des voies non prioritaires.

XI.4.2 Triangle de visibilité :

Un triangle de visibilité peut être associé à un conflit entre deux courants. Il a pour sommets :

- ✓ Le point de conflit
- ✓ Les points limites à partir desquels les conducteurs doivent apercevoir un véhicule adverse

XI.4.3 Données de base:

- ✓ La nature de trafic qui emprunte les itinéraires.
- ✓ La vitesse d'approche à vide (V0) qui dépend des caractéristiques réelles de l'itinéraire au point considéré et peut être plus élevée que la vitesse de base.
- ✓ Les conditions topographiques.

XI.4.4 Les îlots :

Les îlots sont aménagés sur les bras secondaires du carrefour pour séparer les directions de la circulation, et aussi de limiter les voies de circulation.

Pour un îlot séparateur, les éléments principaux de dimensionnement sont :

- ✓ Décalage entre la tête de l'îlot séparateur de la route secondaire et la limite de la chaussée de la route principale : 1m.
- ✓ Décalage d'îlot séparateur à gauche de l'axe de la route secondaire : 1m.
- ✓ Rayon en tête d'îlot séparateur : 0.5 m à 1m.
- ✓ Longueur de l'îlot : 15 m à 30 m.

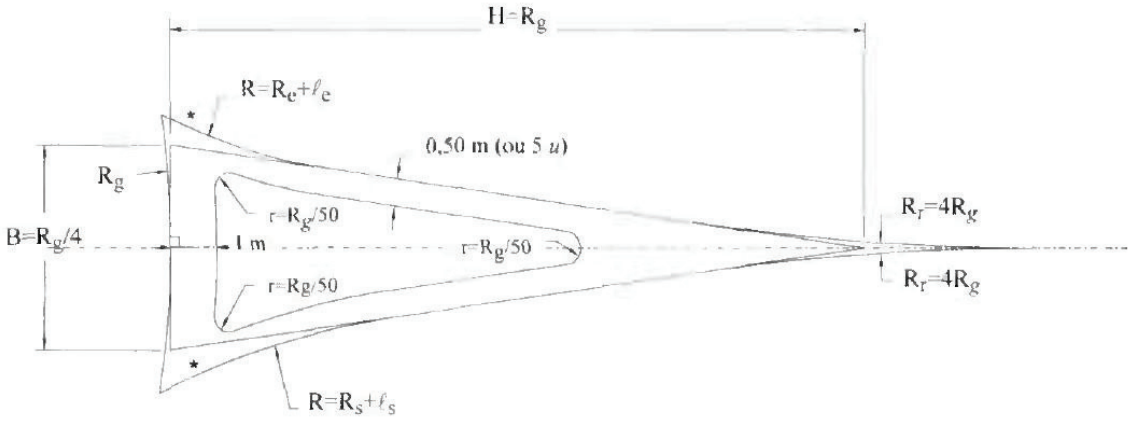


Figure XI.4-4-1 : Construction des îlots séparateurs (rayon $R_g < 15$ m)

XI.4.5 Ilot directionnel :

Les îlots directionnels sont nécessaires pour délimiter les couloirs d'entrées et de sortie. Leur nez est en saillie et ils doivent être arrondis avec des rayons de 1 m

XI.4.6 Les couloirs d'entrée et de sortie :

Longueur de couloirs :

- ✓ entrée 4m (accotement dérasé 1.5m)
- ✓ Sortie 5m (accotement dérasé 0.5m)

XI.5 Application au projet :

Pour notre cas on adopte pour l'itinéraire deux carrefours giratoire, qui sont aménagés comme suit:

XI.5.1 Le premier carrefour:

C'est un carrefour giratoire qui se trouve à la fin du projet au (PK 10+466.79)

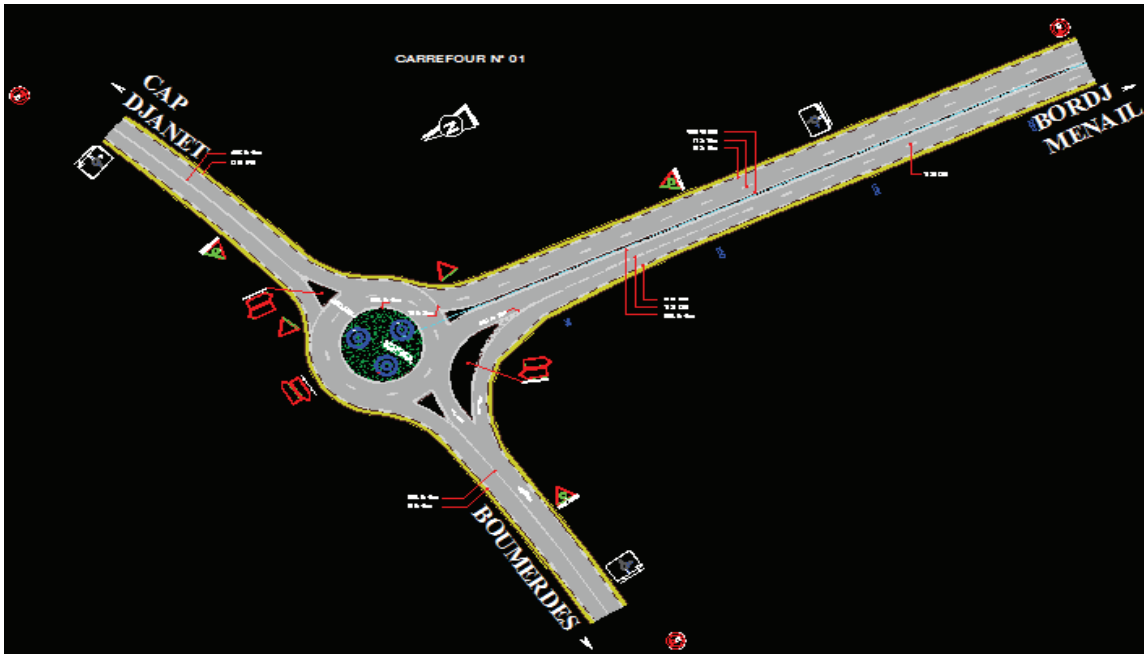


Figure XI.5-1-1 : Carrefour N : 1

XI.5.2 Le deuxième carrefour:

Il est situé au début du projet au (PK00+000.00) et il est aménagé comme le premier.

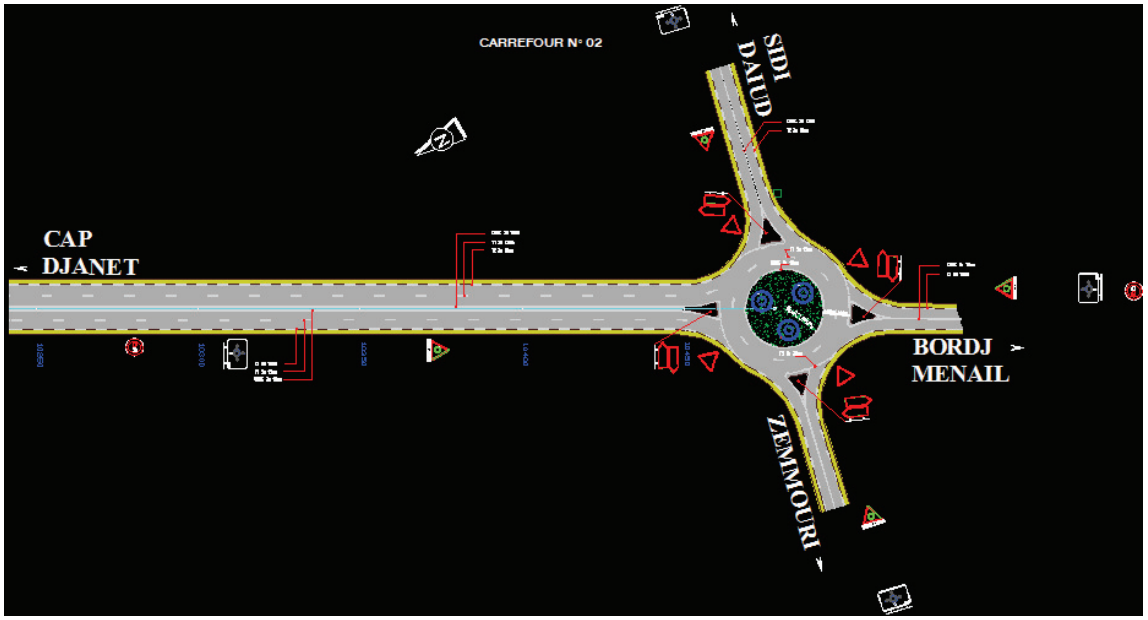


Figure XI.5-1-2 : Carrefour N : 2

XI.5.3 Paramètre fondamentaux :

