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

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Etude en APD de l'évitement d'Aflou section du PK303+000 au PK316+000 avec conception d'un échangeur

Présenté par :

BELKADI Anis
BENADDA Abderrahmane

Encadré par :

Mr. GOUMETTRE Ahmed

Promotion 2018 /2019

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

Remerciements

Tous d'abord, Nous tenons à remercier DIEU clément et miséricordieux de

Nous m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail

Nous tenons à remercier sincèrement notre encadreur Monsieur ***GOUMETTRE Ahmed*** *et monsieur* ***BENHIDER Houcine*** *ingénieur de l'organisme d'accueil pour ses appréciations compétentes.*

Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers tous les enseignants de l'école qui ont contribué à notre formation et à l'Elaboration de ce présent travail.

Nos remerciements vont aussi à nos parents qui nous ont aidé et soutenu pendants nos études, Toute notre affection...

Enfin, à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

BELKADI Anis

BENADDA Abderrahmane



DEDICACES

Tout d'abord je remercie Dieu de m'avoir donné la force d'accomplir ce travail, que je dédie à Mes chers parents pour leur amour, leur soutien et leur confiance. Rien n'aurait été possible sans eux

Que dieu me les garde en très bonne santé.

A mes frères, ma sœur et toute ma grande famille ***BENADDA et ABDELLATIF****, qui m'ont accompagné durant ce long parcours.*

A mon meilleur ami et frère ***HICHEM***

A mon binôme ***Anis*** *qui a partagé ce travail avec moi dans les bons et mauvais moments, je lui dis Merci !*

A mes cher amis: ***Anis, Khair-Eddine, Salah, Brahim, Amine, Fatima, Kaouter, Manel, Mélissa…***

A mes amis d'enfance : ***Akrem, Anis, Ghanou, Hakou, Youcef*** *…*

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin durant mon parcours

Chacun par son nom

Merci à tous



BENADDA Abderrahmane

JUIN 2019

DEDICACES

On dit souvent que le trajet est aussi important que la destination. Les cinq ans d'étude m'ont permis de bien comprendre la signification de cette phrase toute simple. Ce parcours, en effet, ne s'est pas réalisé sans défis et sans soulever de nombreuses questions pour lesquelles les réponses nécessitent de longues heures de travail.*

Je dédie ce modeste travail particulièrement à mes très chers ***mon père Elkhier*** *et* ***ma mère Soltana*** *pour tous leurs sacrifices afin de me permettre de poursuivre mes études dans les meilleures conditions possibles et n'avoir jamais cessé de m'encourager tout au long de mes années d'étude.*

A mes très chers frères et sœurs : ***Halima, Taher, kaouther, Samira, Ahlem***

A mes meilleurs amis : ***Abdelhalim, Amir, Amine, Khireddin, Fatima, Manel, Melissa, Kaouther*** *et l'équipe de* ***laboratoire géotechnique HAMMACHI Samira****, l'ingénieur d'état* ***FERKOUS Sassi Abdelhakim*** *et mon binôme :* ***BENADDA Abderrahmane***

Que j'aime beaucoup, ainsi que tous mes autres amis sans exception chacun par son nom.

A la fin je profite de l'occasion pour dédier

ce travail à Tous ceux que j'aime

et je respecte.



BELKADI Anis

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 INTRODUCTION 2
I.2 DIFINITION DE LA CHAUSSEE 2
I.3 RESISTANCE MECANIQUE DES CHAUSSEES 3
I.4 DEGRADATIONS DES CHAUSSEES SOUPLES 3
I.4.1 Les fissurations (Fissures en carrelage) 3
I.4.2 Les déformations (Soulèvement) 3
I.4.3 Les arrachements (Nid-de-poule) 4
I.4.4 Les remontées des matériaux (Ressuage) 4
I.5 AMELIORATION DE RESISTANCE AVEC L'AJOUT DE CAOUTCHOUC 4
I.5.1 Valorisation de poudrette de caoutchouc 5
I.5.2 La recherche en Algérie sur les revêtements bitume-caoutchouc 5
I.6 ETUDE EXPERIMENTALE 6
I.6.1 Objectif de l'étude 6
I.6.2 Les matériaux étudiés 6
I.6.3 Formulation du béton bitumineux 7
I.6.4 Détermination de la quantité minimale de liant 7
I.6.5 Les essais mécaniques réalisés 8
I.6.6 Résultats et interprétations 9
I.7 CONCLUSION 10

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

II.1 INTRODUCTION 11
II.1.1 Présentation de la wilaya : 11
II.1.2 Situation géographique : 11
II.1.3 Superficie et population : 11
II.1.4 Infrastructures de base : 11
II.2 CONTEXTE DU PROJET 12
II.3 APERCU SUR LA PHASE APS 12
II.3.1 Choix entre les deux variantes : 13
II.4 CADRE DE L'ETUDE 13
II.5 OBJECTIFS DU PROJET 13
II.6 CARACTERISTIQUE DE LA ROUTE 14
II.6.1 Typologie de la route : 14

SOMMAIRE

II.6.2 Environnement de la route : 14
II.6.3 Le choix de la vitesse de référence : 14

CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC

III.1 INTRODUCTION 15
III.2 DIFFERENT TYPE DE TRAFIC 15
III.3 CALCUL DE CAPACITE 15
III.3.1 Définition de la capacité 15
III.3.2 Projection future du trafic 15
III.3.3 Calcul de trafic effectif 16
III.3.4 Débit de pointe horaire normal 16
III.3.5 Débit horaire admissible 17
III.3.6 Calcul le nombre de voies : 17
III.3.6.1 Cas d'une chaussée bidirectionnelle : 17
III.3.6.2 Cas d'une chaussée unidirectionnelle : 18
III.4 APPLICATION AU PROJET 18
III.4.1 Les données de trafic : 18
III.4.2 Projection future de trafic : 19
III.4.3 Calcul du trafic effectif : 20
III.4.4 Débit de pointe horaire normale : 20
III.4.5 Calcul de capacité théorique : 20
III.4.6 Calcul de débit admissible : 20
III.4.7 Le nombre des voies : 20
III.4.8 Calcul de l'année de saturation : 21
III.5 CONCLUSION 21

CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

IV.1 INTRODUCTION 22
IV.2 TRACE EN PLAN 22
IV.2.1 Introduction 22
IV.2.2 Règles à respecter dans le tracé en plans : 22
IV.2.3 Les éléments de tracé en plan 23
IV.2.3.1 Alignement 23
IV.2.3.2 Arcs de cercle 23
IV.2.3.3 Les courbes de raccordement : 24
IV.2.4 Notion de devers 25
IV.2.4.1 Devers en alignement 25

SOMMAIRE

IV.2.4.2 Devers en courbe 25
IV.2.4.3 Calcul des devers 26
IV.2.5La vitesse de référence (de base) : 26
IV.2.5.1 Choix de la vitesse de référence : 26
IV.2.5.2 Vitesse de projet : 26
IV.2.6Paramètres fondamentaux : 26
IV.2.7Calcul d'axe (voir le listing dans l'annexe) 27
IV.2.7.1 Détermination pratique de tracé en plan (Voir le listing dans l'Annexe) ... 27
IV.2.8Conclusion 29
IV.3 PROFIL EN LONG 30
IV.3.1Introduction : 30
IV.3.2Règles à respecter dans le tracé du profil en long : 30
IV.3.3Raccordements en profil en long : 30
IV.3.3.1 Raccordements convexes (angle saillant) : 30
IV.3.3.2 Raccordements concaves (angle rentrant) : 31
IV.3.4Déclivités 31
IV.3.4.1 Déclivité minimum 31
IV.3.4.2 Déclivité maximum 31
IV.3.5Coordination du tracé en plan et du profil en long : 31
IV.3.6Normes géométriques adoptées : 31
IV.3.7Détermination pratique du profil en long (voir le listing dans l'annexe) : 32
IV.3.7.1 Cas d'un rayon convexe : 32
IV.3.7.2 Cas d'un rayon concave : 33
IV.3.7.3 Conclusion 34
IV.4 PROFIL EN TRAVERS 35
IV.4.1Introduction : 35
IV.4.2Diffèrent type de profil en travers 35
IV.4.3Les éléments du profil en travers : 35
IV.4.4Pentes transversales (d'après ICTAAL 2015) : 35
IV.4.5Application au projet : 36
IV.5 CUBATURE 37
IV.5.1Introduction 37
IV.5.2Méthode utilisée 37
IV.5.3Descriptions de la méthode 37
IV.5.4Méthode classique : 38

SOMMAIRE

CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

V.1 INTRODUCTION 39
V.2 OBJECTIF DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE 39
V.3 LES MOYENS DE RECONNAISSANCE 39
V.3.1 L'étude des archives et documents existants 39
V.3.2 Les visite sur site et les essais « in-situ » 39
V.3.2.1 La reconnaissance « in-situ » 39
V.3.3 Les différents essais en laboratoire (voir l'annexe 1) 40
V.4 CONDITIONS DE REUTILISATION DES MATERIAUX 41
V.5 APPLICATION AU PROJET 41
V.5.1 Reconnaissance in-situ 41
V.5.2 Essais au laboratoire 42
V.5.2.1 Essais d'identification 42
V.5.2.2 Essais mécaniques 44
V.5.3 Classification du sol support selon le guide GTR (NFP 11.300) 45
V.5.4 Recherche de gites des matériaux 47
V.5.4.1 Situation des gites des matériaux 47
V.5.4.2 Classification de matériaux des gites 47
V.6 CONCLUSION 48

CHAPITRE VI : DIMENSSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

VI.1 INTRODUCTION 49
VI.2 DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEES 49
VI.2.1 Chaussée souple 49
VI.2.1.1 Couche de roulement (de surface ou encore d'usure) : 49
VI.2.1.2 Couche de base : 50
VI.2.1.3 Couche de fondation : 50
VI.2.1.4 Couche de forme 50
VI.2.2 Chaussée semi –rigide : 50
VI.2.3 Chaussée rigide : 50
VI.3 FACTEURS DE DIMENSIONNEMENT 51
VI.3.1 Trafic 51
VI.3.2 Environnement 51
VI.3.3 Le sol support 51
VI.4 PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT 52
VI.4.1 Méthode de C.B.R 52

SOMMAIRE

VI.4.1.1 L'épaisseur équivalente : 52
VI.4.2Méthode du catalogue des structures établit par SETRA et LCPC 53
VI.4.3Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves 53
VI.4.3.1 Détermination de la classe du trafic..... 54
VI.4.3.2 Détermination de la classe de plateforme 54
VI.5 APPLICATION DE PROJET 54
VI.5.1Méthode CBR : 54
VI.5.2Méthode du catalogue des structures établit par SETRA et LCPC 56
VI.5.2.1 Détermination de la catégorie de la route : 56
VI.5.2.2 Détermination de classe du trafic cumulé :..... 56
VI.5.2.3 Détermination de la classe de portance : 56
VI.5.2.4 Matériaux : 57
VI.5.3Méthode du Catalogue de dimensionnement algérien (CTTP): 57
VI.5.3.1 Détermination du type de réseaux principaux : 57
VI.5.3.2 Détermination de la classe de trafic..... 58
VI.5.3.3 Détermination de la portance de sol-support de chaussée : 58
VI.6 VERIFICATION DES CONTRAINTES DE DIFFERENTES COUCHES 59
VI.6.1Calcule de la déformation admissible sur le sol support 60
VI.6.2Calcul de la déformation admissible εt.ad à la base de GB..... 60
VI.6.3Vérification de l'Alizé-LCPC..... 61
VI.7 RESUME..... 61
VI.8 CONCLUSION..... 61

CHAPITRE VII : OUVRAGES DE RETABLISSEMENT

VII.1 INTRODUCTION..... 63
VII.2 VOIE DE RETABLISSEMENT 63
VII.2.1 Facteurs de sélection des points de croisement 63
VII.3 PRESENTATION DES OUVRAGES..... 64
VII.3.1 Passage inférieur (CW 126) 64
VII.3.1.1 Situation du projet..... 64
VII.3.1.2 Description de l'ouvrage..... 64
VII.3.2 Passage inférieur (Piste n°1) 64
VII.3.2.1 Situation du projet..... 64
VII.3.2.2 Description de l'ouvrage..... 64
VII.3.3 Passage inférieur (Piste n°2) 64
VII.3.3.1 Situation du projet..... 64

SOMMAIRE

VII.3.3.2 Description de l'ouvrage 64

CHAPITRE VIII : ETUDE HYDRAULIQUE ET ASSINAISSEMENT

VIII.1 INTRODUCTION 66
VIII.2 ETUDE HYDROLOGIQUE 66
VIII.2.1 Collecte des données cartographiques 66
VIII.2.2 Estimation du débit de crue 66
VIII.2.2.1 Traitement cartographique 67
VIII.2.2.2 Bassin versant 67
VIII.2.2.3 La pente moyenne du thalweg 67
VIII.2.2.4 Estimation du temps de concentration 68
VIII.2.2.5 Détermination de l'intensité I(t) 69
VIII.2.2.6 Coefficient de ruissellement 70
VIII.2.2.7 Déterminations des débits d'apport 70
VIII.2.3 Période de récurrence de la crue de projet 71
VIII.2.4 Débit de saturation 72
VIII.3 DIMENSIONNEMENT DES OUVERTURES 72
VIII.3.1 Règles à respecter 72
VIII.3.2 Dimensionnement des dalots 73
VIII.3.3 Dimensionnement des buses 74
VIII.3.4 Dimensionnement des fossés 76
VIII.3.4.1 Hypothèses de calcul : 76
VIII.3.4.2 La section mouillée : 77
VIII.3.4.3 Le périmètre mouillé : 77
VIII.3.4.4 Le Rayon hydraulique : 77
VIII.3.4.5 Coefficient de ruissellement (C) : 78
VIII.3.4.6 Estimation des débits d'apport (Qa) : 78
VIII.3.4.6.1 Calcul de la surface 78
VIII.4 OUVRAGE DE RETABLISSEMENT DES ECOULEMENT D'EAUX 80
VIII.5 CONCLUSION 80

CHAPITRE IX : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

IX.1 INTRODUCTION 81
IX.2 ROLE DE L'ECHANGEUR 81
IX.3 REGLES DE CONCEPTION 81

SOMMAIRE

IX.4 TYPE DES ECHANGEURS 82
IX.4.1 Losange : 82
IX.4.2 Demi – trèfle : 82
IX.4.3 Trompette : 82
IX.4.4 Trèfle complet : 82
IX.5 CONSTITUONS DES ECHANGEURS 83
IX.5.1 Pont : 83
IX.5.2 Carrefour plan : 83
IX.5.3 Brettelle : 83
IX.5.3.1 Type de bretelles : 83
IX.6 CHOIX DU TYPE L'ECHANGEUR 84
IX.7 APPLICATION AU PROJET 84
IX.7.1 Détermination du tracé 84
IX.7.2 Analyse 86
IX.7.2.1 Conclusion 86
IX.7.3 Configuration de tracé à adopter 87
IX.7.3.1 Tracé 87
IX.7.3.2 Voie de décélération 87
IX.7.3.3 Voie d'accélération 87
IX.7.3.4 Pente transversale 88

CHAPITRE X : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

X.1 INTRODUCTION 89
X.2 CADRE JURIDIQUE 89
X.3 OBJECTIFS 89
X.4 IMPACT SUR L'AGRICULTURE 89
X.4.1 Les impacts : 89
X.4.2 Les remèdes : 90
X.4.2.1 Mesures préventives : 90
X.4.2.2 Mesures curatives : 90
X.5 IMPACT SUR LA NATURE 90
X.5.1 La faune et flore 90
X.5.2 L'air 90
X.5.2.1 Les remèdes : 90
X.5.3 L'eau 91
X.6 IMPACT SUR LES HABITANTS 91

SOMMAIRE

X.6.1 La destruction 91
X.6.2 Le bruit 92
X.6.2.1 Les impacts 92
X.6.2.2 Les remèdes 92
X.7 MESURES PRISES POUR MINIMISER LES IMPACTS 92
X.8 CONCLUSION 92

CHAPITRE XI : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

XI.1 SIGNALISATION 93
XI.1.1INTRODUCTION 93
XI.1.2L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIÈRE 93
XI.1.3CATÉGORIES DE SIGNALISATION 93
XI.1.4RÈGLES À RESPECTER POUR LA SIGNALISATION 93
XI.1.5TYPE DE SIGNALISATION 93
XI.1.5.1 Signalisations horizontales 93
XI.1.5.2 Lignes longitudinales : 94
XI.1.5.3 Lignes transversales 94
XI.1.5.4 Autres signalisations 94
XI.1.5.5 Signalisations verticales 95
XI.1.6APPLICATION AU PROJET 95
XI.2 ECLAIRAGE 96
XI.2.1INTRODUCTION 96
XI.2.2ECLAIRAGE D'UN POINT SIGNALEUR 96
XI.2.3PRAMETRES DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES 96
XI.2.4APPLICATION AU PROJET 97

CHAPITRE XII : DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF

CONCLUSION GENERALE 101

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.

ANNEXES.