- Le rayon de giratoire : Rg = 12m
- Largeur de l'anneau : La = 8 m
- Sur-largeur franchissable : $sL_f = 1.5$
- Rayon intérieur : Ri = 3.5
- Le rayon de l'entrée : Re = 12 m
- Le rayon de sortie : Rs = 15 m
- Rayon de raccordement : $R_r = 48$

XI.5.3.1 Route principale :

- Voie d'entrée : Le = 5 m
- Voie de sortie : Ls = 7 m

XI.5.3.2 Route secondaire :

- Voie d'entrée : Le = 4 m
- Voie de sortie : Ls = 5 m

CHAPITRE XII.

EQUIPEMENT DE LA ROUTE

XII.1 Introduction :

La prévention routière, ou sécurité routière, est l'ensemble des mesures visant à éviter les accidents de la route ou à atténuer leurs conséquences et de rendre plus facile et plus sure l'utilisation des routes et des autoroutes, elle correspond à un enjeu majeur de protection des personnes.

XII.2 Objectifs de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour rôle :

- De rendre plus sûr et plus facile la circulation routière.
- De rappeler certaines prescriptions du code de la route.
- D'indiquer et de rappeler les diverses prescription particulières.
- De donner des informations relatives à l'usager de la route.

XII.3 Règles a respecté pour la signalisation:

II est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes:

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Eviter les panneaux publicitaires irréguliers.
- Simplicité qui s'obtient en évitant un surplus de signaux qui fatiguent l'attention de l'usager.

XII.4 Types de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale.
- Signalisation horizontale.

XII.4.1 Signalisation verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme.

Elles peuvent être classées dans trois classes:

- ✓ **Signaux de danger :**

Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler.

- ✓ **Signaux comportant une prescription absolue :**

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

- L'interdiction.

- L'obligation.
- La fin de prescription.
- Signaux à simple indication:

Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche :

- Signaux d'indication.
- Signaux de direction.
- Signaux de localisation.
- Signaux divers.

XII.4.2 Signalisation horizontale :

Elle concerne uniquement les marques sur chaussée qui sont employées pour indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation.

La signalisation horizontale se divise en deux types :

Marques Longitudinales :

Elles sont utilisées pour délimiter les voies de circulation. On trouve :

- **Les lignes continues :**

Ces linges sont utilisées pour indiquer les sections de route ou le dépassement est interdit, notamment parce que la visibilité est insuffisante.

- **Les lignes discontinues :**

Les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différent par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

Elles sont basées sur une longueur Périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

Tableau XII.4-2-1 : Modulations des lignes discontinues.

Type de marquage	Type de modulation	Longueur du trait (en m)	Intervalle entre 2 traits successifs (en m)	Rapport plein/vide
axial	T1	3	10	1/3
	T'1	1.5	5	1/3
longitudinal	T3	3	1.33	3
rive	T2	3	3.5	1
	T'3	20	6	3
transversal	T'2	0.5	0.5	1

Marquage des chaussées :

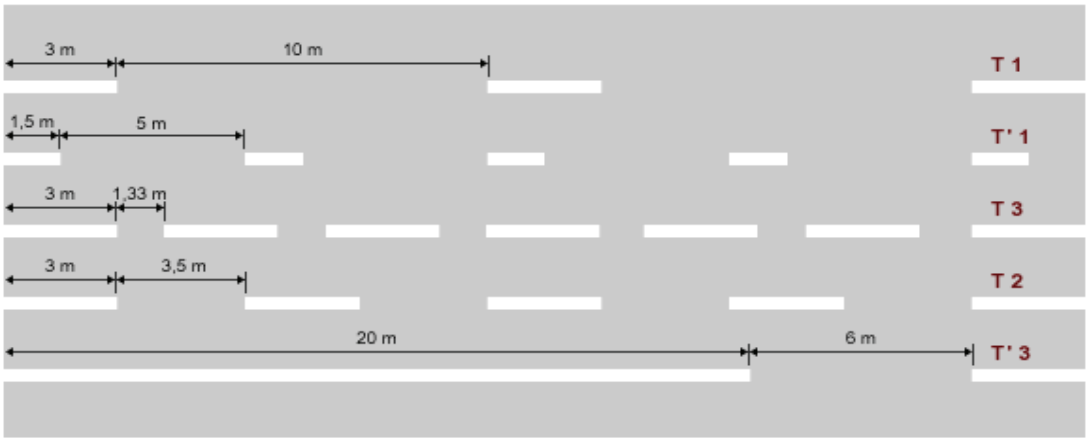


Figure XII.4-2-2 : Lignes longitudinales

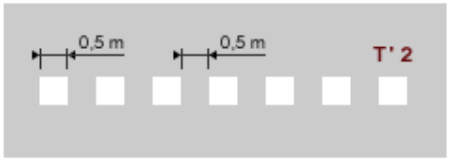


Figure XII.4-2-3 : Lignes transversales

Autres marquages:

- **Flèches de sélection :**

Flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.

- **Flèche de rabattement :**

Une flèche légèrement incurvée signalant aux usages qu'ils devraient emprunter la voie située du coté qu'elle indique.

Largeur des lignes :

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité "u" différente selon le type de route.

On adopte les valeurs suivantes pour "u" :

- ✓ u = 7,5 cm sur les autoroutes, les routes à chaussées séparées, les routes à 4 voies de rase campagne ;
- ✓ u = 6 cm sur les routes importantes, notamment sur les routes à grande circulation ;
- ✓ u = 5 cm sur toutes les autres routes ;
- ✓ u = 3 cm pour les lignes tracées sur les pistes cyclables.

La valeur de "u" doit être homogène sur tout un itinéraire.

En particulier, elle ne doit pas varier au passage d'un département à l'autre.

Glissières de sécurités :

Elles sont classées suivant leurs performances de retenue.

- **Les glissières de niveau 1 :**

Sont particulièrement adoptées pour les routes principales.

- **Les glissières de niveau 2 :**

Sont envisageable lorsque les vitesses pratiquées, à leurs endroits, sont faibles (de l'ordre de 60 km/h).

Concernent les autres types de routes, des glissières doivent être prévues dans les cas suivants :

Sur le TPC : éventuel pour les cas des routes a deux chaussées de type R.

Sur accotement :

- En présence d'obstacles durs ou autres configurations agressives.
- Lorsque la hauteur des remblais dépasser 4 mètres, ou en présence d'une dénivellation brutale de plus de 1m (cas des ouvrages d'arts par exemple).

Pour les autres cas, des glissières peuvent être implanté en cas de problèmes

Spécifique.

Il est a notre cependant :

- Que les glissières doivent être implantées à distance des voies de façon à respecter les dégagements de sécurité nécessaires.
- Qu'il faut vérifier qu'elles n'entrent pas visibilité.

Les critères de choix de la signalisation :

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation tout en respectant les critères suivants :

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéités).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Simplicité : elle s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatigue l'attention de l'usager.
- Eviter la publicité irrégulière.

XII.5 Eclairage :

XII.5.1 Introduction:

L'éclairage public doit assurer aux usagers de la route de circuler de nuit avec une sécurité et un confort que possible, c'est à- dire voir tout ce qu'il pourra exister comme obstacles sans l'aide des projecteurs de la voiture ou de croisement ; ainsi que voir tous les éléments de la route (les bordures de trottoir les carrefours…etc.).

Une bonne visibilité des bordures, du trottoir, des véhicules, et des obstacles.

XII.5.2 Classes d'éclairage public

Il existe quatre classes d'éclairage public :

- Classe A : éclairage général d'une route ou autoroute.
- Classe B : éclairage urbain (voirie artérielle et de distribution).
- Classe C : éclairage des voies dessertes.
- Classe D : éclairage d'un point singulier (carrefour, virage…) situé sur un itinéraire non éclairé

XII.5.3 Eclairage d'un point singulier :

Les caractéristiques de l'éclairage d'un point singulier, situé sur un itinéraire non éclairé doivent être les suivantes :

- A longue distance 800 à 1000 m du point singulier, tache lumineuse éveillant l'attention de l'automobiliste.
- A distance moyenne 300 à 500 m, idée de la configuration du point singulier.
- A faible distance, distinguer sans ambiguïté les obstacles.
- A la sortie de la zone éclairée, pas de phénomène de cécité passagère (l'absence complète de vision).

XII.5.4 Paramètre de l'implantation des luminaires :

- L'espacement (e) entre luminaires qui varie en fonction de type des voies.
- La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et parfois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (L) de la chaussée
- La porte à faux (p) du foyer par rapport au support.
- L'inclinaison ou non du foyer lumineux et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

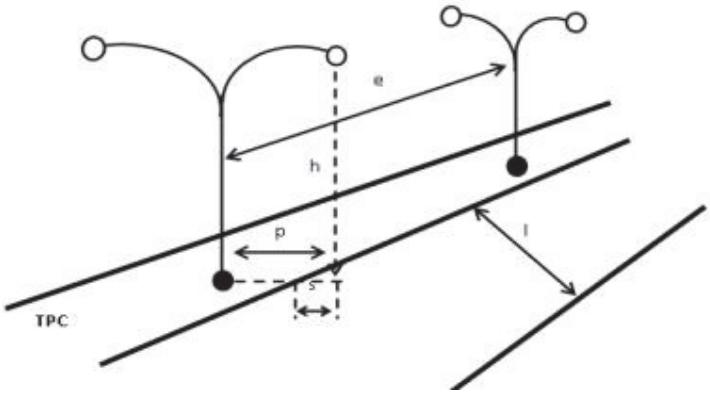


Figure XII.5-4-1 : Paramètres de l'implantation des luminaires

XII.6 Application au projet :

XII.6.1 Signalisation routière :

Les différents types de panneaux de signalisation utilisée pour notre étude sont les suivants:

- **signalisation horizontale :**
- ✓ marquage de la chaussée en ligne continue.
- ✓ Lignes continue de largeur de 15 cm.
- ✓ marquage de la chaussée en ligne discontinue.
- ✓ Lignes discontinues 3/9/0,15.
- **signalisation verticale:**
- ✓ Signaux d'avertissement de danger Type A
- ✓ Signaux De priorité Type B
- ✓ Signaux d'interdiction ou de restriction Type C
- ✓ Signaux de pré signalisation Type E/A
- ✓ Signaux de direction Type E/B
- ✓ Signaux de localisation Type E/C
- **Glissières de sécurité**

Exemple :

Signalisation horizontale :

Lignes discontinue :



Figure XII.5-1 : Lignes discontinue

Lignes continue :



Figure XII.5-2 : Lignes continue

Signalisation verticale :