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Tableau I.1 : Teneur en liant pour chaque formulation utilisée 8

CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC

Tableau III.1 : Coefficient d'équivalence du poids lourds 16
Tableau III.2 : Valeurs de coefficient K1 (selon le B40) 17
Tableau III.3 : Valeurs de coefficient K2 (selon le B40) 17
Tableau III.4 : Valeurs de la capacité théorique (selon le B40) 17
Tableau III.5 : Tableau récapitulatif 21

CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

Tableau IV.1 : Valeurs minimales des rayons du tracé en plan 24
Tableau IV.2 : Caractéristiques du tracé en plan 27
Tableau IV.3 : Coordonnées des sommets à calculer 27
Tableau IV.4 : Les normes géométriques adoptées 32

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

Tableau V.1 : Les différents essais au laboratoire 40
Tableau V.2 : Résultat de l'essai granulométrique 42
Tableau V.3 **:** Limites d'Atterberg 43
Tableau V.4 : Essai équivalent de sable 44
Tableau V.5 : Essai Proctor 44
Tableau V.6 : Indice CBR 45
Tableau V.7 : Classification GTR du sol support 46
Tableau V.8 : Situation des gites des matériaux 47
Tableau V.9 : Classification GTR des matériaux des gites 48

CHAPITRE VI : DIMENSSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

Tableau VI.1 : Coefficients d'équivalence 53
Tableau VI.2 : La structure de la méthode CBR (Réelle et équivalence) 55
Tableau VI.3 : Classes de trafic cumulé 56

LISTE DES TABLEAUX

Tableau VI.4 : Classes de portance 57
Tableau VI.5 : Tableaux des réseaux principaux 57
Tableau VI.6 : Classes de trafic du poids lourds 58
Tableau VI.7 : La portance de sol support 59
Tableau VI.8 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux 60
Tableau VI.9 : Tableau récapitulatif de dimensionnement 61

CHAPITRE VII : OUVRAGES DE RETABLISSEMENT

Tableau VII.1 : Tableaux récapitulatif des ouvrages de rétablissement 65

CHAPITRE VII : ETUDE HYDRAULIQUE ET ASSINAISSEMENT

Tableau VIII.1 : Caractéristiques principales des bassins versants 68
Tableau VIII.2 : Coefficient de Montana. 69
Tableau VIII.3 : Les valeurs des débits d'apport. 71
Tableau VIII.4 : Calcul des dimensions des ouvrages dalots 73
Tableau VIII.5 : Vérification les conditions d'auto curage. 74
Tableau VIII.6 : Calcul des sections des ouvrages busés pour les sous bassins 75
Tableau VIII.7 : Vérification les conditions d'auto curage. 76
Tableau VIII.8 : Coefficient de ruissellement 78
Tableau VIII.9 : Calcul des surfaces de la plateforme et de talus 79
Tableau VIII.10 : Calcul de débit d'apport 79
Tableau VIII.11 : Ouvrages de rétablissement 80

CHAPITRE VIII : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

Tableau IX.1 : Avantages et inconvénients de trompette 86
Tableau IX.2 : Avantages et inconvénients de bifurcation 86
Tableau IX.3 : Pentes transversales 88
Tableau IX.4 : Tableau récapitulatif de configuration de l'échangeur 88

CHAPITRE X : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

Tableau XI.1 : Modulation des lignes discontinues 94

Liste des figures

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Figure I.1 : Coupe vertical d'un corps de chaussée 2
Figure I.2 : Fissures en carrelage 3
Figure I.3 : Soulèvement différentiel 3
Figure I.4 : Nid-de-poule 4
Figure I.5 : Ressuage 4
Figure I.6 : Valorisation de poudrette de caoutchouc 5
Figure I.7 : Différents diamètres de granulats des pneus usés après broyage 7
Figure I.8 : Mode opératoire de l'essai Duriez 9
Figure I.9 : Evolution de la résistance à la compression à l'air à 18°C en fonction de la teneur en liant 9
Figure I.10 : Evolution de la résistance à la compression en immersion à 18°C en fonction de la teneur en liant 10

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

Figure II.1 : situation géographique 11
Figure II.2 : Réseaux routiers de la wilaya de LAGHOUAT 12
Figure II.3 : les deux variantes du PK 310+500 au PK 316+000 13

CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC

Figure III.1 : Synthèse des résultats de comptage 18
Figure III.2 : Analyse catégorielle 19

CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

Figure IV.1 : Elements du tracé en plan 23
Figure IV.2 : Paramètres de raccordement par arc 28
Figure IV.3 : Paramètres de la parabole convexe 32
Figure IV.4: Paramètres de la parabole concave 33
Figure IV.5 : Elément constitutifs du profil en travers 35
Figure IV.6 : Profil en long d'un tracé donné 37

CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

Figure V.1 : Abaque de l'essai Limites d'Atterberg 43
Figure V.2: Classement de matériau selon GTR 45

Liste des figures

CHAPITRE VIII : ETUDE HYDRAULIQUE ET ASSINAISSEMENT

Figure VIII.1 : Délimitation des bassins versants par Globale Mapper 67
Figure VIII.2 : Dimensions des dalots 73
Figure VIII.3 : Dimensions des buses 75
Figure VIII.4 : Dimensions de fossé 77

CHAPITRE VIII : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

Figure IX.1 : Différents types des échangeurs 82
Figure IX.2 : Différents types des bretelles 83
Figure IX.3 : Abaque Vitesse/Rayon de la courbe 85
Figure IX.4 : Dispositif de sortie de l'autoroute 87
Figure IX.5 : Dispositif d'entrée sur l'autoroute 88

CHAPITRE X : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

Figure XI.1 : Types de modulation 95
Figure XI.2 : Paramètre d'implantation des luminaires 97

Acronymes

- **APD :** avant-projet détaillé
- **BAU :** bande d'arrêt d'urgence
- **BDD :** bande dérasée droite.
- **BDG** : bande dérasée gauche**.**
- **BB :** béton bitumineux.
- **EME** : enrobé à module élevé.
- **C.B.R:** (Californian-bearing - ratio)
- **CF :** couche de forme.
- **CS :** couche de surface.
- **BBMa :** béton bitumineux mince classe a.
- **CTTP :** contrôle technique des travaux publics.
- **CW :** chemin de wilaya
- **ES :** Equivalent de Sable.
- **FS** : fiabilité de sable.
- **GB :** grave bitume.
- **G.N.T :** grave non traité.
- **GT :** grave traité.
- **GTR :** guide de terrassement routier
- **IP :** indice de plasticité**.**
- **B40 :** règlement technique d'aménagement des routes.
- **ICTAAL :** instruction sur les conditions technique d'aménagement des autoroutes de liaison.
- **LCPC :** Laboratoire Central des Ponts Chaussées.
- **LA :** Essai los Angeles.
- **LTPS :** laboratoire des travaux publics sud.
- **MDE :** Essai micro Deval.
- **PK :** point kilométrique.
- **TN :** Terrains Naturel.

LISTE DES ACRONYMES ET SYMBOLES

- **TPC :** terrain plein central.
- **T.M.J.A :** Trafic moyen journalier annuel.
- **TVO :** Grave Roulée.
- **PFi :** classe de plateforme.
- **TPLi :** la classe de trafic.
- **RN** : route nationale.
- **RPi :** Réseau principale de niveau i.
- **RS :** Réseau secondaire.
- **SPT** : Le standard pénétromètre.
- **Sol.S :** sol support.
- **U.V.P *:*** Unité de véhicule particulier.
- **VBS :** bleu de méthylène bleu de méthylène.
- **VRNS :** voies de réseaux non structurants
- **PS :** passage supérieur.
- **PI :** passage inférieur
- **CR :** chemins ruraux.
- **F.T.M.O :** fourniture, transport et mise en œuvre.
- **CPS :** cahier de prestation service.

Symboles

- **PL :** poids lourds.
- **T_0 :** le trafic à l'arrivé pour origine (ou le trafic a horizon zéro).
- **TM JA_h :** le trafic à l'année horizon.
- **$TMJA_0$:** le trafic à l'année de référence.
- **n :** nombre d'année.
- **τ :** taux d'accroissement du trafic(%).
- **TCi** : trafic cumulé de poids lourds.
- **Teff :** trafic effectif a l'année d'horizon (U.V.P/J).
- **Z :** pourcentage de poids lourds (%).
- **P :** coefficient d'équivalence pour le poids lourd.
- **Q :** débit de pointe horaire, exprimé en (UVP/h).
- **1/n :** coefficient de pointe.
- **K1 :** coefficient lié à l'environnement.
- **K2 :** coefficient de réduction de la capacité.
- **C_{th} :** capacité théorique du profil en travers en régime stable.
- **N :** nombre de voies.
- **S :** le coefficient de dissymétrie.
- **Q_{adm} :** débit admissible par voie.
- **εz :** déformation verticale.
- **εt :** déformation horizontale.
- **V_b :** vitesse de base (km/h).
- **R_m :** rayon minimal.
- **R_{nd} :** rayon non déversé.
- **d_{min} :** dévers minimal.
- **d_{max} :** dévers maximal.
- **L :** Longueur de raccordement.
- **Δd**: Variation des devers.
- **l :** largeur de la chaussée.

- **I :** la déclivité.
- **R_v :** rayon vertical (m).
- **T** : tangente.
- **б :** angle polaire.
- **G :** gisement.
- **wp:** Limite de plasticité.
- **wl :** Limite de liquidité.
- **p :** L'indice de plasticité.
- **Ic :** l'indice de consistance.
- **A :** facteur d'agressivité globale du trafic.
- **C :** facteur de cumul.
- **p :** nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.
- **Si :** portance du sol terrassé.
- **Sj :** la classe du sol support visée.
- **Eeq :** épaisseur équivalent.
- **H_{max} :** altitude maximale (m).
- **H_{min} :** altitude minimale (m).
- **$l_{c.e}$:** longueur du thalweg (km).
- **I :** pente longitudinale du thalweg.
- **Tc :** temps de concentration.
- **L :** longueur du bassin (km).
- **I :** pente moyenne du BV (m/m).
- **H :** différence entre l'altitude maximale et minimale du bassin (m).
- **Qa :** débit d'apport
- **Qs :** débit de saturation.
- **It :** intensité de la pluie, mm/h.
- **C :** coefficient de ruissellement.
- **K :** coefficient de conservation.
- **A :** superficie du bassin versant, Km^2.
- **a(t) :** coefficient de Montana.

- **b :** exposant climatique.
- **It :** Calcul de l'intensité du l'averse.
- **P_m :** périmètre mouillé.
- **S_m :** Surface mouillée.
- **Qps :** débit à pleine section.
- **Vps :** vitesse à pleine section.
- **Ve :** vitesse d'écoulement.
- **Rh :** Rayon hydraulique.
- **K_{st} :** coefficient de Maning Strickler.
- **J :** la pente de pose.
- **Hr :** taux de remplissage.
- **Qc :** débit rapporté par la chaussée.
- **QA :** débit rapporté par l'accotement.
- **Qt :** débit rapporté par le talus.
- **Qtpc :** débite rapporté par terrain plain central.
- **Ac :** Surface de la chaussée.
- **A_A :** Surface de l'accotement.
- **A_t :** Surface du talus.
- **A_{tpc} :** Surface de terrain plain central.
- **Cc :** coefficient de ruissellement de la chaussée.
- **CA :** coefficient de ruissellement de l'accotement.
- **C t :** coefficient de ruissellement du talus.
- **D_{max}** : Dimension Maximal des grains.
- **Ti** : type de modulation des lignes discontinues.
- **K :** module de richesse.
- **α :** coefficient correcteur.
- **∑ :** surface spécifique conventionnelle.

INTRODUCTION GENERALE

A la fin de notre formation d'ingénieur d'état **l'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES TRAVAUX PUBLICS FARNCIS JEANSON**, prévoit dans son programme du deuxième semestre de la dernière année un stage de fin d'étude qui s'étale sur une durée de trois (03) mois.

Au cours de ce travail, l'élève ingénieur est appelé à appliquer les connaissances théoriques acquises et il se met face aux problèmes réels existants concernant l'étude et la réalisation des projets routiers.

C'est dans ce cadre que l'école nous a proposé un projet de fin d'étude intitulé : **Etude en APD de l'évitement d'AFLOU sur 13 km section du PK 303+000 au PK 316+000 avec la conception d'un échangeur**.

Notre mémoire se développe et s'articule autour des chapitres suivants :

- **CHAPITRE I (réservé pour le Master) :** Recherche bibliographique.
- **CHAPITRE II :** Aperçu générale sur la région du projet ainsi qu'une présentation de notre projet.
- **CHAPITRE III :** Analyse et étude du trafic routier dans la zone d'influence du tronçon étudié.
- **CHAPITRE IV :** Etude géométrique en passant par toutes ces phases (Tracé en plan, Profil en long, Profil en travers) ainsi que les cubatures.
- **CHAPITRE V :** Etude géotechnique qui s'intéresse aux caractéristiques physiques et mécaniques du sol support.
- **CHAPITRE VI :** Dimensionnement du corps de chaussée.
- **CHAPITRE VII :** Identification des ouvrages de rétablissement.
- **CHAPITRE IIX :** Etude hydraulique et assainissement des eaux de surfaces.
- **CHAPITRE IX :** Faire une conception de l'échangeur.
- **CHAPITRE X :** Aperçu sur les conditions de la signalisation et l'éclairage.
- **CHAPITRE XI :** Impact sur l'environnement et ces mesures.
- **CHAPITRE XII :** Calcul du devis quantitatif estimatif.

I.1 INTRODUCTION

Le trafic de plus en plus important et agressif ainsi que les températures élevées sont à l'origine des déformations des couches supérieures de la chaussée. L'enrobé bitumineux dans sa configuration traditionnelle ne permet plus une résistance satisfaisante à l'orniérage sous le trafic lourd et canalisé [1].

En plus du trafic et de son taux d'accroissement ; la vitesse de circulation et le poids des véhicules exigent de plus en plus que soit améliorée la construction des chaussées modernes [2].

De nombreuses études ont été menées dans le but d'améliorer la stabilité thermique et les caractéristiques mécaniques des revêtements routiers. Une des possibilités est l'incorporation de caoutchouc recyclé dans l'asphalte [3].

Les bitumes avec mélange de granulats de caoutchouc recyclé permettent de limiter les nuisances sonores, d'améliorer la sécurité des automobilistes, de limiter les nuisances à l'environnement, tout en favorisant la valorisation des déchets locaux.

La présente étude a pour objectif d'améliorer la stabilité thermique et les caractéristiques mécaniques des revêtements routiers, par ajout de granulats de caoutchouc, obtenus par broyage mécanique de pneus usés.

I.2 DIFINITION DE LA CHAUSSEE

Une chaussée est une structure multicouche constituée de trois parties principales qui ont chacune un rôle bien défini.

Les structures de chaussées routières sont composées généralement par un ensemble de couches superposées : le sol support, la couche de forme, les couches d'assises (fondation et base) et les couches de surfaces (liaison et roulement) [4].

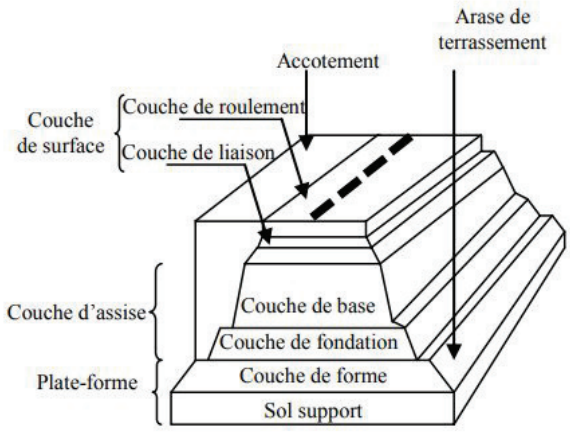


Figure I.1 : Coupe vertical d'un corps de chaussée

I.3 RESISTANCE MECANIQUE DES CHAUSSEES

Pour étudier la résistance mécanique d'une chaussée, il faut d'une part, connaître la circulation que la route devra supporter, notamment la valeur des plus lourdes charges admises, et la fréquence des passages de chaque catégorie de véhicules, tout spécialement des véhicules lourds.

D'autre part, il est indispensable, de caractériser de façon aussi précise que possible les qualités du terrain sur lequel la chaussée devra être établie, ces qualités, qui conditionnent "la portance" du sol, il faut connaître, les risques d'imbibition et de dessiccation auxquels est exposée la chaussée, il faut aussi tenir compte des risques de gel qui, pour certains sols, sont extrêmement grave [5].

I.4 DEGRADATIONS DES CHAUSSEES SOUPLES

Les dégradations des chaussées souples peuvent être classées en quatre familles : les fissurations, les déformations, les arrachements et les remontées des matériaux [6] [7].

I.4.1 Les fissurations (Fissures en carrelage)

Rupture du revêtement sur des superficies plus ou moins étendues, formant un modèle de fissuration à petites mailles polygonales.



Figure I.2 : Fissures en carrelage

I.4.2 Les déformations (Soulèvement)

Gonflement localisé de la chaussée en période de gel, aussi bien parallèle que perpendiculaire à l'axe de la chaussée.



Figure I.3 : Soulèvement différentiel

I.4.3 Les arrachements (Nid-de-poule)

Désagrégation localisée du revêtement sur toute son épaisseur formant des trous de forme généralement arrondie, au contour bien défini, de taille et de profondeur variables.



Figure I.4 : Nid-de-poule

I.4.4 Les remontées des matériaux (Ressuage)

Remontée de bitume à la surface du revêtement, accentuée dans les pistes de roues.



Figure I.5 : Ressuage

I.5 AMELIORATION DE RESISTANCE AVEC L'AJOUT DE CAOUTCHOUC

De nombreuses études ont été menées dans le but d'améliorer la stabilité thermique et les caractéristiques des revêtements routiers. Une des possibilités est l'incorporation de caoutchouc recyclé dans l'asphalte [8].

Les principaux avantages de l'addition du caoutchouc au bitume peuvent être résumés ainsi [9]:

- Les mélanges bitume-caoutchouc sont plus résistants à la déformation permanente à température d'été.
- Le revêtement bitume-caoutchouc subissent moins de dommages aux fissures de réflexion.
- Le revêtement bitume-caoutchouc sont plus imperméables à l'air et à l'eau et sont ainsi plus durables.
- Des traitements de surface et des pénétrations peuvent être posée comme membrane absorbant les contraintes et ainsi réduire considérablement la réflexion des fissures.

- Le bitume-caoutchouc augmente la ténacité du revêtement ou sa capacité d'absorber l'énergie.

L'utilisation de caoutchouc de récupération à cet effet permet de plus de contribuer à l'élimination de pneus usés d'origines diverses.

I.5.1 Valorisation de poudrette de caoutchouc

La poudrette de caoutchouc peut être utilisée en plusieurs activités, entre par exemple dans la fabrication de revêtements de sécurité et de revêtements amortissant pour les aires de jeu, les manèges et les pistes Le site devra disposer d'une aire d'entreposage des broyats en vrac. Cette aire devra être aménagée de sorte que les envols et migrations de fibres et poussières soient évités.

Le risque incendie, au niveau de la conception des stocks de broyats par éloignement des limites de propriétés et/ou des installations de stockage de produits combustibles, sera pris en compte. Le volume de pneumatiques avant mise en œuvre et sa durée de stockage devront être limités dans le temps.



Figure I.6 : Valorisation de poudrette de caoutchouc

I.5.2 La recherche en Algérie sur les revêtements bitume-caoutchouc

En 2007, une étude particulière a été lancée au niveau de l'ENTP sur l'utilisation de la poudrette de caoutchouc dans les chaussées routières (revêtement des chaussées).Cette recherche s'effectue au laboratoire de l'école, elle s'axe sur les procédés innovants dans le traitement de la fissuration des chaussées routières, principalement dans les zones à haute température et en parallèle avec le Ministère des Travaux Publics des planches d'expérimentation par inclusion d'un pourcentage de poudrette dans l'asphalte sont prévues au sud Algérien, ceci permettra de donner une souplesse aux enrobés afin d'éviter le phénomène de fissuration et en même temps réduire la nuisance sonore. Pour la réalisation de l'asphalta caoutchouter, les pneus sont utilisés sous forme de granulats ou de poudrette pour la fabrication des enrobés destinés aux couches de roulement des routes. Les différentes fractions granulométriques utilisées sont : 0/0,5 mm, 0,5/2 mm, 2/7 mm et 7/15 mm.

La poudrette est incorporée comme granulats dans le mélange à la fabrication de l'enrobé (en moyenne15%).

Cette application vise à améliorer les caractéristiques acoustiques de l'enrobé. Le dosage est de l'ordre de quelques pourcents.

Les poudrettes rentrent également dans la fabrication des enrobés drainant.

BELABDELOUAHAB F, TROUZINE H [BEL 11]

I.6 ETUDE EXPERIMENTALE

Les pneumatiques usagés sont utilisés sous forme de poudrette pour la fabrication des enrobés routiers (l'Asphalte caoutchouté). La poudrette est incorporée dans le mélange lors de la fabrication de l'enrobé. Cette application vise à améliorer les caractéristiques acoustiques de l'enrobé, sa résistance à la fissuration, et l'adhérence, ce qui donne généralement une plus longue vie avant que l'entretien ne soit exigé (réduction d'entretiens) [10].