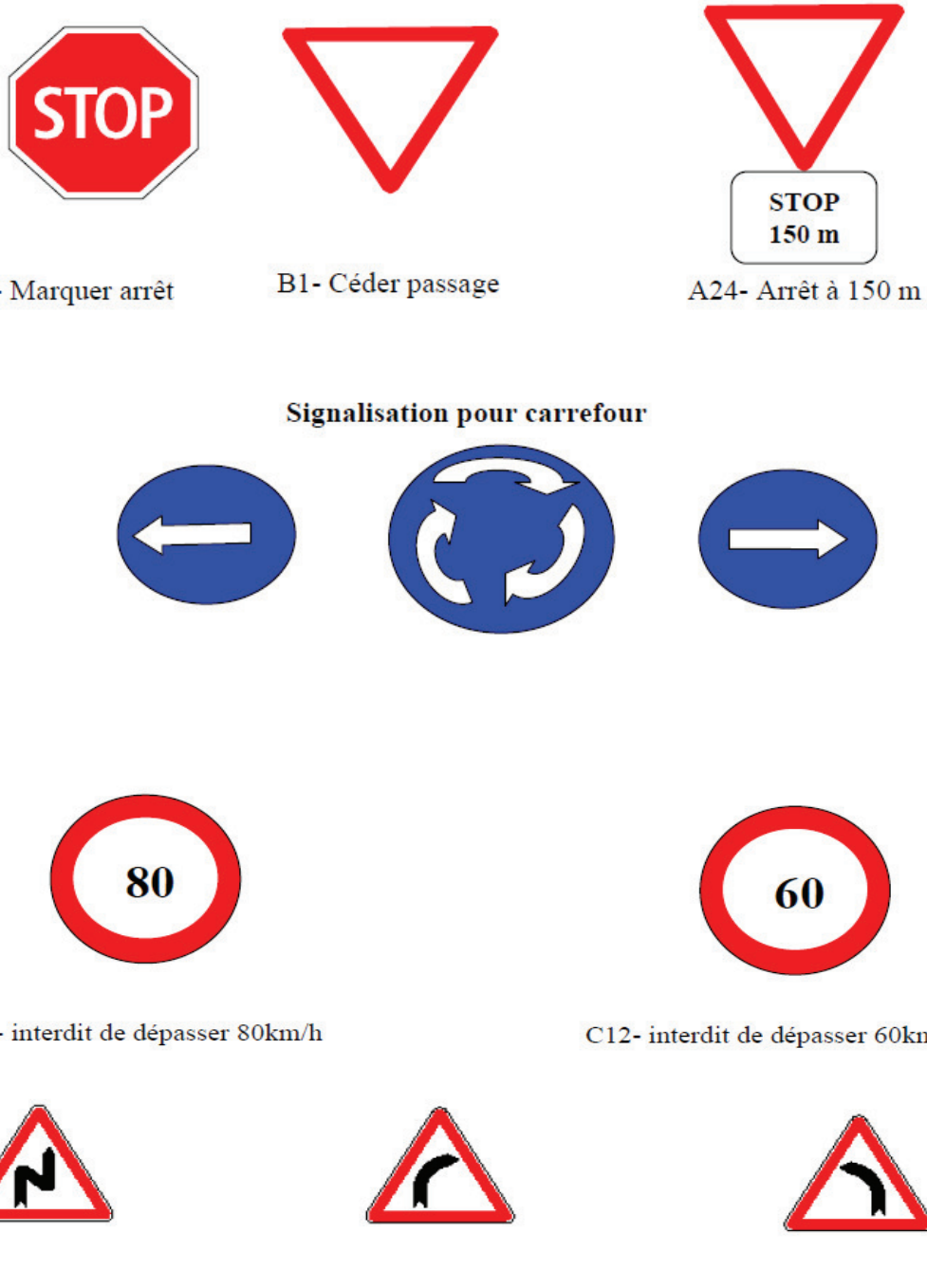


Figure XII.5-3 : Les signaux de danger type A

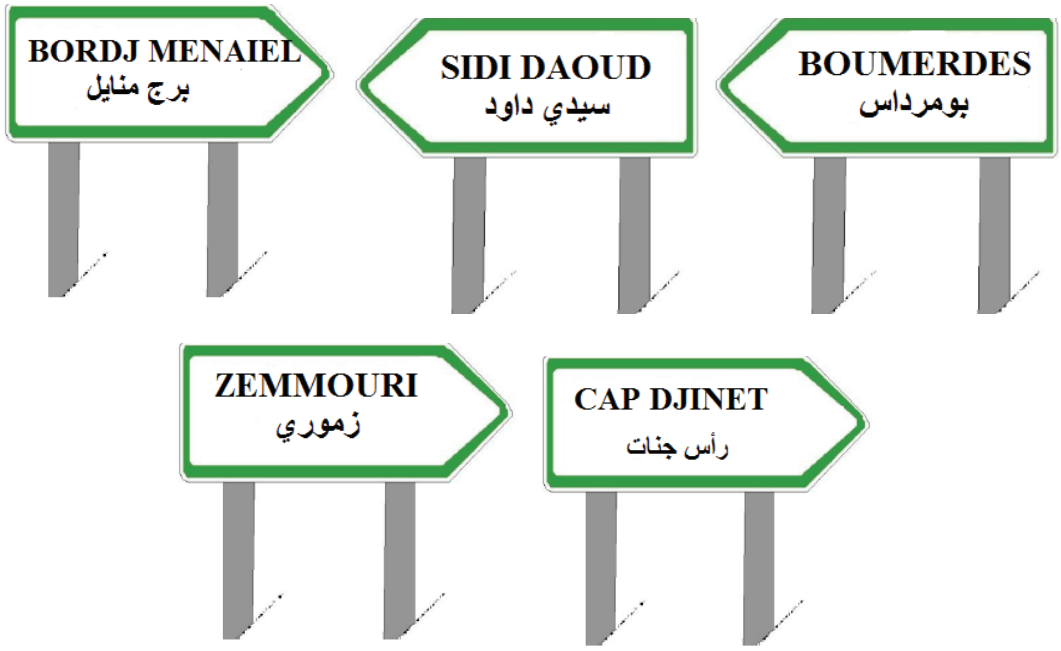


Figure XII.5-3 : Signalisation de direction

XII.6.2 Eclairage :

XII.6.2.1 Eclairage de la voie :

Les candélabres (lampadaires) sont implantés dans le centre de plein central avec deux foyers portés par le même support de 12m de hauteur, éclairant chacun une demi chaussée, espacés de 30m.

XII.6.2.2 Eclairage carrefour :

Pour les carrefours dont les îlots centraux sont importants, on place en retrait de leurs courbures des foyers A, dans l'alignement de foyers B sur la bordure extérieure, pour que les usagers identifient les différentes voies d'accès (appareil défilé).

CHAPITRE XIII.

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

XIII.1 Devis quantitatif et estimatif :

Tableau XIII.1-1 : Devis quantitatif et estimatif

N°	DESIGNATIONS DES TRAVAUX	UNITE	QUANTITE	P.UNITAIRE	MONTANT
	1- Préparation de terrain				
1.01	Débroussaillage	M2	3000	120,00	360.000,00
1.02	Abattage d'arbres singuliers D=20 cm à 40cm	U	60	4.000,00	240.000,00
1.03	Démontage et reconstruction de clôtures existantes	M2	PM	350,00	……
1.04	Déplacement de poteaux électriques	U	18	90.000,00	1.620.000,00
1.05	Démolition d'ouvrages ou partie d'ouvrage en moellons, brique ou béton armé	M3	570	300.00	171.000,00
Total préparation de terrain					**2.391.000,00**
	2- Terrassement				
2.01	Déblai en terrain meuble (inutilisable) mise dépôt y compris transport à la décharge	M3	177947.29	250.00	44.486.822,00
2.02	Remblai en provenance d'emprunt y compris transport	M3	91246	400.00	36.498.400,00
2.03	Terrassement toute nature ; décapage Terre végétale.	M3	43678.65	500,00	21839325,00
2.04	Engazonnement en T.Végétale	M2	1.000	1.200,00	1.200.000,00
2.05	Evacuation à la décharge publique	M3	40.418	500,00	20.209.000,00
2.06	Revêtement en terre végétale	M3	5.000	200,00	1.000.000,00
Total terrassement					**125.233.547,00**
	3- Chaussée				
3.01	Couche de forme en TVO e = 40 cm	M3	58196	1.200,00	69.835.200,00
3.02	Couche de fondation en G.concassée e = 30	M3	35518	1700,00	60.380.600,00
3.03	Couche de base en G. bitumineux e = 20 cm	M3	20468.5	5.800,00	118.717.300,00
3.04	Couche d'imprégnation à 0.8kg/m2	T	76	5.000,00	380.000,00
3.05	Couche d'accrochage à 0.30kg/m2	T	25	4.000,00	100.000,00
3.06	Couche de roulement en B. bitumineux e = 6 cm	T	5743.5	6.000,00	34.461.000,00

Total chaussée					**283.874.100,00**
	4- Assainissement				
4.01	F/et pose de buse				
	D = 400 ; D=500 ; D=600 ; D=800	ML	105 30 289 23	4.800,00 5.500,00 6.200,00 7.000,00	504.000,00 165.000,00 1.791.800,00 161.000,00
4.02	F/Pose de tête de buse				
	D =400 ; D=500 ; D=600 ; D=800	ML	04 02 20 02	3.200,00 3.500,00 4.300,00 5.000,00	12.800,00 7.000,00 86.000,00 10.000,00
4.03	Fossé en terre Fossé bétonné trapézoïdal Pose de fossé en demi-buse	ML	3390 7085 2667	500,00 3.800,00 2.000,00	1.695.000,00 26.923.000,00 5.334.000,00
4.04	Regard	U	150	64.000,00	9.600.000,00
Total assainissement					**46.289.600,00**
	5- Ouvrage courant et non courant				
5.01	Dalot unicellulaire PK4+283	M2	75	290.000,00	21.750.000,00
5.02	Dalot unicellulaire PK5+000	M2	150	290.000,00	43.500.000,00
5.03	Pont à 02 travées de 15ml	M2	420	350.000,00	147.000.000,00
Total ouvrage courant et non courant					**212.250.000,00**
	6- Eclairage public				
6.01	Fourniture et pose des candélabres (Candélabre à 2 foyers) avec massif de béton de 1 m de profondeur y compris raccordement sur massif et toutes sujétions	U	320	75.000,00	24.000.000,00
6.02	Fourniture et pose de câbles U 1000 R 02V ou similaire +CU nu 17 mm y compris raccordement				
	4X10	ML	10.000	1.200.00	12.000.000,00
	4X16	ML	10.000	1.000,00	10.000.000,00
6.03	Construction d'une niche équipée d'un tableau électrique y compris raccordement et toutes accessoires nécessaires	U	4	150.000,00	600.000,00
Total éclairage public					**46.600.000,00**
	7- Travaux annexe de la route				

7.01	Bordure haute en BA 15/25	ML	21.000	900,00	18.900.000,00
7.02	Revêt/ en g/gravier p/ accotement	M3	10.900	900,00	9.810.000,00
7.03	Marquage de chaussée	ML			
	<u>Continu</u> 12ML 18ML <u>discontinu</u> 12ML 18ML		 500 2100 10500 10500	 75.00 85.00 65.00 75.00	 37.500,00 178.500,00 682.500,00 787.500,00
7.04	Signalisation verticale route et carrefours	U			
	Type A signaux d'avertissement de danger	U	18	18.000,00	324.000,00
	Type B signaux De priorité	U	07	18.000,00	126.000,00
	Type C signaux d'interdiction ou de restriction	U	15	18.000,00	270.000,00
	Type D signaux d'obligation	U	07	18.000,00	126.000,00
	Type E/A signaux de pré signalisation	U	07	12.000,00	84.000,00
	Type E/B signaux de direction	U	07	12.000,00	84.000,00
	Type E/C signaux de localisation	U	02	12.000,00	24.000,00
7.05	Glissière de sécurité	ML	1500	4.200,00	6.300.000,00
Total travaux annexes de la route					**37.734.000,00**

Tableau XIII.1-2 : Récapitulation de devis

N°	D E S I G N A T I O N S	M O N T A N T S
01	Installation…Preparation de terrain	2.391.000,00
02	Travaux de terrassement	125.233.547,00
03	Travaux de chaussée	283.874.100,00
04	Travaux d'assainissement	46.289.600,00
05	Travaux d'ouvrage d'art courant et non couran	212.250.000,00
06	Eclairage public	46.600.000,00
07	Travaux annexes de la route	37.734.000,00
	Total en hors taxes	7.54372.247,00
	TVA 17 %	128.243.282,00
	Total en TTC	882.615.529,00

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Ce projet de fin d'étude est considéré pour nous comme une première expérience de projet réel à réaliser. Au cours de ce travail, nous avons apprécié l'importance des cours théoriques que nous avons étudiés lors de notre cursus acquises pendant ces trois années à l'Ecole Nationale Supérieur des Travaux publics.
Le projet nous a permis aussi d'être en face des problèmes techniques et administratifs qui peuvent se présenter dans un projet routier.

En outre, ce stage nous a été bénéfique où nous avons développé nos connaissances, et aussi c'était une occasion d'approfondir et d'enrichir notre maitrise des logiciels de conception de route à savoir, Alize, Covadis,Autocad et Autocad civil 3d 2019.

L'étude de dédoublement du tronçon de la RN 68 Boumerdes entre (Bordj menail et Cap djinet), rentre dans le même programme d'aménagement des infrastructures. Cette route est considérée comme une grande infrastructure contribuant davantage au développement touristique de la wilaya de Boumerdes.

Ce projet nous a permis d'enrichir notre savoir, de déceler et solutionner les problèmes rencontrés lors de l'établissement du projet. Nous souhaitons que les travaux que nous avons accomplis constituent un premier pas vers la vie professionnelle.

Bibliographie

- **B40 :** (Normes Techniques d'aménagement des routes, Direction des Eudes générales et de la règlementation technique, octobre 1977).
- **Anciens mémoires de fin d'étude :** à la bibliothèque de L'E.N.S.T.P.
- **C.T.T.P** : (Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, organisme national de contrôle technique des travaux publics. Novembre 2001).
- **Cours de route E.N.S.T.P** : (Mr KARA Benchohra).
- **Cours de route :** (Mr NEHAOUA Adel)
- **Manuel de projet de route** : (KALLI Fatima-Zohra ; GOUMETTRE Ahmed)
- **SETRA :** (Recommandation pour l'assainissement routier).
- **ANRH :** (Agence national des ressources hydrauliques) .
- **Logiciels :**
    - Aliz-Lcpc
    - Autocad
    - Autocad Civil 3d 2019
    - Covadis
- **moteurs de recherches :** (INTERNET).

ANNEXE

Axe en plan

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000.00	20027.5178	40273.1828
DR1	ANG=205.5613 (g)	50.144			
			0+050.14	20023.1429	40223.2302
CLO2	A=200.000				
	R=400.000	100.000			
			0+150.14	20010.2858	40124.1301
ARC3	XC=19619.2711				
	YC=40208.4359				
	R=400.000	286.638			
			0+436.78	19858.7403	39888.0385
CLO4	A=200.000				
	R=400.000	100.000			
			0+536.78	19773.9944	39835.0835
DR5	ANG=267.0967 (g)	548.620			
			1+085.40	19297.0331	39563.9890
CLO6	A=100.000				
	R=250.000	40.000			
			1+125.40	19262.8069	39543.3092
ARC7	XC=19403.3155				
	YC=39336.5308				
	R=250.000	217.881			
			1+343.28	19154.6258	39362.0933
CLO8	A=100.000				
	R=250.000	40.000			
			1+383.28	19152.6634	39322.1529
DR9	ANG=201.4279 (g)	1.092			
			1+384.38	19152.6389	39321.0609
CLO10	A=100.000				
	R=250.000	40.000			
			1+424.38	19150.6765	39281.1205
ARC11	XC=18901.9868				
	YC=39306.6830				
	R=250.000	194.651			
			1+619.03	19061.0756	39113.8339
CLO12	A=100.000				

	R=250.000	40.000			
			1+659.03	19028.9158	39090.0676
DR13	ANG=261.1812 (g)	13.227			
			1+672.25	19018.0723	39082.4926
CLO14	A=100.000				
	R=250.000	40.000			
			1+712.25	18985.9125	39058.7263
ARC15	XC=19145.0012				
	YC=38865.8772				
	R=250.000	236.800			
			1+949.05	18895.5483	38849.3470
CLO16	A=100.000				
	R=250.000	40.000			
			1+989.05	18900.3158	38809.6435
DR17	ANG=190.6946 (g)	944.486			
			2+933.54	19037.8796	37875.2298
CLO18	A=250.000				
	R=500.000	125.000			
			3+058.54	19061.2044	37752.5136
ARC19	XC=19542.9336				
	YC=37886.4427				
	R=500.000	37.912			
			3+096.45	19072.7339	37716.4067
CLO20	A=250.000				
	R=500.000	125.000			
			3+221.45	19124.8443	37602.8822
DR21	ANG=169.9520 (g)	235.016			
			3+456.47	19231.6973	37393.5619
CLO22	A=200.000				
	R=300.000	133.333			
			3+589.80	19283.2547	37270.9172
ARC23	XC=18992.5640				
	YC=37196.7625				
	R=300.000	264.983			
			3+854.78	19234.3510	37019.1702
CLO24	A=200.000				
	R=300.000	133.333			
			3+988.12	19140.6268	36924.7474

DR25	ANG=254.4774 (g)	502.792			
			4+490.91	18760.9946	36595.0828
CLO26	A=200.000				
	R=450.000	88.889			
			4+579.80	18695.8620	36534.6499
ARC27	XC=19022.9782				
	YC=36225.6273				
	R=450.000	92.839			
			4+672.64	18639.4960	36461.0873
CLO28	A=200.000				
	R=450.000	88.889			
			4+761.53	18598.0884	36382.4756
DR29	ANG=228.7681 (g)	134.765			
			4+896.29	18539.2413	36261.2380
CLO30	A=150.000				
	R=300.000	75.000			
			4+971.29	18503.7344	36195.2346
ARC31	XC=18252.2852				
	YC=36358.8601				
	R=300.000	123.114			
			5+094.40	18417.5770	36108.5031
CLO32	A=150.000				
	R=300.000	75.000			
			5+169.40	18351.8108	36072.5586
DR33	ANG=270.8091 (g)	31.235			
			5+200.64	18323.8026	36058.7333
CLO34	A=500.000				
	R=1000.000	250.000			
			5+450.64	18104.5821	35938.9184
ARC35	XC=18655.5547				
	YC=35104.3950				
	R=1000.000	99.261			
			5+549.90	18024.5944	35880.2102
CLO36	A=500.000				
	R=1000.000	250.000			
			5+799.90	17844.5695	35706.9927
DR37	ANG=248.5745 (g)	116.087			
			5+915.99	17764.3419	35623.0892