Dans cette étude, nous avons tenté d'introduire des granulats des pneus usés, dans l'enrobé bitumineux, utilisé dans la construction de la couche de roulement, d'une chaussée souple.

I.6.1 Objectif de l'étude

L'objectif de notre étude est, d'améliorer la résistance mécanique des revêtements routiers, par ajout de granulats de pneus recyclés. Les propriétés mécaniques des mélanges bitumineux sont illustrées à partir des essais mécaniques de laboratoire. Les résultats obtenus ont montré l'influence des granulats de caoutchouc sur la performance du mélange bitumineux.

I.6.2 Les matériaux étudiés

Dans notre étude, les granulats de pneus utilisés sont issus du broyage des morceaux de pneus usés (composés de caoutchouc et de fibres textiles de diamètre inférieur à 5mm).

Les granulats du grave concassé de diamètre inférieur à 14 mm utilisés ont été prélevés d'une carrière.

Le liant hydrocarboné utilisé est le bitume de classe (40/50).

Les caractéristiques des granulats de caoutchouc

D'une manière générale, il est possible de caractériser un granulat de caoutchouc par un certain nombre de propriétés :

- Taille de la particule.
- Distribution de taille des particules.
- Morphologie des particules.
- Composition chimique des particules.
- Energie de surface des particules

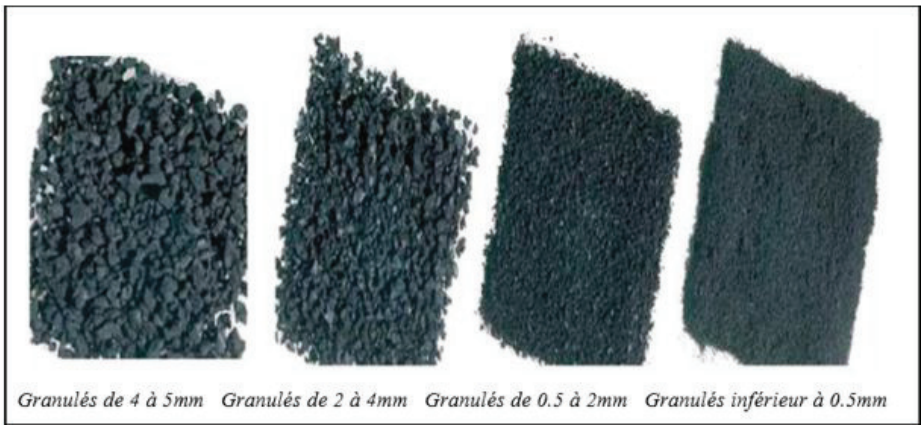


Figure I.7 : Différents diamètres de granulats des pneus usés après broyage **(www.Mechelin.com)**

I.6.3 Formulation du béton bitumineux

Après avoir obtenu les mélanges granulaires qui s'insèrent dans les fuseaux de référence SETRA LCPC type enrobé bitumineux (0/14) mm semi-grenu, et cela à partir de l'analyse granulométrique des trois fractions, à savoir 8/15, 3/8 et le sable 0/3, on procède au calcul des teneurs en liant (bitume 40/50) à tester au laboratoire.

I.6.4 Détermination de la quantité minimale de liant

La quantité de liant se détermine en fonction de la granulométrie du mélange. En effet en se basant sur l'approche codifiée en France qui veut que pour toute composition granulométrique, on puisse définir une quantité minimale de liant nécessaire pour assurer sa durabilité, une formule a pu être établie en fonction du module de richesse des grains.

On obtient :

$$TL = K \times \alpha \times \sqrt[5]{\sum}$$

Avec : α=2,65/ (M.V. Rg) ; coefficient correcteur

∑ La surface spécifique calculée avec la formule : $100\sum = 0.25G + 2.3S + 12s + 135\ f$

Avec les proportions massiques :

- G : des éléments supérieurs à 6.3 mm
- S : des éléments compris entre 6.3 mm et 0.315 mm
- s : des éléments compris entre 0.315 mm et 0.08 mm
- F : des éléments inférieurs à 0.08 mm

Après toutes les conversions de calcul, les teneurs en liant choisies sont représentées dans le tableau suivant.

Tableau I.1 : Teneur en liant pour chaque formulation utilisée

Formulation	A	B	C	D
Module de richesse (K)	3.45	3.60	3.75	3.90
Teneur en liant (%)	5.80	6.14	6.39	6.65

I.6.5 Les essais mécaniques réalisés

Les différents matériaux choisis sont soumis aux essais de compression Duriez, dans le but d'étudier leur comportement mécanique [11].

La norme NF P 98-251-1 (septembre 2002), spécifie les essais Duriez à chargement statique sur mélanges hydrocarbonés. Elle décrit une méthode ayant pour but de déterminer, pour une température et un compactage donné, la tenue à l'eau d'un mélange hydrocarboné à chaud, à partir du rapport des résistances en compression avec et sans immersion des éprouvettes, et leur pourcentage de vides.

Les éprouvettes ainsi confectionnées sont conservées :

- Les unes à 18°C pendant 07 jours à l'air libre
- Les autres à 18°C pendant 07 jours dans l'eau

Au bout de ce délai, les éprouvettes sont écrasées à une vitesse constante en compression simple et l'on obtient :

- La résistance des éprouvettes conservées à l'air : R
- La résistance des éprouvettes conservées dans l'eau : r

Le rapport r/R appelé rapport d'immersion/compression traduit en quelque sorte la tenue à l'eau de l'enrobé.

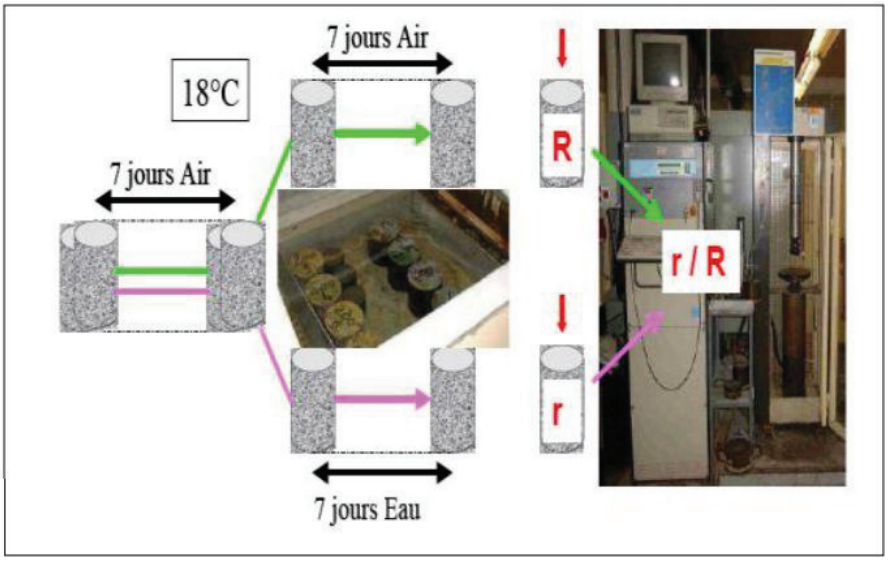


Figure I.8 : Mode opératoire de l'essai Duriez

I.6.6 Résultats et interprétations

La figure ci-dessous montre la variation de la résistance à la compression à 18°C, à l'air (R) en fonction de la teneur en liant et du pourcentage du caoutchouc rajouté.

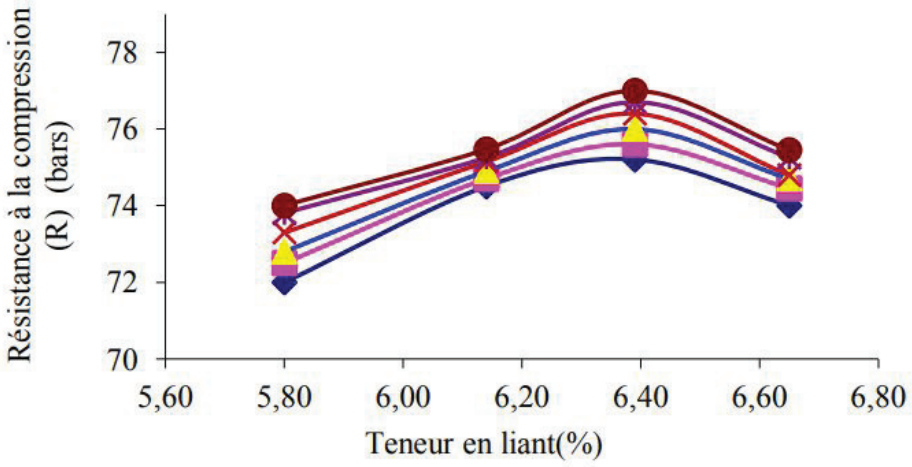


Figure I.9 : Evolution de la résistance à la compression à l'air à 18°C en fonction de la teneur en liant

D'après la figure (9) et à l'état naturel (sans ajout), on constate que la résistance à la compression augmente avec le pourcentage de teneur en liant jusqu'à que la résistance atteint la valeur maximale égale à 75bars à une teneur en liant de 6.4%. Puis, elle diminue à une teneur en liant de 6.65% et atteint la valeur de 74.20bars.

L'introduction des différents pourcentages de granulats de caoutchouc améliore la résistance à la compression du matériau à 18°C. Pour une teneur en liant de 6.65%, elle passe de la valeur de 74.50bars à 75.50bars pour les ajouts de 1% et 5% de granulats de caoutchouc respectivement.

D'après les résultats obtenus, on constate que les granulats de caoutchouc influent positivement sur la résistance à la compression à 18°C, à l'air, de l'enrobé bitumineux.

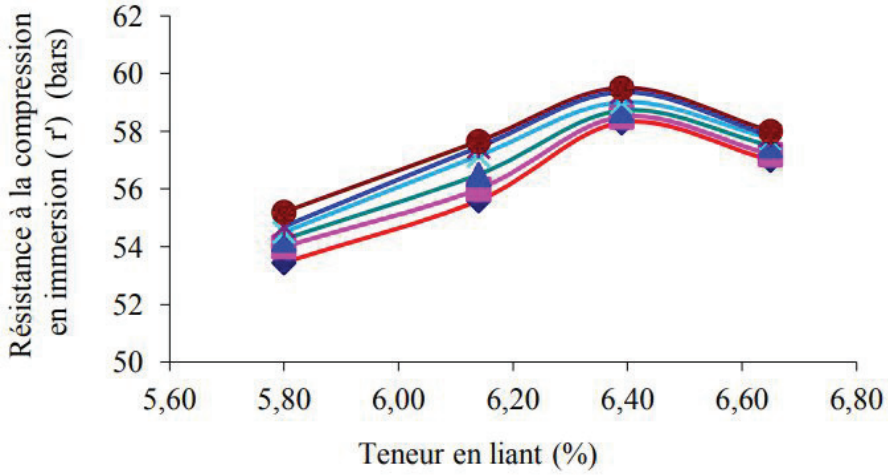


Figure I.10 : Evolution de la résistance à la compression en immersion à 18°C en fonction de la teneur en liant

La figure (10), montre le même principe de variation de la résistance à la compression à 18°C, en immersion (r'), en fonction de la teneur en liant à l'état naturel (sans ajout), on constate que la résistance à la compression augmente avec le pourcentage de teneur en liant jusqu'à que la résistance atteint la valeur maximale égale à 58bars à une teneur en liant de 6.4%. Puis, elle diminue à une teneur en liant de 6.65% et atteint la valeur de 56bars.

Pour une teneur en liant de 5.80%, la résistance à la compression est de 53.50bars à 18°C, en immersion, à l'état naturel (sans ajout). Elle passe de la valeur 53.80bars avec 1% d'ajout de granulats de caoutchouc à la valeur optimale de 55.00bars à 5% d'ajout.

La résistance à la compression du matériau traité diminue à une teneur en liant de 6.65% et atteint la valeur de 56bars. L'ajout de 5% de granulats de caoutchouc améliore cette résistance jusqu'à atteindre une valeur de 58bars.

I.7 CONCLUSION

L'objectif de notre étude est de montrer l'effet d'ajout des granulats de caoutchouc recyclés sur la résistance mécanique des mélanges bitumineux utilisés dans la construction des chaussées souples.

La résistance mécanique du matériau étudié varie en fonction de la teneur en liant et du pourcentage d'ajout des granulats de caoutchouc.

Les résultats obtenus montrent que l'ajout des différents pourcentages de granulats de caoutchouc influe positivement sur la résistance des mélanges bitumineux étudiés.

Ce qui encourage largement, l'introduction de ce matériau dans la construction des chaussées souples.

II.1 INTRODUCTION

II.1.1 Présentation de la wilaya :

La wilaya de **Laghouat** est située au centre du pays à **400 km** au sud de la capitale Alger et à une altitude moyenne de 1022m.

Elle est traversée par la chaîne de l'Atlas saharien avec des sommets qui dépassent les 2 000 mètres ("**Djebel Amour**" 2 200 mètres) [13].

II.1.2 Situation géographique :

Elle est limitée administrativement par :

- La wilaya de **Tiaret** au Nord.
- La wilaya de **Djelfa** à l'est.
- La wilaya de **Ghardaïa** au sud.
- La wilaya d'**El-Bayad** à l'ouest.

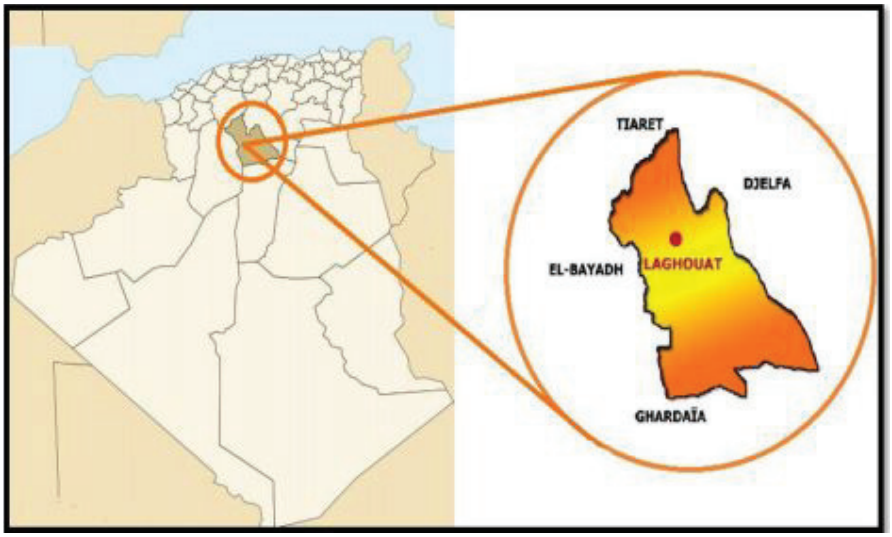


Figure II.1 : situation géographique

II.1.3 Superficie et population :

La wilaya s'étend sur une superficie approchée de **25000 km²** comprend 24 communes, réparties sur 10 daïras ; elle abritait, en 2008, une population estimée à **455 602** habitants, soit une densité de 19 habitants par km² [12].

II.1.4 Infrastructures de base :

Les infrastructures de la wilaya sont très denses, elles sont composées de :

- Routes nationales : 403 km ;
- Chemins de wilaya : 394 km ;
- Ouvrages d'art : 62 ;

- Aérodromes : 01 ;
- Station de transport : 01 ;
- Stations de météo : 02 (station Laghouat 762m, station Hassi R'mell), **[www.météonews.fr].**

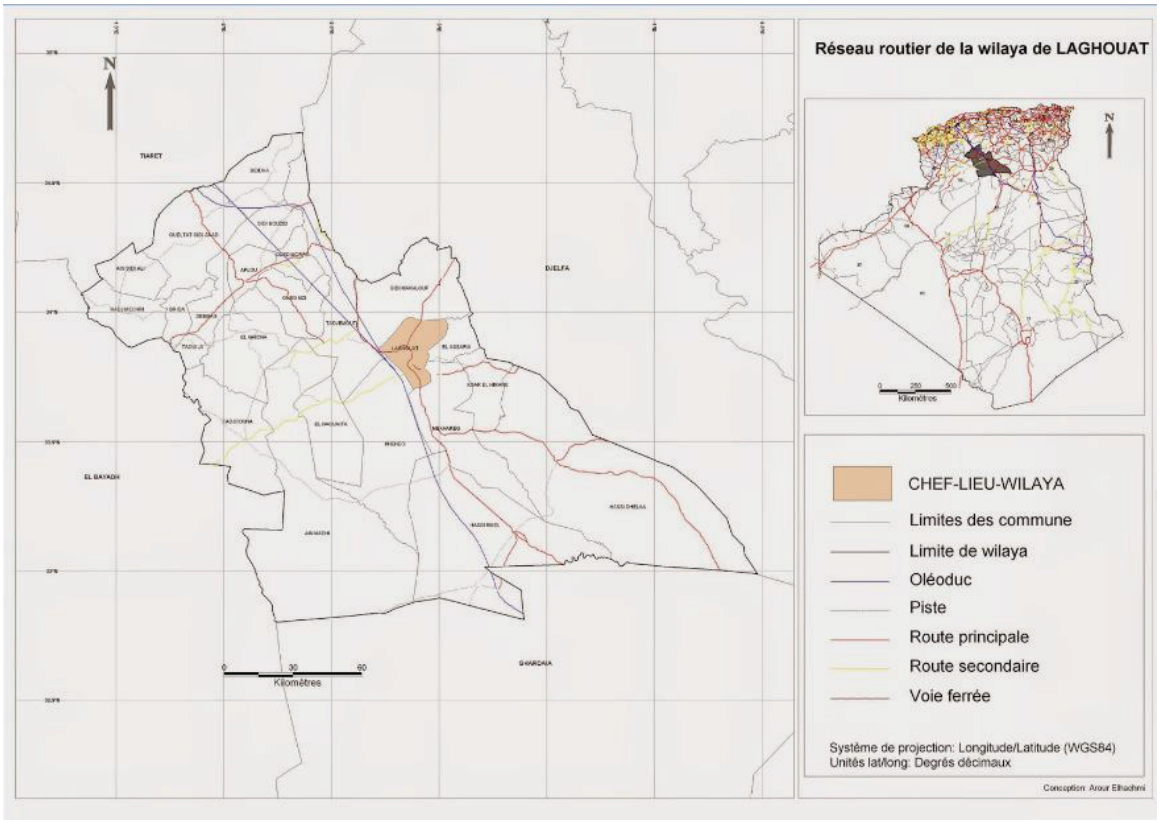


Figure II.2 : Réseaux routiers de la wilaya de LAGHOUAT

II.2 CONTEXTE DU PROJET

L'objet de l'étude est de chercher de nouvelle variante de tracé plus proches de la RN23 s'approcher des grandes agglomérations de la région et l'existence d'une cimenterie capables d'attirer des volumes de trafic plus importants assurant ainsi une meilleure liaison entre la wilaya de Laghouat et le Nord-Ouest du pays et surtout l'amélioration du niveau de service.

II.3 APERCU SUR LA PHASE APS

Durant cette phase, deux variantes ont été envisagées : Une variante située hors le couloir de la RN23 (évitement) et une autre variante suit la RN23 sur 2.8 km puis elle traverse la ceinture d'arbre située au bord de la RN23 au niveau du PK 313+200 après elle traverse le CW126 et continue dans le même couloir de la première variante au niveau du PK 310+300.

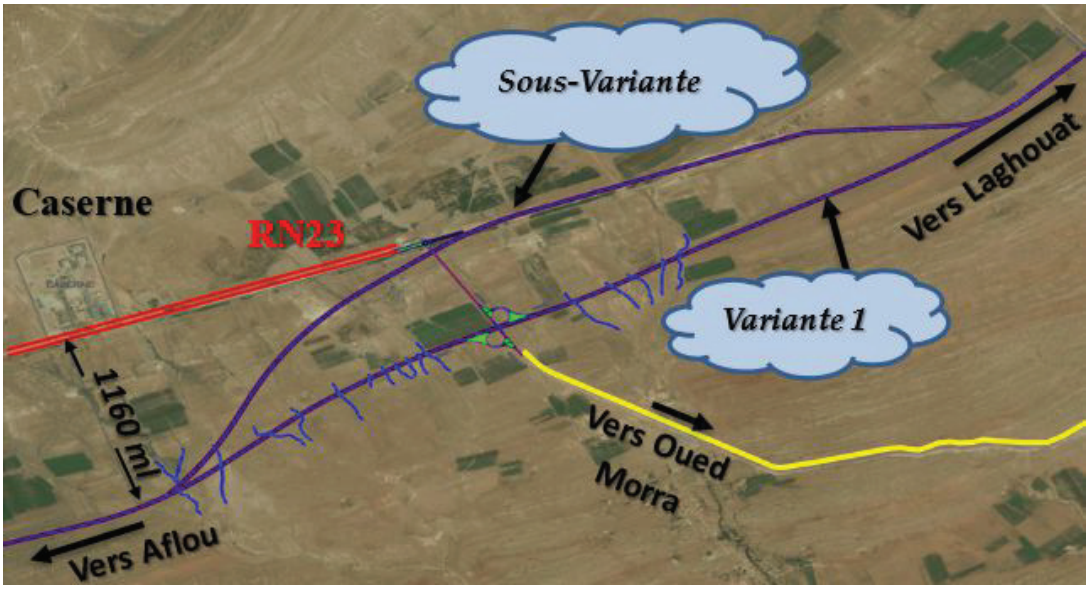


Figure II.3 : les deux variantes du PK 310+500 au PK 316+000

II.3.1 Choix entre les deux variantes :

La variante retenue est la première variante qui a été choisi pour les raisons suivantes :

- ✓ La difficulté de passer une voie express devant la caserne.
- ✓ Augmenter la sécurité et le confort des usagers.
- ✓ Cette variante est la plus économiques à long terme.
- ✓ L'existence d'une cimenterie augmente le niveau de service qui exige l'ajout d'un échangeur.
- ✓ Réduire le coût d'exploitation des véhicules.

II.4 CADRE DE L'ETUDE

Notre projet consiste à faire une étude en **avant-projet détaillé (APD)** de **l'évitement de Aflou** de **la section du PK 303+000 au PK 316+000** (entre Carrefour **Ain Osman** et carrefour **RN01A-RN23**) qui est un tronçon du **dédoublement de la RN23**, reliant entre **Laghouat** et **Tiaret** sur 155 km**.**

II.5 OBJECTIFS DU PROJET

- ➢ L'amélioration du niveau de service de la route.
- ➢ L'amélioration de la sécurité et le confort des usagers.
- ➢ L'augmentation de la capacité de la route.
- ➢ Aider le développement agricole de la zone grâce à une meilleure accessibilité à la zone.

II.6 CARACTERISTIQUE DE LA ROUTE

II.6.1 Typologie de la route :

La route est classée selon son importance économique.

Notre route est une autoroute de liaison de type L.

Selon le guide ICTAAL 2015 (instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison), la route est classée en deux catégories, correspondant aux buts économiques et administratifs des itinéraires L1 et L2 résultent de l'environnement [14].

II.6.2 Environnement de la route :

L'environnement est par définition l'état actuel du relief, c'est à dire sa nature (facile, moyen, difficile).

Sur la base de ces critères, le projet est classé dans la catégorie L1.

II.6.3 Le choix de la vitesse de référence :

Ce que prévoit les normes la vitesse de base et de 130 km/h.

Ce que le maître d'ouvrage impose, la vitesse est de 120 km/h.

III.1 INTRODUCTION

L'étude de 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, planification » sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, qui est nécessaires pour :

- Apprécier la valeur économique des projets.
- Estimer les coûts d'entretiens.
- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.

III.2 DIFFERENT TYPE DE TRAFIC

On distingue plusieurs types de trafics :

- Trafic normal ;
- Trafic dévié ;
- Trafic induit ;

D'après le comptage et l'enquête notre trafic est normal et dévié.

- **Le trafic normal** : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet.
- **Le trafic dévie :** C'est le trafic attire 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 diffèrent moyen d'atteindre la même destination.
- **Le 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'ancienne route ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.

III.3 CALCUL DE CAPACITE

III.3.1 Définition de la capacité

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

III.3.2 Projection future du trafic

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

$$T_{JMAh} = T_{JMA0} (1+\tau)^{n}$$

Avec :

- T_{JMAh} : le trafic à l'année horizon.
- T_{JMA0} : le trafic à l'année de référence.
- **n** : nombre d'année.
- **τ** : taux d'accroissement du trafic (%).

III.3.3 Calcul de trafic effectif

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (uvp), en fonction de type de route et de l'environnement.

Pour cela on utilise des coefficients à d'équivalence pour convertir les PL en (uvp).

Le trafic effectif est donné la relation suivante :

$$T_{eff} = [(1-z) + p.z]\ T_{JMAh}$$

Avec :

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

Tableau III.1 : Coefficient d'équivalence du poids lourds (normes B40)

Classe d'Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite	3-6	6-12	16-24

III.3.4 Débit de pointe 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 suivante :

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

Avec :

- **Q** : débit de pointe horaire
- **1/n** : Coefficient de pointe en général 0.12
- **Teff** : trafic effectif

III.3.5 Débit horaire admissible

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

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

Avec :

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

Tableau III.2 : Valeurs de coefficient K1 (normes B40)

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau III.3 : Valeurs de coefficient K2 (normes B40)

Catégorie / 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

Tableau III.4 : Valeurs de la capacité théorique (normes B40)

	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3,5 m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3,5 m	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 uvp/h

III.3.6 Calcul le nombre de voies :

III.3.6.1 Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On compare **Q** à Q_{adm} et on opte le profil auquel correspond la valeur de Q_{adm} la plus proche à **Q.**

$$Q_{adm} \geq Q.$$

III.3.6.2 Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

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

$$S.Q/Q_{adm}$$

Avec :

Q_{adm} : débit admissible par voie.

S : coefficient de dissymétrie, en général égale à 2/3.

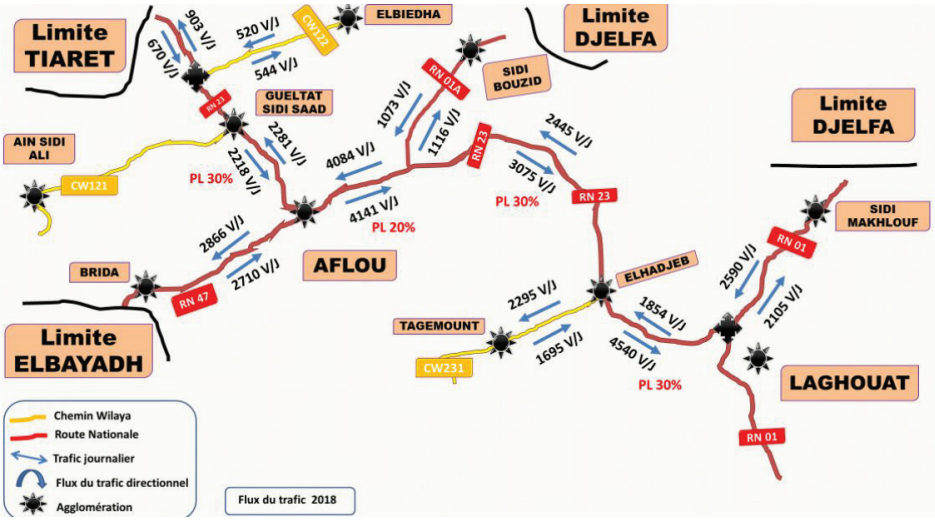


Figure III.1 : Synthèse des résultats de comptage

III.4 APPLICATION AU PROJET

III.4.1 Les données de trafic :

D'après les données du trafic qui nous ont été fournis par le bureau d'étude

- Le trafic à l'année 2018 $TJMA_{2018}$= 5520v/j.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté i = 4 %.
- La vitesse de base sur le tracé V_b=120km/h.
- Le pourcentage de poids lourds Z=30%.
- L'année de mise en service sera en 2020.
- Le trafic à l'année de mise en service $TJMA_{2020}$= 7000v/j.
- La durée de vie estimée de 20 ans.
- P=3 (route à bonne caractéristiques).
- K1=0.75 (environnement E1) ; K2=1 (environnement E1, catégorie C).

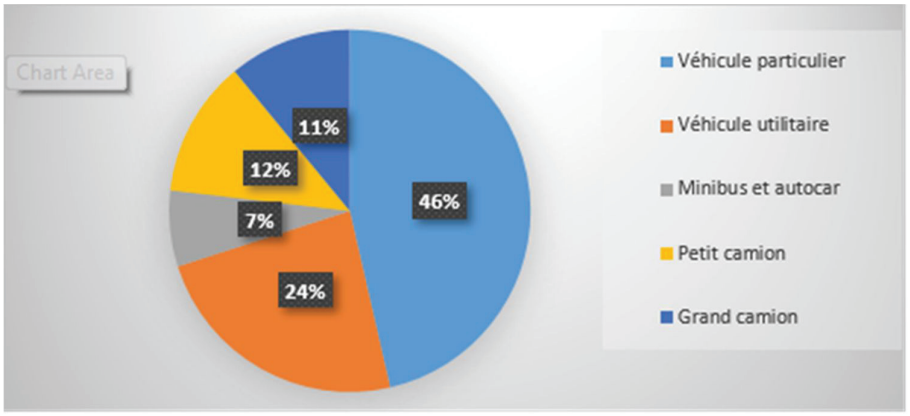


Figure III.2 : Analyse catégorielle

III.4.2 Projection future de trafic :

L'année de mise en service (2020) :

Pour le trafic prévisible en utilisant la formule suivante :

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

- **Remarque 1 :** Il est noté que dans le rapport du trafic le trafic induit a été représenté par le pourcentage d'induction qui est dans notre cas de **18.33%**.

$TJMA_{2020} = 5520\times (1 + 0{,}04)^2 =$ **5970 v/j.**

$TJMA_{2020}=5970\times 1.18=$ **7000 v/j.**

- **Remarque 2 :** Il est noté l'existence d'une cimenterie au niveau d'El-Beida, cette dernière génère un trafic supplémentaire qui s'ajoute aux trafics comptés, il est estimé environ **250 PL/jour.**

On calcule le pourcentage du trafic poids lourd :

$$7000 \times 0.3 = 2100 \text{ pl/j}$$

$$2100 + 250 = 2350 \text{ pl/j}$$

$$Z = \frac{2350}{7250} = 33\%$$

Donc, on obtient :

$TJMA_{2020}$=7000+250= 7250v/j

Z= 33%

$TJMA_{2040}$ $= 7250\times (1 + 0{,}04)^{20} = 15886$ v/j.

Finalement on a :

$TJMA_{2020}$= 7250 v/j.

$TJMA_{2040}$= 15886 v/j.

III.4.3 Calcul du trafic effectif :

$T_{eff} = [(1 - Z) + Z.P] \times TJMA_h$.

$T_{eff2018} = [(1 - 0.33) + 3 \times 0.33] \times 5520 =$ **9163uvp/j.**

$T_{eff2020} = [(1 - 0.33) + 3 \times 0.33] \times 7250 =$ **12035 uvp/j.**

$T_{eff2040} = [(1 - 0.33) + 3 \times 0.33] \times 15886 =$ **38502 uvp/j.**

$T_{eff2020}$=12035 uvp/j.

$T_{eff2040}$=38502 uvp/j.

III.4.4 Débit de pointe horaire normale :

$Q_n = (1/n) \times Teff_n$

$Q_{2018} = 0.12 \times 9163 =$ 1100uvp/h

$Q_{2020} = 0.12 \times 12035 =$ 1444 uvp/h

$Q_{2040} = 0.12 \times 38502 =$ 4620uvp/h

Q_{2040} =4620 uvp/h.

III.4.5 Calcul de capacité théorique :

$Q \leq Q_{adm} = K1 \times K2 \times C_{th}$

$C_{th} \geq Q/ (K1 \times K2)$

$C_{th} \geq 4620/ (0.75 \times 1)$

$C_{th} \geq 6160$

C_{th} =6200 uvp/h.

III.4.6 Calcul de débit admissible :

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

C_{th}=1800 uvp/h d'après le B40 pour une chaussée séparée.

$Q_{adm} = 0.75 \times 1 \times 1800 =$ 1350 uvp/h

. **Q_{adm}=1350 uvp/h**

III.4.7 Le nombre des voies :

$N = S.Q/Q_{adm}$ Avec : S=2/3

N = (2/3) × (4620/1350) = 2.28

N=2 voie /sens

III.4.8 Calcul de l'année de saturation :

Le calcul de l'année de saturation se fait pour un sens donc on multiplie par 2 car le calcul de débit de pointe horaire s'est fait par une seule voie

$$Q_{saturation} = Q_{2020} \times (1+\tau)^{n}$$

$$Q_{adm} = 2 \times K1 \times K2 \times C_{th}$$

$$Q_{adm} = Q_{saturation}$$

Calcul de Q_{adm}:

$$Q_{adm} = K1 \times K2 \times C_{th}$$

Q_{adm} =2x0.75x1x1800 = 2700uvp/j/sens.

Calcul de Q_d :

$$Q_{saturation} = Q_{2020} (1+\tau)^{n}$$

$Q_{saturation}$ = 1444x (1.04) ^{n}

$$1444 \times (1.04)^{n} = 2700$$

$$n = \frac{\log(1.87)}{\log(1.04)} = 15.95$$

n= 16Ans

D'où, l'année de saturation égale à : 2020+16= 2036.

III.5 CONCLUSION

Notre route sera de type unidirectionnel à chaussée séparée de 2x2 voies

Tableau III.5 : Tableau récapitulatif

$TJMA_{2018}$ (v/j)	$TJMA_{2020}$ (v/j)	$TJMA_{2040}$ (v/j)	$T_{eff2040}$ (uvp/j)	Q_{2040} (uvp/h)	N nombre de voies (par sens)
5520	7250	15886	38502	4620	2

IV.1 INTRODUCTION

La route est la seule voie de communication qui permet de relier des centres d'un territoire, elle assure également la liaison et la continuité des transports entre les autres voies de communication (voies maritime, aérienne et voie ferrée).

La surface de roulement d'une route est une conception de l'espace, définie géométriquement par trois groupes d'éléments qui sont :

- Tracé de son axe en situation ou en plan ;
- Tracé de cet axe en élévation ou profil en long ;
- Profil en travers.

IV.2 TRACE EN PLAN

IV.2.1 Introduction

Dans sa définition, le tracé en plan (en situation ou horizontal) est la projection verticale de la route sur un plan horizontale ; Ce plan est en général une carte topographique ou un plan de situation où une carte satellitaire représente le relief du terrain Il doit assurer aux usagers de l'autoroute un trajet confortable et une bonne qualité de service dont le niveau est cependant fonction des difficultés du site.

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et du profil en long visent à garantir de bonnes conditions de sécurité et de confort adaptées à chaque catégorie d'autoroute.

IV.2.2 Règles à respecter dans le tracé en plans :

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans l'ICTAAL 2015, il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation.

Pour faire un bon tracé en plan dans les normes on doit respecter certaines recommandations :

- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant
- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Respecter les règles d'enchaînement $R1 \leq 1{,}5R2$.
- Séparer deux courbes successives par un alignement droit d'au moins 200 m.

IV.2.3 Les éléments de tracé en plan

Le tracé en plan est composé par trois éléments essentiels :

- Droites (alignements) ;
- Arc de cercle ;
- Courbe de raccordement.

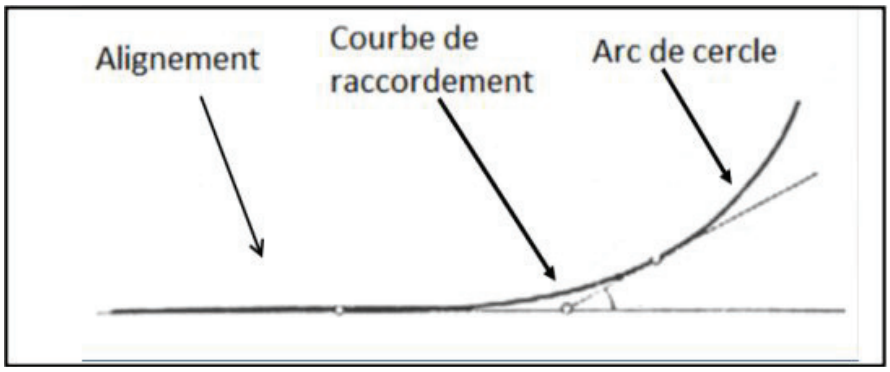


Figure IV.1 : Elements du tracé en plan

IV.2.3.1 Alignement

L'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes est restreint

IV.2.3.2 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

Pour cela on essaie de choisir des rayons les plus grands possibles pour éviter de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

IV.2.3.2.1 Stabilité en courbe :

Dans un virage R un 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'intérieure du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente.

IV.2.3.2.2 Valeur des rayons :

Les caractéristiques du tracé en plan telles que définies dans l'ICTAAL 2015 sont les suivantes :

Tableau IV.1 : Valeurs minimales des rayons du tracé en plan

Catégories	L2	L1
Rayon minimal R_m	400	600
Rayon minimal au dévers normal R_{dn}	650	1000

- Il est conseillé de remplacer les longs alignements droits par des grands rayons.

L'emploi de rayons supérieurs ou égaux à 1,5 Rdn est souhaitable, dans la mesure où cela n'induit pas de surcoût sensible, afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité.

Cette recommandation est impérative dans les sections à risque particulier, notamment :

- Après les longues pentes.
- À l'approche des points particuliers (échangeur, accès à une aire, gare de péage) dans les zones à verglas fréquent.

Pour des raisons de facilité et de coûts, les courbes ont été évitées ou limitées au niveau des ouvrages d'art non courants. Des optimisations sont encore requises à ce niveau lors des études d'ingénierie détaillée.