CLO38	A=91.287				
	R=250.000	33.333			
			5+949.32	17740.7803	35599.5196
ARC39	XC=17572.0010				
	YC=35783.9472				
	R=250.000	18.586			
			5+967.91	17726.6153	35587.4926
CLO40	A=100.000				
	R=250.000	40.000			
			6+007.91	17693.9177	35564.4717
DR41	ANG=262.6446 (g)	327.519			
			6+335.43	17421.1831	35383.1308
CLO42	A=250.000				
	R=400.000	156.250			
			6+491.68	17297.1817	35288.4997
ARC43	XC=17579.0872				
	YC=35004.7229				
	R=400.000	85.976			
			6+577.65	17243.1423	35221.8426
CLO44	A=250.000				
	R=400.000	156.250			
			6+733.90	17176.2032	35080.9506
DR45	ANG=224.0931 (g)	25.224			
			6+759.13	17166.8832	35057.5111
CLO46	A=101.242				
	R=250.000	41.000			
			6+800.13	17152.7853	35019.0241
ARC47	XC=17391.8799				
	YC=34945.9914				
	R=250.000	83.367			
			6+883.49	17142.0512	34936.7400
CLO48	A=101.242				
	R=250.000	41.000			
			6+924.49	17145.8038	34895.9243
DR49	ANG=192.4233 (g)	51.046			
			6+975.54	17151.8647	34845.2394
CLO50	A=150.000				
	R=350.000	64.286			

			7+039.83	17157.5383	34781.2287
ARC51	XC=16807.6675				
	YC=34771.7177				
	R=350.000	318.379			
			7+358.20	17030.0020	34501.4079
CLO52	A=150.000				
	R=350.000	64.286			
			7+422.49	16977.9670	34463.6996
DR53	ANG=262.0266 (g)	113.500			
			7+535.99	16884.0664	34399.9422
CLO54	A=200.000				
	R=400.000	100.000			
			7+635.99	16803.8019	34340.4129
ARC55	XC=17068.0018				
	YC=34040.0824				
	R=400.000	98.051			
			7+734.04	16738.8159	34267.3193
CLO56	A=200.000				
	R=400.000	100.000			
			7+834.04	16689.0889	34180.6397
DR57	ANG=230.5059 (g)	403.642			
			8+237.68	16502.9869	33822.4595
CLO58	A=200.000				
	R=300.000	133.333			
			8+371.02	16450.5488	33700.1887
ARC59	XC=16740.6987				
	YC=33623.9452				
	R=300.000	10.422			
			8+381.44	16448.0756	33690.0645
CLO60	A=200.000				
	R=300.000	133.333			
			8+514.77	16438.2339	33557.3881
DR61	ANG=200.0000 (g)	58.775			
			8+573.55	16438.2339	33498.6132
CLO62	A=100.000				
	R=250.000	40.000			
			8+613.55	16437.1677	33458.6388
ARC63	XC=16187.9673				

	YC=33478.6175				
	R=250.000	187.807			
			8+801.35	16356.4598	33293.9278
CLO64	A=100.000				
	R=250.000	40.000			
			8+841.35	16325.5231	33268.5899
DR65	ANG=258.0105 (g)	303.748			
			9+145.10	16085.4843	33082.4599
CLO66	A=600.000				
	R=1200.000	300.000			
			9+445.10	15856.4288	32889.0467
ARC67	XC=16704.2538				
	YC=32039.8160				
	R=1200.000	166.833			
			9+611.93	15746.9231	32763.3614
CLO68	A=600.000				
	R=1200.000	300.000			
			9+911.93	15586.6985	32509.9780
DR69	ANG=233.2442 (g)	554.851			
			10+466.79	15309.9456	32029.0750

Profil en long

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+000.00	41.561
D1	PENTE= 4.45%	101.676		
			0+101.68	46.084
PAR1	S= 0+180.44 Z=49.587			
	R= 3000.000	157.519		
			0+259.19	48.955
D2	PENTE= -0.80%	590.897		
			0+850.09	44.214
PAR2	S= 0+857.98 Z=44.150			
	R= 3000.000	15.772		
			0+865.86	44.128
D3	PENTE= -0.28%	185.571		
			1+051.43	43.615
PAR3	S= 1+115.08 Z=43.439			
	R= 4000.000	127.290		
			1+178.73	41.237
D4	PENTE= -3.46%	13.561		
			1+192.29	40.768
PAR4	S= 1+375.00 Z=34.448			
	R= 4000.000	365.428		
			1+557.71	44.820
D5	PENTE= 5.68%	22.930		
			1+580.64	46.122
PAR5	S= 1+756.95 Z=56.130			
	R= 3000.000	352.613		
			1+933.26	45.416
D6	PENTE= -6.08%	48.955		
			1+982.21	42.441
PAR6	S= 2+075.00 Z=36.802			
	R= 6000.000	185.578		
			2+167.79	34.033
D7	PENTE= -2.98%	323.652		
			2+491.44	24.375
PAR7	S= 2+550.00 Z=22.628			
	R= 6000.000	117.119		

			2+608.56	22.023
D8	PENTE= -1.03%	252.497		
			2+861.06	19.417
PAR8	S= 2+900.00 Z=19.015			
	R= 5000.000	77.887		
			2+938.94	19.220
D9	PENTE= 0.53%	808.045		
			3+746.99	23.467
PAR9	S= 3+800.00 Z=23.746			
	R= 8000.000	106.023		
			3+853.01	23.322
D10	PENTE= -0.80%	902.082		
			4+755.09	16.108
PAR10	S= 4+775.00 Z=15.949			
	R= 4000.000	39.813		
			4+794.91	15.988
D11	PENTE= 0.20%	808.873		
			5+603.78	17.571
PAR11	S= 5+614.42 Z=17.591			
	R= 7000.000	21.273		
			5+625.05	17.580
D12	PENTE= -0.11%	723.847		
			6+348.90	16.796
PAR12	S= 6+350.00 Z=16.795			
	R= 2500.000	2.200		
			6+351.10	16.793
D13	PENTE= -0.20%	370.038		
			6+721.14	16.067
PAR13	S= 6+750.29 Z=16.010			
	R= 3000.000	58.308		
			6+779.45	16.519
D14	PENTE= 1.75%	446.335		
			7+225.78	24.318
PAR14	S= 7+311.47 Z=25.816			
	R= 3000.000	171.377		
			7+397.16	22.418
D15	PENTE= -3.97%	102.797		
			7+499.95	18.342

PAR15	S= 7+584.38 Z=14.994			
	R= 3000.000	168.847		
			7+668.80	16.398
D16	PENTE= 1.66%	128.469		
			7+797.27	18.535
PAR16	S= 7+864.08 Z=19.646			
	R= 5000.000	133.620		
			7+930.89	18.971
D17	PENTE= -1.01%	253.612		
			8+184.50	16.411
PAR17	S= 8+216.86 Z=16.085			
	R= 3000.000	64.717		
			8+249.22	16.456
D18	PENTE= 1.15%	248.328		
			8+497.55	19.307
PAR18	S= 8+536.64 Z=19.755			
	R= 3000.000	78.177		
			8+575.72	19.185
D19	PENTE= -1.46%	257.879		
			8+833.60	15.425
PAR19	S= 8+877.06 Z=14.792			
	R= 4000.000	86.922		
			8+920.52	15.102
D20	PENTE= 0.72%	191.866		
			9+112.39	16.474
PAR20	S= 9+131.74 Z=16.613			
	R= 7000.000	38.698		
			9+151.09	16.644
D21	PENTE= 0.16%	1315.698		
			10+466.79	18.778

Volume chaussée

	Type de surface	Surface	Vol.Inc.	Vol.Cum.
		m2	m3	m3
Abscisse: 0+000.000				
	Roulement	0,55	0	0
	Base	1,95	0	0
	Fondation	3,285	0	0
	Forme	5,615	0	0
Abscisse: 0+250.000				
	Roulement	0,55	137,225	137,225
	Base	1,965	489,56	489,56
	Fondation	3,33	827,06	827,06
	Forme	5,41	1377,65	1377,65
Abscisse: 0+500.000				
	Roulement	0,55	137,225	274,45
	Base	1,95	489,56	979,12
	Fondation	3,285	827,06	1654,12
	Forme	5,615	1377,65	2755,295
Abscisse: 0+750.000				
	Roulement	0,55	137,145	411,595
	Base	1,95	488,095	1467,215
	Fondation	3,285	821,43	2475,55
	Forme	5,615	1403,335	4158,63
Abscisse: 1+000.000				
	Roulement	0,55	137,145	548,735
	Base	1,95	488,095	1955,31