IV.2.3.3 Les courbes de raccordement :

Une trace rationnelle de route moderne comportera des alignements, des arcs de cercle et entre eux, des tronçons de raccordement de courbure progressive, passant de la courbure 0 (R=infini) à l'extrémité de l'alignement a la courbure 1/R au début du cercle du virage.

IV.2.3.3.1 Rôle et nécessité des courbes de raccordement :

L'emploi des courbes de raccordement se justifie par les quatre conditions suivantes :

- Stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant

IV.2.3.3.2 Type de courbe de raccordement :

➢ **Enchaînement des éléments du tracé en plan**

Des courbes circulaires de rayon modéré (<1,5 Rdn) ne peuvent être utilisées qu'en respectant les règles d'enchaînement du tracé en plan ci-après :
R1≤1,5R2, où R1 est le rayon de la première courbe rencontrée et R2 (<1,5 Rdn) celui de la seconde. Cette recommandation est impérative dans une section à risque, comme après une longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire ou dans une zone à verglas fréquent.

- Séparer deux courbes successives par un alignement droit d'au moins 200 m, sauf pour deux courbes de sens contraire introduites par des raccordements progressifs.

➢ **Raccordements progressifs (clothoïdes)**

Les courbes de rayon inférieur à 1,5 R_{dn} sont introduites par des raccordements progressifs (clothoïdes). Leur longueur est au moins égale à la plus grande des deux valeurs : 14 l$\Delta\delta$l et R/9 ; où R note le rayon de courbure (en m), et $\Delta\delta$ est la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordés.

❖ **Dispositifs des clothoïdes (voir l'annexe 1).**

IV.2.4 Notion de devers

Le devers est par définition la pente transversale de la chaussée, il permet l'évacuation des eaux pluviales pour les alignements droits et assure la stabilité des véhicules en courbe.

La pente transversale choisie résulte d'un compromis entre la limitation de l'instabilité des véhicules lorsqu'ils passent d'un versant à l'autre et la recherche d'un écoulement rapide des eaux de pluies.

IV.2.4.1 Devers en alignement

En alignement le devers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée. Il est pris égal à :

$$\mathbf{d_{min} = 2.5\%}$$

IV.2.4.2 Devers en courbe

En courbe permet de :

❖ Assurer un bon écoulement des eaux superficielles ;

❖ Composer une fraction de la force centrifuge et assurer la stabilité dynamique des véhicules.

❖ Améliorer le guidage optique.

IV.2.4.2.1 Rayon de courbure

Pour assurer une stabilité du véhicule et réduire l'effet de la force centrifuge, on est obligé de d'incliner la chaussée transversalement vers l'intérieur d'une pente dite devers, exprimée par sa tangente ; d'où le rayon de courbure.

IV.2.4.3 Calcul des devers

Dans les alignements droits et dans les courbes de $R \geq R_{dn}$ le devers est égal à 2.5% et pour les courbes de rayon $R < R_{dn}$ un calcul de devers peut être fait par l'interpolation en « 1/R ».

IV.2.5 La vitesse de référence (de base) :

La vitesse de référence (V_r) 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.2.5.1 Choix de la vitesse de référence :

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

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

IV.2.5.2 Vitesse de projet :

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

On entend par conditions normales :

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

IV.2.6 Paramètres fondamentaux :

Dans notre projet, la route à aménager sera adaptée pour une vitesse de référence de 130km/h qui correspond à la catégorie L1 selon la norme établie par l'ICTAAL 2015 « instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison isolées de leur environnement et dont les carrefours sont dénivelés ».

Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées de la norme ICTAAL 2015 :

Tableau IV.2 : Caractéristiques du tracé en plan

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse de référence (km/h)	V_r	130
Longueur minimal (m)	L_{min}	200
Devers maximal (%)	D_{max}	7
Devers minimal (%)	D_{min}	2.5
Rayon minimal (m)	R_m	600
Rayon divers normal (m)	R_{nd}	1000

IV.2.7 Calcul d'axe (voir le listing dans l'annexe)

Cette étape ne peut être effectuée parfaitement qu'après avoir déterminé le couloir par lequel passera la voie.

Le calcul d'axe consiste à déterminer tous les points de l'axe, en exprimant leurs coordonnées ou directions dans un repère fixe. Ce calcul se fait à partir d'un point fixe dont on connaît les coordonnées, et il doit suivre les étapes suivantes :

- ✓ Calcul des gisements.
- ✓ Calcul de l'angle γ entre alignements.
- ✓ Calcul de la tangente T.
- ✓ Calcul des coordonnées des points singuliers.

IV.2.7.1 Détermination pratique de tracé en plan

Pour illustrer notre travail de calcul d'axe, il nous semble qu'il est intéressant de détailler au moins un calcul d'une liaison de notre axe à l'aide du **Manuel de Projet de Routes**. La liaison que l'on a choisie se situe au début du projet. Les coordonnées utilisé sont représentées comme suit :

Tableau IV.3 : Coordonnées des sommets à calculer

V_B=130Km/h	X (m)	Y (m)	R (m)
A (P1)	434923.786	3784188.482	1700
S (P2)	434158.359	3783850.396	
B (P3)	432951.624	3783020.425	

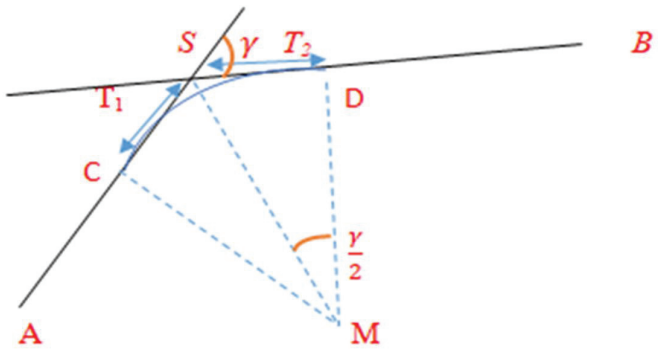


Figure IV.2 : Paramètres de raccordement par arc

- **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.

$$G_A^S = 200 + \text{arctg}\left(\frac{|\Delta x|}{|\Delta y|}\right) \Rightarrow G_A^S = \text{arctg}\left(\frac{|434158.358-434923.786|}{|3783850.396-3784188.482|}\right)$$

$$\mathbf{G_A^S = 273.521\ gr}$$

$$G_S^B = 200 + \text{arctg}\left(\frac{|\Delta x|}{|\Delta y|}\right) \Rightarrow G_S^B = \text{arctg}\left(\frac{|432951.624-434158.358|}{|3783020.425-3783850.396|}\right)$$

$$\mathbf{G_S^B = 261.645\ gr}$$

- **Calcul de l'angle γ :**

$$\gamma = \left|G_A^S - G_S^B\right| = |273.521 - 261.645|$$

$$\boldsymbol{\gamma = 11.876\ gr}$$

- **Calcul des distances :**

$$\overline{A\,S} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{(765.427)^2 + (338.086)^2} = \mathbf{836.768\ m.}$$

$$\overline{S\,B} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{(1206.735)^2 + (829.971\ )^2} = \mathbf{1464.603\ m.}$$

- **Calcul de la tangente :**

$$T_1 = T_2 = T = R \times \text{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right) = 1700 \times \text{tg}\left(\frac{11.876}{2}\right) = \mathbf{159.027\ m.}$$

- **Calcul de la longueur de la courbe :**

$$L = R \times \gamma = 1700 \times \left(\frac{11.876 \times \pi}{200}\right) = \mathbf{317.131\ m.}$$

- **Calcul des coordonnées C et D:**

Distance CB=T_1=T=159.027m

$$C\begin{cases} X_C = X_S + T \times \sin\left(100 - G_S^A\right) = 3783850.396 + 159.027 \times \sin(100 - 73.521) \\ \qquad = \mathbf{3783914.649\ m} \\ Z_C = Y_S + T \times \cos\left(100 - G_S^A\right) = 434158.358 + 159.027 \times \cos(100 - 73.521) \\ \qquad = \mathbf{434303.826\ m} \end{cases}$$

Distance DB=T_2=T=159.027m

$$D\begin{cases} X_D = X_S - T \times \sin\left(100 - G_S^A\right) = 3783850.396 + 159.027 \times \sin(100 - 61.645) \\ \qquad = \mathbf{3783760.278\ m} \\ Z_D = Y_S - T \times \cos\left(100 - G_S^A\right) = 434158.358 - 159.027 \times \cos(100 - 61.645) \\ \qquad = \mathbf{434027.33\ m} \end{cases}$$

- **Calcul des coordonnées du centre du cercle M :**

$$G_C^M = 400 - G_S^A = 400 - 73.521 = \mathbf{326.379\ gr}$$

$$M\begin{cases} X_M = X_C + R \times \sin\left(400 - G_S^A\right) = 3783914.649 + 1700 \times \sin(400 - 73.521) \\ \qquad = \mathbf{3782359.59\ m} \\ Z_M = Y_C + R \times \cos\left(400 - G_S^A\right) = 434303.826 + 1700 \times \cos(400 - 73.521) \\ \qquad = \mathbf{434990.696m} \end{cases}$$

IV.2.8 Conclusion

A la fin du calcul manuel de l'axe en plan, on constate que les résultats obtenus sont compatibles avec ceux qui sont fait par le logiciel **(voir le listing dans l'Annexe)**.

IV.3 PROFIL EN LONG

IV.3.1 Introduction :

Le profil en long d'une route est la coupe longitudinale, par un plan vertical passant par l'axe de la route.

Il est constitué généralement d'une succession d'alignements droits raccordés par des courbes circulaires. Du fait que les rayons verticaux sont très grands, l'introduction de courbes de raccordement progressif n'est pas nécessaire.

IV.3.2 Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

- La ligne rouge suit généralement le niveau de celle de la route existante
- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment :
    - Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
    - Adapter le profil en long à Respecter les règles du l'ICTAAL 2015 (déclivités Max et Min).
    - Proscrire les longs alignements droits et les courbes à grand développement, et leur préférer de courtes lignes droites associées à des rayons proches de 1,5 R_{dn}.
    - Ne pas intercaler dans une forte pente (supérieure à 4 %) une pente plus modérée.
    - Eviter d'introduire des points singuliers (échangeurs, aires, courbes de rayon inférieur à Rdn…) dans la déclivité et dans les quelques hectomètres qui la suivent [14].

IV.3.3 Raccordements en profil en long :

Le changement des déclivités constitue des points particuliers dans le profil en long. Ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort.

On distingue deux types de raccordements :

IV.3.3.1 Raccordements convexes (angle saillant) :

Leur conception doit satisfaire aux conditions :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

IV.3.3.2 Raccordements concaves (angle rentrant) :

Dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité du jour n'est pas déterminante, plutôt c'est pendant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle.(valable pour des vitesses inférieures à 80 km/h) [15].

IV.3.4 Déclivités

On appelle déclivité d'une route la tangente de l'angle qui fait le profil en long avec l'horizontale. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montés.

IV.3.4.1 Déclivité minimum

Dans les zones où le terrain est plat, la pente d'une route ne doit être au-dessus de 0,5٪ et de préférences 1٪ si possible afin d'assurer un écoulement aussi rapide des eaux des pluies le long de la route au bord de la chaussé.

IV.3.4.2 Déclivité maximum

La déclivité maximale dépend de :

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

Elle doit être inférieure à une valeur maximale associée au nouveau de service « selon l'ICTTAL 2015, environnement E1, catégorie L1 déclivité maximale

$$\mathbf{I_{max} = 5\ ٪.}$$

IV.3.5 Coordination du tracé en plan et du profil en long :

Il est très nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long en tenant compte également de l'implantation des points d'échange

Pour éviter les défauts qui sont les résultats d'une mauvaise coordination tracé en plan –profil en long, les règles suivantes sont à suivre :

- Si le profil en long est convexe, augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan.
- Avant un point haut, amorcer la courbe en plan.
- Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe Faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à 6 fois au moins le rayon en plan).

IV.3.6 Normes géométriques adoptées :

D'après le règlement de la norme **ICTAAL 2015,** on définit les paramètres suivants :

Tableau IV.4 : Les normes géométriques adoptées

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse de base (Km/h)	V_B	120
Déclivité maximale (%)	I_{max}	5
Déclivité minimale (%)	I_{min}	0.5
Rayon minimal en angle Saillant (m)	R_m	12500
Rayon minimal en angle Rentrant (m)	R_m	4200

IV.3.7 Détermination pratique du profil en long (voir le listing dans l'annexe) :

Pratiquement, le calcul des raccordements se fait de la façon suivante [16] :

- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points **A**, **B, S**.
- Donnée le rayon **R.**

IV.3.7.1 Cas d'un rayon convexe :

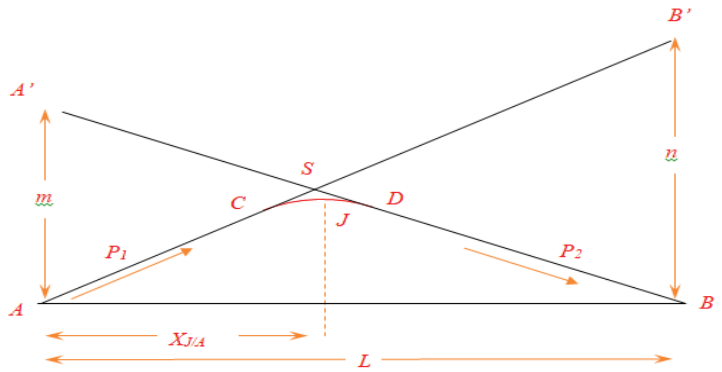


Figure IV.3 : Paramètres de la parabole convexe

$$A\begin{cases} X_A = 00.00m \\ Z_A = 1457.721\ m \end{cases} \quad B\begin{cases} X_B = 1720.00\ m \\ Z_B = 1438.00\ m \end{cases} \quad \begin{cases} P_1 = \mathbf{-0.52\%} \\ P_2 = \mathbf{-2.07\%} \end{cases}$$

$$\mathbf{R = 15000m} \qquad \mathbf{L = 1720m}$$

$$\begin{cases} Z_{A'} = Z_B + L \times P_2 = 1438.00 + 1720 \times 0.0207 = \mathbf{1473.604\ m} \\ Z_{B'} = Z_A - L \times P_1 = 1457.721 - 1720 \times 0.0052 = \mathbf{1448.949m} \end{cases}$$

IV.3.7.1.1 Calcul de la tangente :

- $T=(R/2)\times(P_1-P_2)$
- $T=(15000/2)\times(0.0207-0.0052)$ **=116.25 m**

IV.3.7.1.2 Calcul des coordonnées de sommet (s) :

- S $\begin{cases} X_S = \frac{(L \times m)}{m+n} = \frac{1720 \times 15.9}{15.9+10.9} = \mathbf{1020.447\ m} \\ Z_{S/A} = Z_A - P_1 \times X_S = 1457.721 - 1020.447 \times 0.0052 = \mathbf{1452.414\ m} \end{cases}$

IV.3.7.1.3 Calcul des coordonnées des points de tangentes :

- C $\begin{cases} X_C = X_S - T = 1020.447 - 116.25 = \mathbf{904.2\ m} \\ Z_C = Z_S - T \times P_1 = 1452.414 + 116.25 \times 0.0052 = \mathbf{1453.019\ m} \end{cases}$

- D $\begin{cases} X_D = X_S + T = 1020.447 + 116.25 = \mathbf{1136.697\ m} \\ Z_D = Z_S + T \times P_2 = 1452.414 - 116.25 \times 0.0207 = \mathbf{1450.007 m} \end{cases}$

IV.3.7.1.4 Calcul de la longueur de raccordement :

L=2×T =2×116.25=**232.5m**

IV.3.7.1.5 Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (J) :

$$\begin{cases} X_{J/A} = R \times P_1 \\ Z_{J/A} = X_{J/A} \times P_1 - \dfrac{(X_{J/A})^2}{2 \times R} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{J/A} = 15000 \times 0.0052 = \mathbf{78\ m} \\ Z_{J/A} = 78 \times 0.0052 - \dfrac{(78)^2}{2 \times 15000} = \mathbf{0.2028\ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_J = X_S + X_{J/A} = 1020.447 + 78 = \mathbf{1098.447 m} \\ Z_J = Z_S - Z_{J/A} = 1452.414 - 0.2028 = \mathbf{1452.211 m} \end{cases}$$

IV.3.7.2 Cas d'un rayon concave :

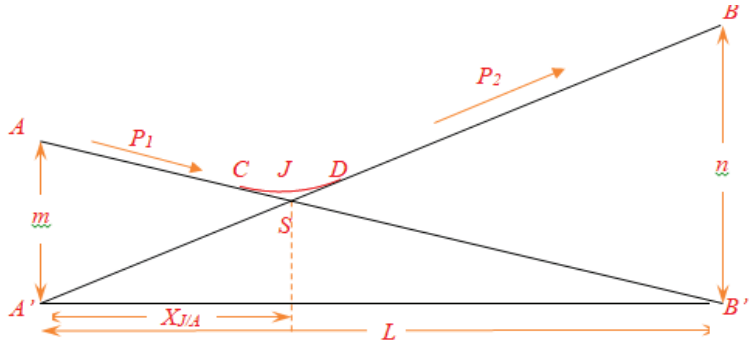


Figure IV.4: Paramètres de la parabole concave

A.N :

A $\begin{cases} X_A = 1020.00 m \\ Z_A = 1452.466 m \end{cases}$ B $\begin{cases} X_B = 2020.45\ m \\ Z_B = 1439.81 \end{cases}$ $\begin{cases} P_1 = -2.07\% \\ P_2 = 0.6\% \end{cases}$

R=5000m L=1000.45m

$$\begin{cases} Z_{A'} = Z_B - L \times P_2 = 1439.81 + 1000.45 \times 0.006 = \mathbf{1433.807\ m} \\ Z_{B'} = Z_A - L \times P_1 = 1452.466 + 1000.45 \times 0.0207 = \mathbf{1431.757 m} \end{cases}$$

IV.3.7.2.1 Calcul de la tangente :

- $T=(R/2)\times(P_1-P_2)$
- $T=(5000/2)\times(0.0207+0.006)$ **=66.75 m**

IV.3.7.2.2 Calcul des coordonnées de sommet (s) :

- $S \begin{cases} X_S = X + L = \frac{(L\times m)}{m+n} + L = \frac{1000.45\times 18.7}{18.7+8.04} + 1020 = \mathbf{1719.563\ m} \\ Z_{S/A} = Z_A - P_1 \times X = 1452.466 - 699.563 \times 0.0207 = \mathbf{1437.985\ m} \end{cases}$

IV.3.7.2.3 Calcul des coordonnées des points de tangentes :

- $C \begin{cases} X_C = X_S - T = 1719.563 - 66.75 = \mathbf{1652.813\ m} \\ Z_C = Z_S - T \times P_1 = 1437.985 + 66.75 \times 0.0207 = \mathbf{1439.367\ m} \end{cases}$
- $D \begin{cases} X_D = X_S + T = 1719.563 + 66.75 = \mathbf{1786.313\ m} \\ Z_D = Z_S + T \times P_2 = 1437.985 + 66.75 \times 0.006 = \mathbf{1438.386 m} \end{cases}$

IV.3.7.2.4 Calcul de la longueur de raccordement :

$L=2\times T=2\times 66.75=$**133.5 m**

IV.3.7.2.5 Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (J):

$$\begin{cases} X_{J/A} = R \times P_1 \\ Z_{J/A} = X_{J/A} \times P_1 - \frac{(X_{J/A})^2}{2 \times R} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{J/A} = 5000 \times 0.0207 = \mathbf{103.5\ m} \\ Z_{J/A} = 103.5 \times 0.0207 - \frac{(103.5)^2}{2 \times 5000} = 1.0712\ \text{m} \end{cases}$$

$$J \begin{cases} X_J = X_C + X_{J/A} = 1652.813 + 103.5 = \mathbf{1756.313 m} \\ Z_J = Z_C - Z_{J/A} = 1439.367 - 1.0712 = \mathbf{1438.296 m} \end{cases}$$

IV.3.7.3 Conclusion

Dans ce cas la connaissance du sommet J est importante pour l'assainissement de la route en zone de déblai : pour le partage des eaux de ruissellement à partir de J, les fossés doivent avoir des pentes descendantes dans le sens des points de tangence Cet D.

IV.4 PROFIL EN TRAVERS

IV.4.1 Introduction :

Le profil en travers d'une chaussée est une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical.

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 »** 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.…).

IV.4.2 Diffèrent type de profil en travers

Dans une étude d'un projet de route l'ingénieur doit concerner deux types de profil en travers :

- **Profil en travers type :** Il contient tous les éléments constructifs de la future route dans toutes les situations (en remblai, en déblai, en alignement et en courbe).
- **Profil en travers courants :** Ce sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (accidenté ou plat).

IV.4.3 Les éléments du profil en travers :

Les définitions des éléments de profil en travers sont représentées dans **l'annexe 1**.

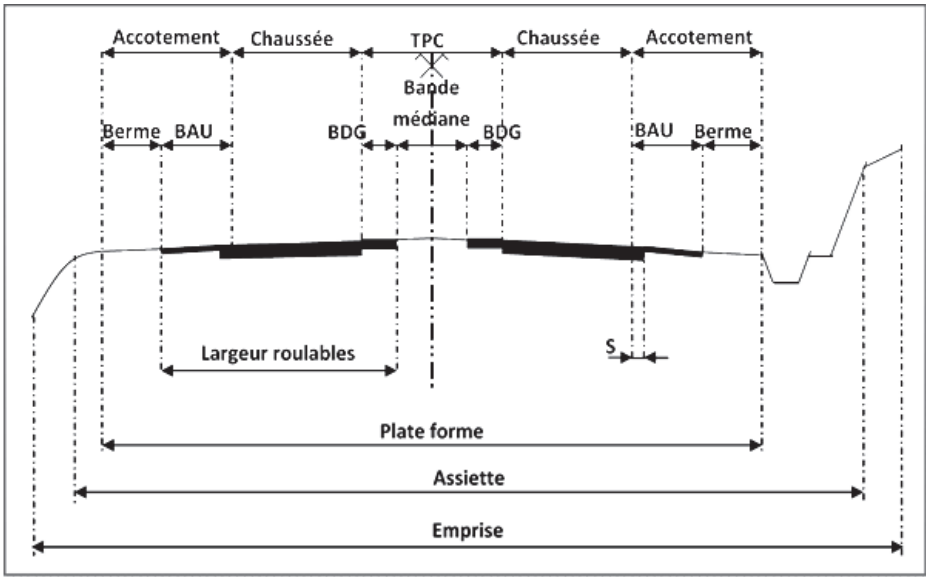


Figure IV.5 : Elément constitutifs du profil en travers

IV.4.4 Pentes transversales (d'après ICTAAL 2015) :

Dans notre cas tous les courbes sont non déversées, ce qui nous donne en appliquant les normes de **l'ICTAAL 2015** :

- La pente transversale d'une chaussée est de 2,5% vers l'extérieur.

- La pente d'une B.A.U. (ou d'une B.D.D.), est identique à celle de la chaussée adjacente, mais au-delà de la surlargeur de chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à 4 % pour des raisons techniques.
- Les pentes des B.D.G. et du versant en toit d'un T.P.C. revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente.
- La berme extérieure présente une pente transversale de 8 % qui peut être portée jusqu'à 25 % dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement

IV.4.5 Application au projet :

D'après les normes de **l'ICTAAL 2015**, les éléments du profil en travers type de notre projet seront comme suit :

- Deux chaussées de deux (02) voies de **3,5m** chacune.
- Un terre-plein central de **5m** comprenant :
  - ✓ Bande dérasé gauche BDG de **1m**.
  - ✓ Bande médiane de **3m**.
- Accotement de **3.5 m** comprenant *:*
  - ✓ Une Bande d'Arrêt d'Urgence de **2.5m** (Pl <2000).
  - ✓ Une berme **1m**.
- Pente de talus :
  - ✓ Remblais : **3H/2V**
  - ✓ Déblais : **3H/2V**
- Pente de la chaussée **2.5%**
- Pente de terre-plein central
  - ✓ Bande dérasé gauche BDG **2.5%**
  - ✓ Bande médiane **8%**

La largeur totale de notre plateforme de route et égale à 26m.

IV.5 CUBATURE

IV.5.1 Introduction

Les cubatures des terrassements sont l'évolution des cubes de déblais que comporte le projet à fin 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'il représente.

IV.5.2 Méthode utilisée

Pour calculer un volume, il y a plusieurs méthodes parmi lesquelles il y a celle de la moyenne des aires que nous utilisons et qui est une méthode très simple mais elle présente un inconvénient c'est de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par le coefficient de 10 % et ceci dans le but d'être en sécurité.

IV.5.3 Descriptions de la méthode

En utilisant la formule qui calcul le volume compris entre deux profils successifs [16]

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

Où h, S_1, S2 et S_0 désignant respectivement :

- Hauteur entre deux profils.
- Hauteur des deux profils.
- Surface limitée à mi-distances des profils.

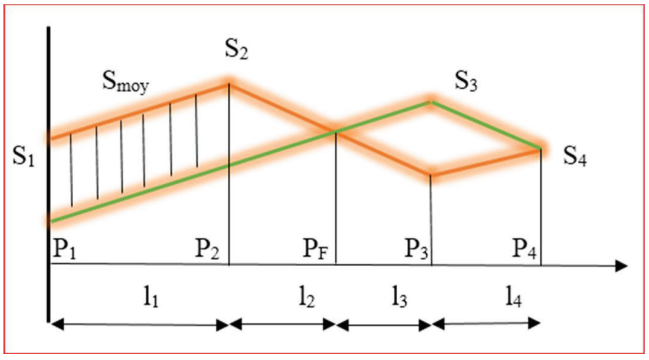


Figure IV.6 : Profil en long d'un tracé donné

Le volume compris entre les deux profils en travers P_1 et P_2 de section S_1 et S_2 sera égale à :

$$V = \frac{l_1}{6} \times \left(S_1 + S_2 + 4S_{moy}\right)$$

Pour éviter un calcul très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions S_{moy} et $\frac{(S1+S2)}{2}$.

Ceci donne : $\mathbf{V_i = \frac{l_i}{2} \times (S_i + S_{i+1})}$

Donc les volumes seront :

Entre P_1 et P_2 $\quad \mathbf{V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)} V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$

$$\mathbf{V = \left(\frac{l_1}{2}\right) S_1 + \left(\frac{L_1 + L_2}{2}\right) S_2 + \left(\frac{L_2 + L_3}{2}\right) 0 + \left(\frac{L_3 + L_4}{2}\right) S_3 + \left(\frac{L_2}{2}\right)}$$

Entre P_2 et P_F $\quad \mathbf{V_2 = \frac{l_2}{2} \times (S_2 + 0)}$

Entre P_F et P_3 $\quad \mathbf{V_3 = \frac{l_3}{2} \times (0 + S_3)}$

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

$$\mathbf{V = \frac{l_1}{2} S_1 + \frac{l_1 + l_2}{2} S_2 + \frac{l_2 + l_3}{2} \times 0 + \frac{l_3 + l_4}{2} S_3 + \frac{l_4}{2} S_4}$$

On voit l'utilité de placer les profils P_F puisqu'ils neutralisent en quelque sorte une certaine longueur du profil en long, en y produisant un volume nul.

IV.5.4 Méthode classique :

Dans cette méthode on distingue deux différents sous méthodes de calcul dont la première est celle dite de **GULDEN** où les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application au droit de leur centre de gravité, prenant en compte la courbure au droit de profil.

Mais dans l'autre méthode classique les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application à l'axe (indépendant de la courbure).

Pour notre calcul automatique des courbures par le logiciel **CIVIL 3D 2018** nous avons utilisé la méthode de **GULDEN** et les résultats obtenus sont en annexe mais ici (ci – dessous) nous donnons les résultats finals du volume de remblais et déblais.

- **Le volume de déblais est de : V_D = 330 060.23 m³**
- **Le volume de remblais est de : V_R = 199 919.28 m³**

V.1 INTRODUCTION

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée.

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.

L'exécution d'un projet routier nécessite une bonne connaissance des terrains traversés ; et qui s'exige des reconnaissances géotechniques.

V.2 OBJECTIF DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE

Les objectifs d'une étude géotechnique se résument en :

- Déterminer la lithologie du site et les caractéristiques géotechniques de sol support.
- Classifier des matériaux de sol support suivant le GTR.
- Déterminer le type de la partie supérieure et la classe de portance des sols support.
- Présenter un avis sur les conditions, réutilisation des sols des sites identifiés.

V.3 LES MOYENS DE RECONNAISSANCE

Les moyens de la reconnaissance d'un tracé routier sont essentiellement :

- L'étude des archives et documents existants.
- Les visites de site et les essais **« in-situ »**.
- Les essais de laboratoire.

V.3.1 L'étude des archives et documents existants

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont source précieuse d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés.

Les cartes géologiques et géotechniques de la région, lorsqu'elles existent, peuvent aussi apporter des indications assez sommaires mais tout aussi précieuses pour avoir une première idée de la nature géologiques et géotechniques des formations existantes.

V.3.2 Les visite sur site et les essais « in-situ »

Les visites sur site permettent de vérifier et de préciser les informations déjà recueillies sur les documents précédemment cités. Cependant, la connaissance précise des
Caractéristiques des sols en présence nécessitent des investigations **« in-situ »** permettant :

- Soit la mesure de certaines caractéristiques en place.
- Soit le prélèvement d'échantillons pour les besoins d'essais de laboratoire.

Dans la plupart des cas, ces deux éléments sont combinés.

V.3.2.1 La reconnaissance « in-situ »

La première reconnaissance visuelle, permet d'arrêter un premier programme de reconnaissance **« in-situ »** en fonction des sols rencontrés et des problèmes géotechniques pressentis.

Le programme peut comprendre une gamme assez variée d'investigation que l'on présentera succinctement dans ce qui suit :

V.3.2.1.1 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 l'aide de types piézométrique.

Les forages peuvent être réalisés :

- **Manuellement :** ce sont des puits creusés à la main ou à la pelle mécanique, la profondeur ne dépasse pas **3** à **4m**. Ils permettent la reconnaissance visuelle directe des parois du puits et le prélèvement d'échantillons intacts et/ou remaniés.
- **A la tarière** : la tarière est un outil hélicoïdal que l'on enfonce dans le sol et permettent de remonter en surface les terrains traversés à la l'état remanié.La profondeur de la reconnaissance est limitée à une dizaine de mètres et la nature de sols est identifiée visuellement.
- **A la sondeuse :** on peut atteindre plusieurs **dizaines** de mètres de profondeur en utilisant des tubes carottiers et couronnes diamantées.

V.3.2.1.2 Les essais de pénétration

Le principe consiste à enfoncer dans le sol un train de tiges muni d'une pointe ou d'une trousse coupante à son extrémité et de mesure de la résistance du sol à l'effort de pénétration.

Les types de pénétromètres sont utilisés :

- Pénétromètre dynamique.
- Le standard pénétromètre test ou **SPT**.
- Pénétromètre statique.

V.3.3 Les différents essais en laboratoire (voir l'annexe 1)

Les essais réalisés en laboratoire sont :

Tableau V.1 : Les différents essais au laboratoire

1) Les essais physiques	2) Les essais mécaniques
➢ Analyse granulométrique ; ➢ Limites d'Atterberg. ➢ Equivalent de sable ; ➢ Teneur en eaux et la masse volumique ; ➢ Essai au bleu méthylène ;	➢ Essai PROCTOR ; ➢ Essai CBR ; ➢ Essai Los Angles ; ➢ Essai Micro Deval ;

V.4 CONDITIONS DE REUTILISATION DES MATERIAUX

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.

Leur emploi en couche de forme nécessite, par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique (friabilité des sables FS) pour les sables et (Los Angeles et Micro Deval) pour les graviers.

V.5 APPLICATION AU PROJET

Afin de mener à bien cette étude, le maitre de l'ouvrage en concertation avec le laboratoire des travaux publics du sud (LTPS) a élaboré un plan d'intervention sur site pour avoir le maximum d'informations qui vont nous servir dans l'étude de dimensionnement. Le programme d'intervention pour le lot N°05 est comme suit :

- Réalisation de 14 puits pour analyse du sol support de la chaussée, le long du nouveau tracé à raison d'un puits tout un km linéaire.
- Prospection des gites de matériaux qui seront utilisés dans le corps de chaussée (couche de remblai et couche de forme),
- Ouverture de trois (03) carrières de matériaux et prélèvement d'échantillons pour les analyses de laboratoire.
- Réalisation des essais de laboratoires : analyses géotechniques sur les différents matériaux prélevés.

V.5.1 Reconnaissance in-situ

Afin de déterminer les caractéristiques du sol support sur lequel sera reposé le corps de chaussée, le LTPS a effectué 14 puits le long de l'itinéraire de la route tel qu'établi par le bureau d'étude SET Sétif, les puits sont réalisés alternativement à l'axe, côté gauche et côté droit du nouveau tracé. (**Voir l'Annexe 2 : Tab 2**)

V.5.2 Essais au laboratoire

V.5.2.1 Essais d'identification

V.5.2.1.1 Essai granulométrique (NFP 94-056)

L'essai granulométrique nous a donné les résultats ci-dessous.

Tableau V.2 : Résultat de l'essai granulométrique

Puits	PK	< 31.5mm	< 10mm	< 2mm	< 1mm	< 0.4mm	< 0.2mm	< 0.08mm
N°01	303+000	76	66	64	61	60	52	26
N°02	304+000	100	96	94	92	86	76	65
N°03	305+000	100	100	96	94	79	42	19
N°04	306+000	100	97	93	89	78	50	36
N°05	307+000	100	94	91	90	85	73	56
N°06	308+000	100	96	93	91	89	80	58
N°07	309+000	100	97	96	95	92	80	68
N°08	310+000	86	68	63	61	59	56	30
N°09	311+000	100	96	92	89	78	61	45
N°10	312+000	100	96	90	86	78	70	61
N°11	313+000	100	92	86	83	75	71	48
N°12	314+000	78	60	46	43	38	34	30
N°13	315+000	98	91	87	85	76	62	36
N°14	316+000	89	87	86	85	80	76	36

Interprétation des résultats :

Tous les échantillons prélevés ont été soumis à l'analyse granulométrique. Les résultats enregistrés nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- Le pourcentage des fines (< 0.080mm) varie de 19 à 65 %.
- Le pourcentage des éléments supérieurs à 20 mm varie de 00 à 24 %.
- Le pourcentage des éléments supérieurs à 02 mm varie de 04 à 54%
- Le coefficient d'uniformité (coefficient de Hazen CU= D60/D10) est largement > 02.

Il s'agit donc de courbes granulométriques étalées ou continues.

V.5.2.1.2 Limites d'Atterberg (NFP 94-051)

Les résultats obtenus sont représentés comme suit :

Tableau V.3 : Limites d'Atterberg

Puits	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08
WL(%)	19.77	46.25	11.55	26.30	41.66	26.21	23.60	24.95
WP(%)	17.45	19.11	/	18.17	19.11	17.89	19.11	17.89
IP(%)	02.32	27.14	/	08.13	22.65	08.32	04.49	07.06

Puits	P09	P10	P11	P12	P13	P14
WL(%)	27.91	29.59	25.40	29.18	19.15	22.74
WP(%)	18.89	22.16	16.32	22.91	/	20.18
IP(%)	09.52	07.43	09.08	06.27	/	02.59

Sachant que :

- WL. Limite de liquidité
- WP. Limite de plasticité
- IP. Indice de plasticité

Interprétation des résultats :

- Les valeurs des limites de liquidité WL des différents échantillons varient entre 11.55 et 46.25%.
- Les valeurs des limites de plasticité WP des différents échantillons varient du non mesurable à 22.91%.
- Les valeurs des indices de plasticité IP des différents échantillons varient du non mesurable à 26.72%.

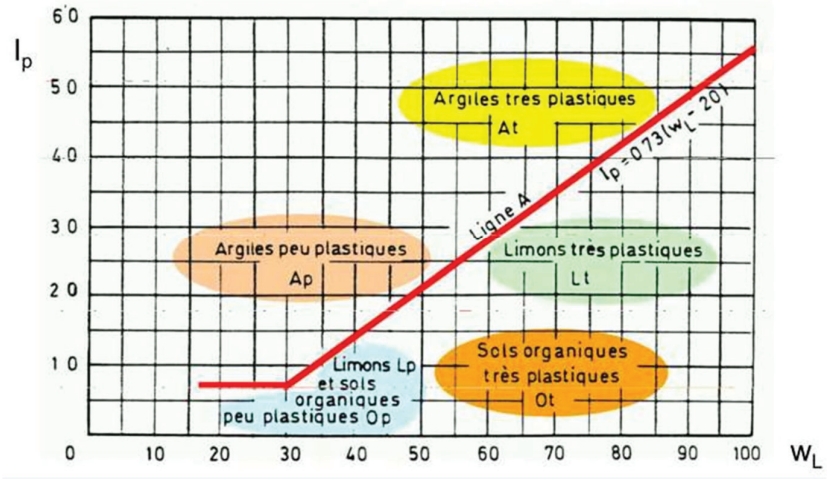


Figure V.1 : Abaque de l'essai Limites d'Atterberg

Ce qui nous révèle que le matériau du sol support est de sensibilité variable à l'eau.

V.5.2.1.3 Equivalent de sable (NFP18-597)

Les résultats de cet essai sont représentés comme suit :

Tableau V.4 : Essai équivalent de sable

Puits	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08
ES	13.40	10.8	26.02	14.35	12.76	16.89	19.02	15.55

Puits	P09	P10	P11	P12	P13	P14
ES	13.34	12.23	14.48	17.89	26.72	23.48

Interprétation des résultats :

Les résultats enregistrés se situent dans la fourchette 10.89 et 26.72%.