	Fondation	3,285	821,43	3296,98
	Forme	5,615	1403,335	5561,965
Abscisse: 1+250.000				
	Roulement	0,55	137,145	685,88
	Base	1,95	488,095	2443,405
	Fondation	3,285	821,43	4118,405
	Forme	5,615	1403,335	6965,295
Abscisse: 1+500.000				
	Roulement	0,55	137,32	823,2
	Base	1,98	491,27	2934,675
	Fondation	3,385	833,63	4952,04
	Forme	5,195	1351,255	8316,555
Abscisse: 1+750.000				
	Roulement	0,55	137,32	960,52
	Base	1,95	491,27	3425,945
	Fondation	3,285	833,63	5785,67
	Forme	5,615	1351,255	9667,81
Abscisse: 2+000.000				
	Roulement	0,55	137,145	1097,665
	Base	1,95	488,095	3914,04
	Fondation	3,285	821,43	6607,095
	Forme	5,615	1403,335	11071,14
Abscisse: 2+250.000				
	Roulement	0,55	137,145	1234,81
	Base	1,95	488,095	4402,135

	Fondation	3,285	821,43	7428,525
	Forme	5,615	1403,335	12474,475
Abscisse: 2+500.000				
	Roulement	0,55	137,145	1371,95
	Base	1,95	488,095	4890,23
	Fondation	3,285	821,43	8249,955
	Forme	5,615	1403,335	13877,81
Abscisse: 2+750.000				
	Roulement	0,55	137,145	1509,095
	Base	1,95	488,095	5378,325
	Fondation	3,285	821,43	9071,385
	Forme	5,615	1403,335	15281,14
Abscisse: 3+000.000				
	Roulement	0,55	137,145	1646,235
	Base	1,95	488,095	5866,42
	Fondation	3,285	821,43	9892,81
	Forme	5,615	1403,335	16684,475
Abscisse: 3+250.000				
	Roulement	0,55	137,145	1783,38
	Base	1,95	488,095	6354,52
	Fondation	3,285	821,43	10714,24
	Forme	5,615	1403,335	18087,81
Abscisse: 3+500.000				
	Roulement	0,55	137,145	1920,52
	Base	1,95	488,095	6842,615

	Fondation	3,285	821,43	11535,67
	Forme	5,615	1403,335	19491,14
Abscisse: 3+750.000				
	Roulement	0,55	137,29	2057,81
	Base	1,975	490,67	7333,28
	Fondation	3,365	831,32	12366,99
	Forme	5,27	1360,15	20851,29
Abscisse: 4+000.000				
	Roulement	0,55	137,29	2195,095
	Base	1,95	490,67	7823,95
	Fondation	3,285	831,32	13198,315
	Forme	5,615	1360,15	22211,44
Abscisse: 4+250.000				
	Roulement	0,55	137,145	2332,24
	Base	1,95	488,095	8312,045
	Fondation	3,285	821,43	14019,74
	Forme	5,615	1403,335	23614,775
Abscisse: 4+500.000				
	Roulement	0,55	137,145	2469,385
	Base	1,95	488,095	8800,14
	Fondation	3,285	821,43	14841,17
	Forme	5,615	1403,335	25018,11
Abscisse: 4+750.000				
	Roulement	0,55	137,145	2606,525
	Base	1,95	488,095	9288,235

	Fondation	3,285	821,43	15662,6
	Forme	5,615	1403,335	26421,44
Abscisse: 5+000.000				
	Roulement	0,55	137,29	2743,815
	Base	1,975	490,67	9778,905
	Fondation	3,365	831,32	16493,92
	Forme	5,27	1360,15	27781,59
Abscisse: 5+250.000				
	Roulement	0,55	137,29	2881,1
	Base	1,95	490,67	10269,575
	Fondation	3,285	831,32	17325,245
	Forme	5,615	1360,15	29141,745
Abscisse: 5+500.000				
	Roulement	0,55	137,145	3018,245
	Base	1,95	488,095	10757,67
	Fondation	3,285	821,43	18146,67
	Forme	5,615	1403,335	30545,075
Abscisse: 5+750.000				
	Roulement	0,55	137,145	3155,385
	Base	1,95	488,095	11245,765
	Fondation	3,285	821,43	18968,1
	Forme	5,615	1403,335	31948,41
Abscisse: 6+000.000				
	Roulement	0,55	137,15	3292,535
	Base	1,955	488,23	11734

	Fondation	3,29	821,955	19790,055
	Forme	5,595	1400,785	33349,195
Abscisse: 6+250.000				
	Roulement	0,55	137,15	3429,69
	Base	1,95	488,23	12222,23
	Fondation	3,285	821,955	20612,015
	Forme	5,615	1400,785	34749,98
Abscisse: 6+500.000				
	Roulement	0,55	137,145	3566,83
	Base	1,95	488,095	12710,325
	Fondation	3,285	821,43	21433,44
	Forme	5,615	1403,335	36153,315
Abscisse: 6+750.000				
	Roulement	0,55	137,145	3703,975
	Base	1,95	488,095	13198,42
	Fondation	3,285	821,43	22254,87
	Forme	5,615	1403,335	37556,65
Abscisse: 7+000.000				
	Roulement	0,55	137,225	3841,2
	Base	1,965	489,55	13687,97
	Fondation	3,33	827,02	23081,89
	Forme	5,41	1377,815	38934,46
Abscisse: 7+250.000				
	Roulement	0,55	137,335	3978,535
	Base	1,97	491,555	14179,525

	Fondation	3,345	834,73	23916,62
	Forme	5,34	1343,425	40277,885
Abscisse: 7+500.000				
	Roulement	0,55	137,255	4115,79
	Base	1,95	490,1	14669,63
	Fondation	3,285	829,135	24745,755
	Forme	5,615	1368,945	41646,83
Abscisse: 7+750.000				
	Roulement	0,55	137,145	4252,935
	Base	1,95	488,095	15157,725
	Fondation	3,285	821,43	25567,185
	Forme	5,615	1403,335	43050,16
Abscisse: 8+000.000				
	Roulement	0,55	137,145	4390,075
	Base	1,95	488,095	15645,82
	Fondation	3,285	821,43	26388,615
	Forme	5,615	1403,335	44453,495
Abscisse: 8+250.000				
	Roulement	0,55	137,145	4527,22
	Base	1,95	488,095	16133,915
	Fondation	3,285	821,43	27210,04
	Forme	5,615	1403,335	45856,83
Abscisse: 8+500.000				
	Roulement	0,55	137,145	4664,365
	Base	1,95	488,095	16622,01

	Fondation	3,285	821,43	28031,47
	Forme	5,615	1403,335	47260,16
Abscisse: 8+750.000				
	Roulement	0,55	137,32	4801,685
	Base	1,98	491,27	17113,28
	Fondation	3,385	833,63	28865,1
	Forme	5,195	1351,255	48611,42
Abscisse: 9+000.000				
	Roulement	0,55	137,32	4939,005
	Base	1,95	491,27	17604,55
	Fondation	3,285	833,63	29698,73
	Forme	5,615	1351,255	49962,675
Abscisse: 9+250.000				
	Roulement	0,55	137,145	5076,15
	Base	1,95	488,095	18092,645
	Fondation	3,285	821,43	30520,16
	Forme	5,615	1403,335	51366,005
Abscisse: 9+500.000				
	Roulement	0,55	137,145	5213,29
	Base	1,95	488,095	18580,74
	Fondation	3,285	821,43	31341,59
	Forme	5,615	1403,335	52769,34
Abscisse: 9+750.000				
	Roulement	0,55	137,145	5350,435
	Base	1,95	488,095	19068,835