V.5.2.2 Essais mécaniques

V.5.2.2.1 Essai Proctor modifié (NFP 94-093)

Les résultats de l'essai Proctor sont : la teneur en eau et la densité sèche maximale qui sont représentés ci-dessous.

Tableau V.5 : Essai Proctor

Puits	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08
Teneur en eau optimale (%)	10.6	13.0	12.3	09.7	14.4	11.1	11.4	10.0
Densité sèche maximale (t/m^3)	2.08	1.91	1.92	2.01	1.89	2.02	1.96	1.90

Puits	P09	P10	P11	P12	P13	P14
Teneur en eau optimale (%)	14.4	10.4	13.7	13.7	10.4	9.7
Densité sèche maximale (t/m3)	1.94	1.90	1.93	1.93	2.08	2.06

Interprétation des résultats :

- Les teneurs en eau varient entre 09.70 et 14.40 %.
- Les densités sèches maximales obtenues varient entre 1.89 et 2.08 t/m^3.

V.5.2.2.2 Essai CBR imbibé (NFP 94-078)

Tableau V.6 : Indice CBR

Puits	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08
Indice CBR imbibé (4 jours)	13.44	11.52	10.89	14.42	12.09	15.80	10.11	14.81

Puits	P09	P10	P11	P12	P13	P14
Indice CBR imbibé (4 jours)	13.76	12.33	12.76	11.25	11.99	10.29

Interprétation des résultats :

Les valeurs de l'indice CBR varient entre 10.11 et 15.80 avec une valeur moyenne de 12.53.

D'après le catalogue algérien de dimensionnement chaussées neuves on conclut que la classe de portance de sol est de classe **S2** (une portance moyenne).

V.5.3 Classification du sol support selon le guide GTR (NFP 11.300)

La classification GTR consiste à classer le sol support selon leurs caractéristiques physiques et mécaniques pour étudier la réutilisation des matériaux de déblais le long du tracé. De plus, cette classification permet de démontrer les conditions d'utilisation des matériaux en remblais et leurs différents types de compactage [19].

Exemple :

- ✓ **Granulométrie :**
  Dmax = **31.5mm**
  % des passants < 80.00µ **: 26%**
- ✓ **Limite d'Atterberg :**
  L'indice de plasticité : **Ip=2.32**

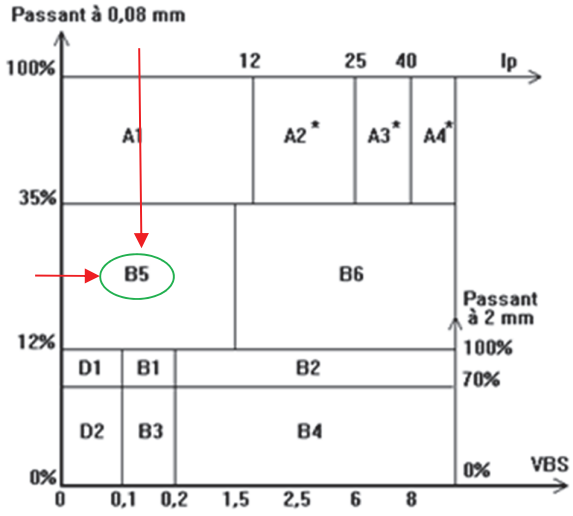


Figure V.2: Classement de matériau selon GTR

Les résultats de tous les puits sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau V.7 : Classification GTR du sol support

Puits	Tamisât inférieure à 0.08mm	Caractéristiques granulométriques	Caractéristiques physiques	Classifications GTR (NFP 11.300)	Nature du sol support
P01	26	D<50mm 12<Tam 0.08mm<35	IP=2.32 < 12	B5	Sable graveleux caillouteux
P02	65	D<50mm 35<Tam 0.08mm	25<IP=27.14<40	A3	Limon sableux
P03	19	D<50mm 12< Tam0.08mm<35	IP non mesurable VBS<1.5	B5	Sable
P04	36	D<50mm 12< Tam0.08mm<35	IP=8.13 < 12	B5	Sable limoneux graveleux
P05	56	D<50mm 35<Tam 0.08mm	12<IP=22.65<25	A2	Limon sableux graveleux
P06	58	D<50mm 35< Tam 0.08mm	IP=8.32 < 12	A1	Limon sableux graveleux
P07	68	D<50mm 35< Tam 0.08mm	IP=4.49 < 12	A1	Limon sableux graveleux
P08	30	D<50mm 12<Tam 0.08mm<35	IP=7.06 < 12	B5	Sable graveleux caillouteux
P09	45	D<50mm 12<Tam 0.08mm<35	IP=9.52 < 12	B5	Sable limoneux graveleux
P10	61	D<50mm 35< Tam 0.08mm	IP=7.43 < 12	A1	Limon sableux graveleux
P11	48	D<50mm 12<Tam 0.08mm<35	IP=9.08 < 12	B5	Sable limoneux graveleux
P12	30	D<50mm 12<Tam 0.08mm<35	IP=6.27 < 12	B5	Sable graveleux caillouteux

P13	36	D<50mm 12<Tam 0.08mm<35	IP non mesurable VBS<1.5	B5	Sable graveleux limoneux
P14	36	D<50mm 12<Tam 0.08mm<35	IP=2.59 < 12	B5	Sable graveleux caillouteux

Interprétation de la classification :

Le sol support varie entre sable graveleux caillouteux au limon sableux qui est en générale sable avec des fines.

D'après le contexte climatique de la zone on constate une faible pluviométrie allant de 100 à 150 mm qui nous donne un contexte semi-aride.

En respectant les conditions d'utilisation suivantes :

- La hauteur des remblais ne dépasse les 10m.
- Le compactage est moyen.
- L'extraction est frontale.

V.5.4 Recherche de gites des matériaux

V.5.4.1 Situation des gites des matériaux

L'emprunt éventuel des matériaux concernant le lot N° 05 est disponible et divisé en trois carrières proches de notre route.

Tableau V.8 : Situation des gites des matériaux

Carrière	PK	Situation	Echantillon		
C1	314+000	Côté gauche Aflou vers Laghouat à 2200m	P1C1	P2C1	P3C1
C2	312+100	Côté droit en allant vers Laghouat à 200m	P1C2	P2C2	P3C2
C3	309+400	Côté gauche en allant vers Laghouat à 100m	P1C3	P2C3	P3C3

V.5.4.2 Classification de matériaux des gites

Pour vérifier les conditions d'utilisation de ces carrières dans la réalisation de couches de remblais et de la couche de forme, on prend 3 échantillons de chaque carrière, puis on fait la classification GTR.

Les résultats de la classification GTR sont représentés ci-dessous :

Tableau V.9 : Classification GTR des matériaux des gites

Carrières	Classification GTR (NFP11.300)
P1C1	B5
P2C1	B5
P3C1	B5
P1C2	B5
P2C2	B5
P3C2	A2
P1C3	B5
P2C3	A1

Interprétation de la classification

Après la classification des matériaux des gites, tous les emprunts possèdent des caractéristiques géotechniques requises, et par conséquent ils peuvent être utilisés dans la réalisation des remblais et de la couche de forme.

V.6 CONCLUSION

L'étude géotechnique du tracé a fait ressortir les résultats suivants :

- **Lithologie :**

Les travaux de terrain et les résultats de la reconnaissance in situ montre que les terrains traversés par le tracé sont constitués du sol de classe B et A ; qui sont des sables graveleux et limoneux respectivement avec une variété de présence des fines.

Ce sol est peu à moyen sensible à l'eau. Avec une faible teneur en argile.

- **Déblais**

On prend une pente moyenne des talus de 3/2 (3H/2V) vu qu'il n'y a pas des talus à grande hauteur (Hauteur maximale ne dépasse pas 7m)

- **Réutilisation des remblais**

La classification des matériaux de déblais et des emprunts éventuels permet de déduire que les matériaux des déblais sont réutilisables en couches de remblais avec un taux de réutilisation de 50% avec la nécessité d'utiliser les matériaux des gites d'emprunt.

VI.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 des paramètres fondamentaux suivants :

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

VI.2 DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEES

VI.2.1 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.

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes :

VI.2.1.1 Couche de roulement (de surface ou encore d'usure) :

La couche de surface subit directement les agressions du trafic et du climat, elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqué par la circulation.

Elle est en général composée d'une couche de roulement qui a pour rôle :

- D'imperméabiliser la surface de chaussée
- D'assurer la sécurité (par l'adhérence)
- D'assurer le confort des usages (diminution de bruit, bon uni)

La couche de liaison a pour rôle essentiel, d'assurer une transition, avec les couches inférieures les plus rigides.

En général, l'épaisseur de la couche de roulement varie entre 6 et 8 cm.

VI.2.1.2 Couche de base :

Pour résister aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche du sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm.

VI.2.1.3 Couche de fondation :

Elle assure un bon uni et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, elle au même rôle que celui de la couche de base.

VI.2.1.4 Couche de forme

À court terme : La couche de forme doit assurer la traficabilité quasi tout temps des engins approvisionnant les matériaux de la couche de fondation, permettre le compactage efficace de la couche de fondation, satisfaire les exigences de nivellement de la plateforme support de chaussée et assurer la protection de l'arase de terrassement vis-à-vis des agents climatiques dans l'attente de la réalisation de la chaussée.

À long terme : Elle doit permettre d'homogénéiser la portance du support pour concevoir des chaussées d'épaisseur constante, de maintenir dans le temps, en dépit des fluctuations de l'état hydrique des sols supports sensibles à l'eau, une portance minimale pouvant être estimée avec une précision suffisante au stade du dimensionnement de la structure de chaussée et d'améliorer la portance de la plate- forme pour optimiser le coût de l'ensemble couche de forme - structure de chaussée.

L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm.

VI.2.2 Chaussée semi –rigide :

On distingue :

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

La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose 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.

VI.2.3 Chaussée rigide :

Elle est constituée d'une dalle de béton, éventuellement armée (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) reposant sur une couche de fondation qui peut être un grave stabilisé mécaniquement, un grave traité aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques.

- La figure des différents types de chaussées est présentée dans **l'annexe 3.**

VI.3 FACTEURS DE DIMENSIONNEMENT

Toutes les méthodes de dimensionnement basées sur la connaissance de certains paramètres fondamentaux liés au :

VI.3.1 Trafic

Le trafic principalement le poids lourd est l'un des paramètres prépondérants dans la conception des structures, il intervient en fait d'abord dans le choix des matériaux puis dans le dimensionnement proprement dit de façon plus détaillée, Le trafic gouverne les choix suivants :

Choix d'un niveau de service qui se traduira notamment par le choix de la couche de surface.

Choix de l'épaisseur des structures qui implique la fixation d'un niveau de risque.

Il est apparu nécessaire de caractériser le trafic à partir de deux paramètres :

De trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptages sur les voies existantes.

De trafic cumulé sur la période considérée qui est donnée par :

$$\mathbf{N = T \times A \times C}$$

- $\boldsymbol{N}$: Trafic cumulé.
- $\boldsymbol{A}$: Facteur d'agressivité globale du trafic.
- $\boldsymbol{C}$: Facteur de cumul.

$$\mathbf{C = \frac{[(1+\tau)P - 1]}{\tau}}$$

- τ: Taux de croissance du trafic.
- P: Nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.

VI.3.2 Environnement

L'environnement extérieur de la chaussée est l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement, la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, la température a une in fluence marquée sur les propriétés des matériaux bitumineux et conditionne la fissuration des matériaux traités par des liants hydrauliques.

VI.3.3 Le sol support

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plateforme support de chaussée » constitué du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme.

Les plates-formes sont définies à partir :

- De la nature et de l'état du sol.

- De la nature et de l'épaisseur de la couche de forme.

VI.4 PRINCIPALES METHODES 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 utilisée sont :

- La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio).
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.
- Méthode du catalogue des structures.

VI.4.1 Méthode de C.B.R

C'est une méthode (semi-empirique) qui s'est basé sur essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant des éprouvettes à (90-100%) de l'optimum Proctor modifier sur une épaisseur d'eau moins de 15 cm.

L'épaisseur est donnée par la formule suivant :

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

- N: Désigne le nombre moyen de plus de camion 1500 Kg à vide.
- P: Charge par roue P = 6.5t (essieu 13 t).
- $\log\frac{N}{10}$: Logarithme décimal.
- I_{CBR}: Indice portant C.B.R.

VI.4.1.1 L'épaisseur équivalente :

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$\mathbf{E_q} = \sum \mathbf{e_{réelle}} \times \mathbf{a_i}$$

- $e_1 \times a_1$: couche de roulement.
- $e_2 \times a_2$: couche de base.
- $e_3 \times a_3$: couche de fondation.

Les valeurs usuelles du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé sont données dans le tableau suivant :

Tableau VI.1 : Coefficients d'équivalence

Matériaux utilises	Coefficient d'équivalence
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	1.60 à 1.70

VI.4.2 Méthode du catalogue des structures établit par SETRA et LCPC

C'est le catalogue des structures type neuves et établi par « SETRA »

- Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance.
- Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation.
- Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

- Trafic cumulé de poids lourds TCi.
- Les caractéristiques de sol (classe de plateforme PF_i).

VI.4.3 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 et environnement...).

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.

VI.4.3.1 Détermination de la classe du trafic

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir du trafic poids lourd par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

On commence par la détermination du trafic des poids lourds cumulé sur 20 ans.

VI.4.3.2 Détermination de la classe de plateforme

Le sol doit être classée selon la valeur de CBR de densité Proctor modifier maximal.

VI.5 APPLICATION DE PROJET

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on va utiliser deux méthodes les applicables en Algérie qui sont :

- La méthode dite CBR
- La méthode du catalogue des chaussées neuves « CTTP ».
- La méthode du catalogue des structures.

VI.5.1 Méthode CBR :

On a :

- PL = 33 %
- τ=4.
- CBR de sol =12
- $TJMA_{2020}$=7250 V/J
- Durée de vie 20 ans
- $TJMA_{2020\ (par\ sens)}$ = 7250x(2/3)=**4833 V /J/sens.**
- PL_{2020} = 4833×0.33 = **1595 PL/j/sens.**
- PL_{2040}= $1595 \times (1 + 0.04)^{20}$ = **3495 PL/j/sens**.

Chaussées unidirectionnelles à 2 voies 90% du trafic PL sur la voie lente de droite

Chaussées unidirectionnelles à 3 voies 80% du trafic PL sur la voie lente de droite

Chaussées bidirectionnelles à 2 voies 50% du trafic PL sur la voie lente de droite

Chaussées bidirectionnelles à 3 voies 50% du trafic PL sur la voie lente de droite

$N_{PL\ 2040}$= 3495x0.9=**3146 PL/j/sens par la voie la plus chargé.**

Donc l'épaisseur équivalente :

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

P : charge par roue, P = 6.5t (d'essieu de 13 t)

Log : logarithme décimal.

N= 3146PL//j/sens.

I_{CBR}=12.

$$\mathbf{Eeq} = \frac{\mathbf{100 + \sqrt{6.5}(75 + 50\log\frac{3146}{10})}}{\mathbf{12 + 5}}$$

Eeq=36 cm

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée on fixe « e 1 » et « e2 » et on calcule « e3 »,

Généralement les épaisseurs adoptées sont :

BB =6 - 8 cm; GB= 10 - 20 cm; GNT =15 - 25 cm.

- **Couche de roulement**

e_1 = 6 cm en béton bitumineux (**BB**) $\Rightarrow$**c_1 = 2,0**

- **Couche de base**

e_2 = 10 cm en grave bitume (**GB**) $\Rightarrow$ **c_2 = 1,5**

- **Couche de fondation**

e_3 = épaisseur en Grave concassée (**GNT**) $\Rightarrow$ **c_3 = 1,0**

36=6.2 + 10.1,5+ e_3.1

$\Rightarrow$ e_3=36-27 =**9cm**

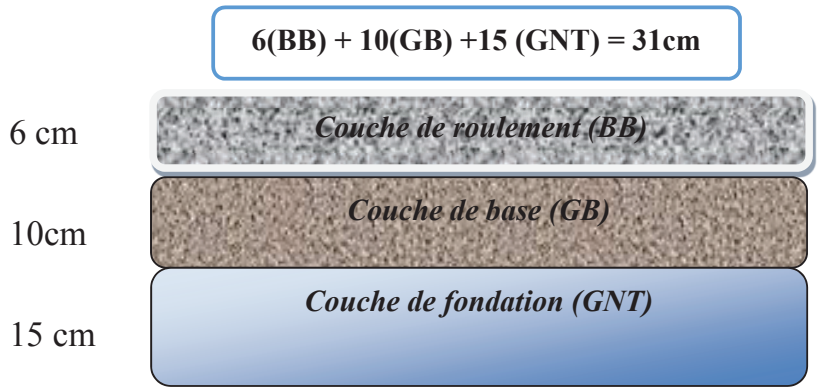
Donc on prend **15cm** de GNT pour des raisons d'épaisseur minimale de mise en œuvre

On aura :

Tableau VI.2 : La structure de la méthode CBR (Réelle et équivalence)

Couches	$e_{réelles}$ (cm)	C_i	e_{eq} (cm)
BB	06	02	12
GB	10	1.5	15
GNT	15	1	15
Total	**31cm**		**42cm**

C'est-à-dire : Épaisseur réelles est de



Epaisseur réelle = 31cm

VI.5.2 Méthode du catalogue des structures établit par SETRA et LCPC

VI.5.2.1 Détermination de la catégorie de la route :

La route est un dédoublement d'une route nationale.

C'est une voie du réseau non structurant **VRNS** (la durée de vie : 20 ans)

VI.5.2.2 Détermination de classe du trafic cumulé :

Les classes de trafic cumulé sont classées en fonction du trafic de la mise en service

Tableau VI.3 : Classes de trafic cumulé

Trafic à la mise en service (PL/jr/sens)	**35**	**85**	**200**	**500**	**1200**	**3000**	**7000**
Classe de trafic cumulé	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8

TPL_{2020}=7250x 0.33 x (2/3) x0.9= 1443 PL/J/sens

D'où la classe de trafic cumulé est de **TC6**

VI.5.2.3 Détermination de la classe de portance :

La plateforme support de la chaussée est assimilée

Tableau VI.4 : Classes de portance

La classe de portance	PF1	PF2	PF3	PF4
Module (MPa)	20-50	50-120	120-200	>200

Pour notre cas :

E=5.I_{CBR}= 60 MPa.

La classe est de **PF2**.

VI.5.2.4 Matériaux :

Ils doivent être conformes en normes en vigueur et aux guides d'application des normes.

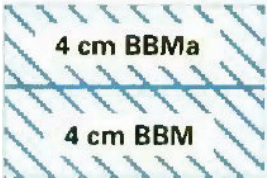
Couche de surface :

Elle peut comprendre une ou plusieurs couches d'enrobé (couche de roulement, et une ou deux couches de liaison).