	Fondation	3,285	821,43	32163,02
	Forme	5,615	1403,335	54172,675
Abscisse: 10+000.000				
	Roulement	0,55	137,145	5487,575
	Base	1,95	488,095	19556,93
	Fondation	3,285	821,43	32984,445
	Forme	5,615	1403,335	55576,005
Abscisse: 10+250.000				
	Roulement	0,55	137,145	5624,72
	Base	1,95	488,095	20045,025
	Fondation	3,285	821,43	33805,875
	Forme	5,615	1403,335	56979,34
Abscisse: 10+466.786				
	Roulement	0,55	118,925	5743,645
	Base	1,95	423,25	20468,275
	Fondation	3,285	712,295	34518,17
	Forme	5,615	1216,89	58196,23

Tabulations

N°	PK	Z TN	Z PR	X	Y	Dev G	Dev D
Axe - (1) - 0+00.00	0+000.00	41.561	41.561	20027.5178	40273.1828	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 2+50.00	0+250.00	48.422	49.015	19977.3367	40030.1412	-4.8%	4.8%
Axe - (1) - 5+00.00	0+500.00	46.584	47.023	19805.8688	39853.4387	-1.4%	2.2%
Axe - (1) - 7+50.00	0+750.00	44.339	45.017	19588.6264	39729.7243	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 10+00.00	1+000.00	44.552	43.757	19371.2806	39606.1897	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 12+50.00	1+250.00	35.534	39.188	19181.0567	39450.9905	6.1%	-6.1%
Axe - (1) - 15+00.00	1+500.00	39.906	41.960	19131.7696	39208.1952	-6.1%	6.1%
Axe - (1) - 17+50.00	1+750.00	50.387	50.955	18958.7156	39032.6035	6.1%	-6.1%
Axe - (1) - 20+00.00	2+000.00	37.216	41.386	18901.9100	38798.8145	2.2%	-2.2%
Axe - (1) - 22+50.00	2+250.00	31.282	31.580	18938.3224	38551.4805	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 25+00.00	2+500.00	24.424	24.126	18974.7348	38304.1464	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 27+50.00	2+750.00	19.656	20.563	19011.1471	38056.8123	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 30+00.00	3+000.00	19.433	19.541	19048.3327	37809.6005	2.2%	-1.2%
Axe - (1) - 32+50.00	3+250.00	22.063	20.855	19137.8241	37577.4554	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 35+00.00	3+500.00	21.255	22.169	19251.1825	37354.6353	0.5%	2.2%
Axe - (1) - 37+50.00	3+750.00	23.634	23.482	19280.5278	37112.6385	-5.7%	5.7%
Axe - (1) - 40+00.00	4+000.00	21.397	22.146	19131.6552	36916.9567	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 42+50.00	4+250.00	19.036	20.147	18942.8930	36753.0395	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 45+00.00	4+500.00	16.808	18.148	18754.1328	36589.1200	2.2%	-0.4%
Axe - (1) - 47+50.00	4+750.00	18.026	16.149	18603.1273	36392.8422	2.2%	-0.6%
Axe - (1) - 50+00.00	5+000.00	14.726	16.389	18486.9494	36171.9572	-5.7%	5.7%
Axe - (1) - 52+50.00	5+250.00	16.466	16.878	18279.5763	36036.8130	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 55+00.00	5+500.00	17.184	17.368	18064.0773	35910.7166	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 57+50.00	5+750.00	17.829	17.445	17879.1154	35743.0016	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 60+00.00	6+000.00	17.927	17.174	17700.4981	35568.8569	-3.6%	3.6%
Axe - (1) - 62+50.00	6+250.00	16.774	16.904	17492.3204	35430.4299	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 65+00.00	6+500.00	16.498	16.501	17291.3382	35282.5727	4.8%	-4.8%
Axe - (1) - 67+50.00	6+750.00	15.555	16.149	17170.2554	35065.9922	5.8%	-5.8%
Axe - (1) - 70+00.00	7+000.00	14.268	20.373	17154.6612	34820.9401	-2.4%	2.4%
Axe - (1) - 72+50.00	7+250.00	19.621	24.644	17101.7042	34581.8692	-5.3%	5.3%
Axe - (1) - 75+00.00	7+500.00	14.071	18.340	16913.8418	34420.1594	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 77+50.00	7+750.00	18.257	17.748	16729.9999	34254.0174	3.9%	-3.9%
Axe - (1) - 80+00.00	8+000.00	17.478	18.274	16612.5724	34033.3725	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 82+50.00	8+250.00	15.914	16.465	16497.3151	33811.5263	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 85+00.00	8+500.00	20.150	19.334	16438.2473	33572.1604	2.2%	2.2%

Axe - (1) - 87+50.00	8+750.00	15.671	16.644	16390.5893	33332.1787	-6.1%	6.1%
Axe - (1) - 90+00.00	9+000.00	16.070	15.671	16200.1521	33171.3752	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 92+50.00	9+250.00	16.773	16.804	16002.9175	33017.7601	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 95+00.00	9+500.00	16.668	17.210	15818.4786	32849.3852	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 97+50.00	9+750.00	17.135	17.615	15669.1625	32649.3316	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 100+00.00	10+000.00	17.638	18.021	15542.7726	32433.6496	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 102+50.00	10+250.00	17.949	18.426	15418.0757	32216.9686	2.2%	2.2%
Axe - (1) - 104+66.79	10+466.79	18.778	18.778	15309.9456	32029.0750	2.2%	2.2%

Volumes terrassement

N : profil	Abscisse	Volume de déblai (m3)	Volume de remblai (m3)	Volume de décapage (m3)
1	0+000.000	0	0	0
2	0+250.000	3952,41	0	904.5
3	0+500.000	2705,64	0	938,3
4	0+750.000	1616,51	146,46	983.1
5	1+000.000	4879,135	146,46	950,4
6	1+250.000	4579,37	6679,095	1286
7	1+500.000	3117,185	7714,565	1064,8
8	1+750.000	4181,035	1605,37	1196,9
9	2+000.000	1085,405	6606,98	1296,2
10	2+250.000	2730,925	5900,825	1165,2
11	2+500.000	5880,155	84,705	1085,1
12	2+750.000	4159,03	219,26	1020,4
13	3+000.000	3286,06	219,61	963,2
14	3+250.000	7994,5	0	977,3
15	3+500.000	6377,355	1,535	964,6
16	3+750.000	2705,78	1,46	913,5
17	4+000.000	3117,755	132,555	1018,4
18	4+250.000	1221,26	791,935	1075

19	4+500.000	255,67	1253,16	900,1
20	4+750.000	7743,425	603,625	933,4
21	5+000.000	8760,705	757,91	1172,7
22	5+250.000	2322,005	773,03	939,1
23	5+500.000	3782,04	12,365	1235,2
24	5+750.000	5978,415	8,595	952,5
25	6+000.000	7719,7	8,5	1319,7
26	6+250.000	7170,955	0	1143,7
27	6+500.000	7557,39	0	1100,3
28	6+750.000	8164,755	71,575	1121,1
29	7+000.000	3482,07	12867,565	1316,8
30	7+250.000	0	21673,485	1344,5
31	7+500.000	0	15738,29	1183,9
32	7+750.000	3424,155	6790,4	926,1
33	8+000.000	4307,835	1,115	1013,6
34	8+250.000	2398,2	1,11	878,7
35	8+500.000	6866,14	0	875,9
36	8+750.000	5762,155	218,475	973,8
37	9+000.000	3958,48	215,985	1023,7
38	9+250.000	6020,79	0	947
39	9+500.000	4273,12	0	975,5
40	9+750.000	3534,115	0	927,8
41	10+000.000	3375,355	0	886,7
42	10+250.000	3475,995	0	885,9

43	10+466.786	4024,3	0	796,65
		177947.29	91246	43678.65