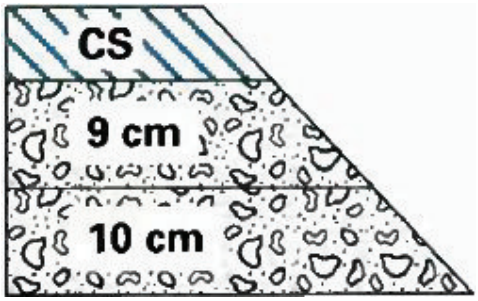
On recommande la combinaison suivante :

BBMa : béton bitumineux mince classe A.

BBM : béton bitumineux mince.



- **Couche de surface**
- **Couche de base (EME classe2)**
- **Couche de fondation (EME classe2)**



VI.5.3 Méthode du Catalogue de dimensionnement algérien (CTTP):

VI.5.3.1 Détermination du type de réseaux principaux :

D'après le catalogue on a la classification des réseaux principaux suivante :

Tableau VI.5 : Tableaux des réseaux principaux

Réseau principal	Trafic (véhicules/jour)
RP1	>1500 V/J
RP2	<1500 V/J

- ✓ L'année de mise en service 2020
- ✓ $TJMA_{2018}$= 5525 (V/J).

- ✓ $TJMA_{2020}$= 7250V/J > 1500 V/J

Donc le réseau principal est **RP1**

On utilise **matériau traité au bitume GB /GNT**

VI.5.3.2 Détermination de la classe de trafic

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir de trafic du poids lords par jour par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

- ✓ Classe TPL_i pour RP1 :

Tableau VI.6 : Classes de trafic du poids lourds

TPL_i	TPL_3	TPL_4	TPL_5	TPL_6	TPL_7
PL/j/sens	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

On a =TPL_{2020} =1443 PL/J/sens.

Donc on a **600< 1443 < 1500**

Donc la classe de trafic est **TPL_5**

- ✓ **Calcul le trafic cumulé**

$$TC_i = ([TPLi \times 365((1+ i)^n - 1)])/i$$

- i : taux d'accroissement 4%
- n : durée de vie 20 ans

TCi =**[**1443x365**((**1+0.04)^{20}-1**)]** / 0.04

$$TCi=15.7\times10^6$$

- ✓ **Calcul le trafic cumulé équivalent**

$$TCEi =TCi. A$$

A : coefficient d'agressivité de PL par rapport à l'essieu de référence de 13t

On **RP1** et chaussée à matériaux traité au bitume donc **A=0.6**

Donc : TCEi=15.7 10^6×0.6 **=9.42×10^6** essieux équivalents de 13t

VI.5.3.3 Détermination de la portance de sol-support de chaussée :

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S_4 à S_0. Cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée telle que **CBR =12**.

Tableau VI.7 : La portance de sol support

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

D'après le fascicule 3 de catalogue de dimensionnement algérien :

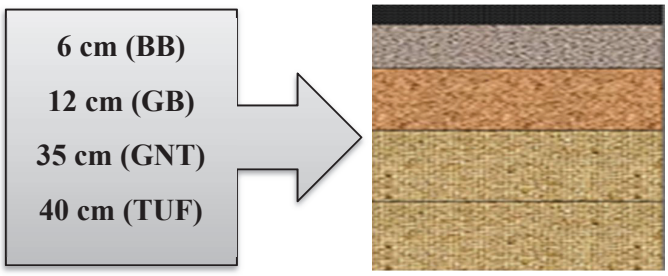
On peut tirer le type de structure approprié qui sont déjà précalculés en respectant les facteurs suivants :

- ✓ Réseau principal niveau 1 (RP1) GB /GB
- ✓ Zone climatique III
- ✓ Duré de vie 20 ans et le taux d'accroissement 4%
- ✓ TPL5
- ✓ Classe de portance : S2

Le catalogue algérien ne prend pas de fiche de dimensionnement pour une structure de TPL5, S2 et la zone III, à cet effet il y a une nécessité de surclasser de S2 à S1 avec la mise en place de couche de forme de 40cm (TUF).

Avec les données citées ci-dessus et la classe visé S1, le catalogue de dimensionnement algérien préconise une structure de :

6(BB)+12(GB)+35(GNT)+40(TUF)



VI.6 VERIFICATION DES CONTRAINTES DE DIFFERENTES COUCHES

- Risque de calcule : **r = 5%.**
- Température équivalente : **θeq = 25°C.**
- Sol support : classe de sol support S2 : **E=5 x12= 60 Mpa**, **ν=0.35**
- Condition aux interfaces : toutes les couches sont collées.
- Donnée de calage : **Kc=1.3**
- **TCEi=7.02x10^6** essieu équivalents de 13t.

VI.6.1 Calcule de la déformation admissible sur le sol support

$$\varepsilon_{z.ad} = 22.10^{-3} \times TCEi^{-0.235}$$

$\varepsilon_{z.ad} = 22.10^{-3}x(9.42x10^{6})^{-0.235} = \mathbf{505.10^{-6}}$

$$\varepsilon_{z.ad} = 505.10^{-6}$$

VI.6.2 Calcul de la déformation admissible εt.ad à la base de GB

$$\varepsilon_{t.ad} = \varepsilon_6(10°C\ ,\ 25Hz) \times Kne \times K\theta \times Kr \times Kc$$

Tableau VI.8 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux

Matériau	E(30° ,10HZ) (MPa)	E(25° ,10HZ) (MPa)	E(20° ,10HZ) (MPa)	E(10° ,10HZ) (MPa)	ε_6(10°c,25hZ)10^{-6}	-1/b	SN	S_H	v	Kc
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0.35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3

Alors d'après Catalogue de Dimensionnement Algerien et les tableaux ci-dessus on résume les paramètres suivent :

- ✓ θ_{eq} = température équivalent **(θ_{eq} = 25c°) => E (25° ,10Hz)=5500** MPa.
- ✓ C : coefficient égal 0.02
- ✓ -1/b=6.84 ; b=-0.146
- ✓ r= 5%, d'ou t = -1.645

- **Kne** $= \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b$
- **Kne** $= \left(\frac{9.42 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0.146}$

Kne = 0.75

- **Kθ** $= \left(\frac{E(10°C\ ,10Hz)}{E(\theta eq,10Hz)}\right)^{0.5}$
- **Kθ** $= \left(\frac{12500}{5500}\right)^{0.5}$

Kθ=1.51

- **Kr = $10^{-tb\delta}$**

$\delta = \sqrt{\left(SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh\right)^2\right)} = \sqrt{\left(0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} \times 3\right)^2\right)} = \mathbf{0.61}$

- **Kr** = $10^{-1.645x0.146x0.61}$ = 0.71

Kr = 0.71.

Kc = 1.3.

D'ou :

$\varepsilon_{t.ad}$ = $100.10^{-6} \times 0.75 \times 1.51 \times 0.71 \times 1.3 = \mathbf{105.10^{-6}}$

$\boldsymbol{\varepsilon_{t.ad} = 105.10^{-6}}$

VI.6.3 Vérification de l'Alizé-LCPC

(Voir le rapport dans l'Annexe)

D'après l'Alizé on opte les valeurs des déformations suivantes :

- $\boldsymbol{\varepsilon_t = 104.7\ 10^{-6}}$
- $\boldsymbol{\varepsilon_z = 264.9\ 10^{-6}}$

On remarque que : $\boldsymbol{\varepsilon_t < \varepsilon_{t.ad}}$ et $\boldsymbol{\varepsilon_z < \varepsilon_{z.ad}}$

Donc la structure de **6(BB)+12(GB)+35(GNT)+40(TUF)** est vérifiée.

VI.7 RESUME

L'application des deux méthodes nous donne les résultats suivants :

Tableau VI.9 : Tableau récapitulatif de dimensionnement

Méthodes	CBR	Catalogue de Dimensionnement Algérien	SETRA_LCPC
Structures	6**BB**+10**GB**+15**GNT**	6**BB**+12**GB**+35**GNT**	8**CS**+9**EME2**+10**EME2**

VI.8 CONCLUSION

D'après le tableau ci-dessus, on remarque bien que la méthode dite du catalogue de dimensionnement de chaussée, nous donne un corps de chaussée avec une épaisseur de structure plus importante que celle de la méthode dite CBR et SETRA-LCPC.

SETRA-LCPC est la méthode la plus résistante à l'orniérage, la moins épaisse et la plus économique aux matériaux mais la structure ne va pas être recommandé pour les raisons suivantes :

- Le coût de matériau principale est très élevé (bitume).
- La méthode est inutilisable (manque des entreprises compétentes).
- Le matériau est sensible aux effets thermiques (fissuration de retrait si liant trop dur).
- Support de bonne portance.
- Respect impératif des épaisseurs.

La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées étant une méthode qui s'appuie sur des lois de comportement à la fatigue, nous nous proposons de l'appliquer à notre projet pour les raisons suivantes :

- Augmentation de la longévité de la route.
- Disponibilité de crédit d'investissement à court terme pour éviter les fluctuations dans le cas d'un investissement différé à long terme.
- Minimiser les coûts d'entretien.
- Expérimentation de la méthode pour avoir un retour d'expérience suffisant pour sa généralisation et son adoption ou bien à sa révision selon les observations qui seront faites.
- Un meilleur comportement à l'agressivité des charges son cesse croissantes (l'orniérage).

En conclusion, le Ministère des Travaux publics étant à l'origine de l'initialisation de l'élaboration de cette méthode, pour des raisons évidentes de manque de support technique propre à notre pays, nous ne pouvons qu'adhérer et contribuer à la vulgarisation de cette dernière. Cependant, par ce modeste travail nous souhaiterions faire une suggestion à l'administration par le biais des maîtres d'ouvrage pour la mise en place d'une cellule de suivi de comportement des chaussées par l'entremise d'instrumentations appropriées à même de répondre aux questionnements de l'efficacité de cette méthode par rapport à la méthode CBR ; les générations à venir ne seront que bénéficiaire d'un tel retour de l'information.

VII.1 INTRODUCTION

On appelle un pont tout ouvrage permettant à une voie de circulation de franchir un obstacle naturel ou une autre voie de circulation. Selon le cas, on distingue : pont-route, pont-rail, pont canal.

Ce chapitre présentera les types de l'ouvrage a concevoir pour franchir les obstacles existants (les routes, les pistes, les oueds)

VII.2 VOIE DE RETABLISSEMENT

La route ne doit comporter aucun cisaillement à niveau. Elle coupe l'espace en deux demi - espace sans communication, ce qui rend obligatoire le rétablissement de la circulation routière par-dessus ou par dessous des voies principales. Il sera rétabli systématiquement :

- Les routes nationales.
- Les chemins de wilaya.
- Les chemins ruraux ou agricoles les plus importants.

Les ouvrages de franchissement identifiés en fonction du profil en long de la route seraient rétablis soit en passage supérieur (PS), soit en passage inférieur (PI).

Par conséquent ces routes seront conçues d'après les normes techniques ''B40'' qui les classent selon leur importance et leur environnement.

Ces normes classent les routes en 5 catégories correspondantes à trios (03) environnements :

- Environnement facile : E1
- Environnement moyen : E2
- Environnement difficile : E3

Ces routes sont :

- Les routes nationales (RN) pouvant être classées dans les catégories 1 – 2
- Les chemins de wilaya (CW) dans la catégorie 3
- Les chemins ruraux (CR) dans la catégorie 4
- Les pistes agricoles principales hors catégorie

Ces dernières seront regroupées en fonction de leur importance et de leur aptitude à regrouper le trafic de chemins voisins.

VII.2.1 Facteurs de sélection des points de croisement

- L'importance de la route (route reliant des villes, villages et desservant une large zone agricole).
- Conditions morphologiques.
- Prévision d'accès le plus adéquat pour permettre la continuité des activités agricoles ou autres.

- Prévision de passage pour les piétons ainsi que les troupeaux de façon à éviter toute tendance de coupure de clôture de l'emprise et de risque de dangers.

VII.3 PRESENTATION DES OUVRAGES

VII.3.1 Passage inférieur (CW 126)

VII.3.1.1 Situation du projet

L'ouvrage 01 C'est un passage inférieur au niveau du **PK 2+846** suivant un biais de 110 grades.

VII.3.1.2 Description de l'ouvrage

- Tablier de portée totale 30 m
- Type de l'ouvrage : pont à poutres
- Largeur de tablier est de 9 m dont la largeur roulable est de 7 m (6 poutres).
- Gabarit de 5.25 m.

VII.3.2 Passage inférieur (Piste n°1)

VII.3.2.1 Situation du projet

L'ouvrage 02 C'est un passage inférieur au niveau du **PK 3+861** suivant un biais de 89 grades.

VII.3.2.2 Description de l'ouvrage

- Tablier de portée totale 30 m
- Type de l'ouvrage : pont à poutres
- Largeur de tablier est de 7.5 m dont la largeur roulable est de 6 m (5 poutres).
- Gabarit de 5.25 m.

VII.3.3 Passage inférieur (Piste n°2)

VII.3.3.1 Situation du projet

L'ouvrage 03 C'est un passage inférieur au niveau du **PK 9+954** suivant un biais de 110 grades.

VII.3.3.2 Description de l'ouvrage

- Tablier de portée totale 30 m
- Type de l'ouvrage : pont à poutres
- Largeur de tablier est de 7.5 m dont la largeur roulable est de 6 m (5 poutres).
- Gabarit de 5.25 m.

Tableau VII.1 : Tableaux récapitulatif des ouvrages de rétablissement

Désignation	PK (Pénétrante)	Type de passage	Gabarit (m)	Côte projet (m)	Côte rétablissement (m)
Rétablissement 1 CW126	2+846	PI	5.25	1432.49	1439.49
Rétablissement 2 Piste n°1	3+861	PI	5.25	1433.17	1440.17
Rétablissement 3 Piste n°2	9+954	PI	5.25	1460.86	1467.86

VIII.1 INTRODUCTION

L'évacuation des eaux pluviales est l'une des préoccupations fondamentales dans le domaine des routes, car la présence d'eau au niveau de la chaussée à plusieurs inconvénients : inondation, glissement de terrain, érosion, instabilité des talus, et dégradation de chaussée. L'Assainissement est l'ensemble des dispositions prise pour évacuer l'eau loin de la route.

VIII.2 ETUDE HYDROLOGIQUE

L'hydrologie est une science qui étudie la phase, le cycle d'eau qui est lié avec l'arrivée de celle-ci sur la surface de la terre. Elle englobe l'étude des précipitations, l'écoulement et les eaux de surface et les eaux souterrains. Les études hydrologiques sont indispensables, elles sont pour objectif d'étudier les conditions des ressources en eau d'une part et d'autre part d'estimer la crue contre laquelle il est nécessaire de protéger l'ouvrage.

Les étapes pour la réalisation de l'estimation des débits maximales sont :

- Collecte des données cartographiques.
- Collecte des données pluviométriques.
- Traitement cartographique.
- Estimation du temps de concentration.
- Estimation des pluies de courte durée.
- Estimation des débits d'apport (Qa).
- Estimation de débit de Saturation (Qs).

VIII.2.1 Collecte des données cartographiques

Le projet est une partie de la route nationale RN23 Laghouat, les données sont tirées de la carte d'état-major :1/25,000 et **ANRH**

VIII.2.2 Estimation du débit de crue

Le calcul du débit maximum limite, de fréquence donnée, à l'intensité moyenne **I** de la pluie, et de durée '**t**'égal au temps de concentration, est effectué au moyen d'une formule donnant un débit approché par excès, celle-ci se dérive de la méthode dite rationnelle et elle appliquée dans le cas des superficies inférieures à 25 km^2, elle est donnée par :

$$\mathbf{Q_a = KC\ I\ A}$$

$\mathbf{Q_a}$: Débit maximum d'eau pluviale (m^3/s).

C : Coefficient de ruissellement.

I : Intensité de la pluie exprimée en mm/h.

K : Coefficient de conversation des unités et est égale à **0.278**.

A : Aire du bassin d'apport (km^2).

VIII.2.2.1 Traitement cartographique

Le traitement cartographique consiste à traiter les données de la carte topographique par un logiciel approprié (Globale Mapper) pour la délimitation des bassins versants et la détermination des principales caractéristiques morpho métrique de ce dernier (superficie S, longueur du thalweg **lce**. Altitude maximale **Hmax**, altitude minimal **Hmin**, et pente longitudinale du thalweg I).

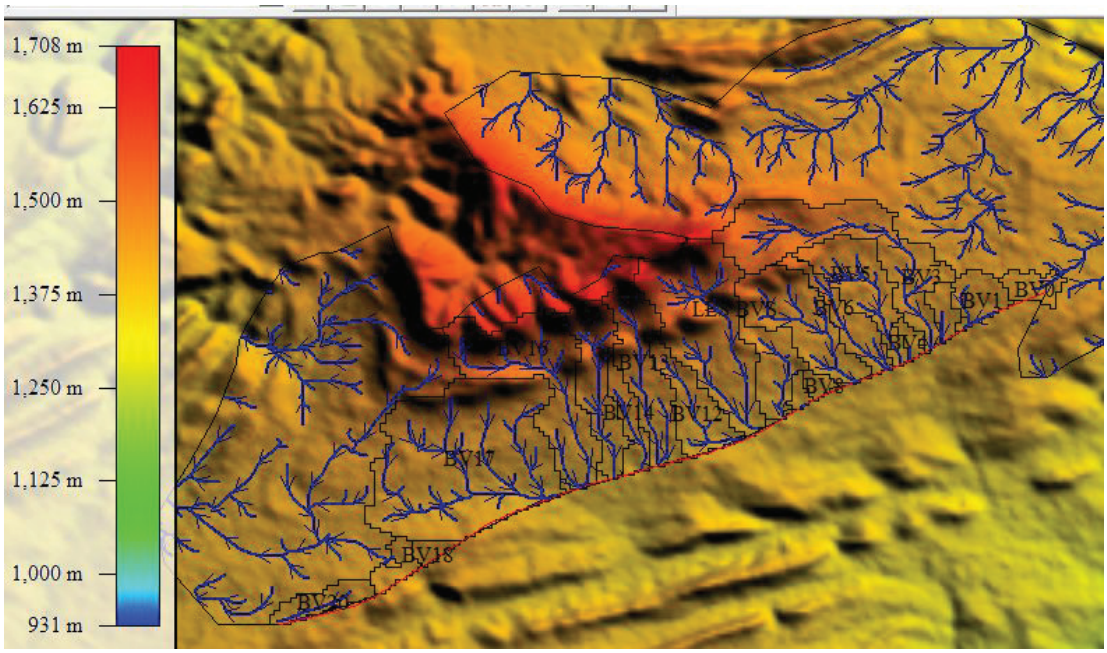


Figure VIII.1 : Délimitation des bassins versants par Globale Mapper

VIII.2.2.2 Bassin versant

C'est un secteur géographique, limité par les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux, où la surface totale de la zone susceptible d'alimenter en eau pluviale d'une façon naturelle une canalisation en un point considérer.

VIII.2.2.3 La pente moyenne du thalweg

La pente du thalweg est exprimée par le rapport suivant :

$$\mathbf{I = (Hmax - Hmin) / l_{c.e}}$$

Avec :

- Hmax : altitude maximale (m).
- Hmin : altitude minimale (m).
- $l_{c.e}$: longueur du thalweg (km).

Tableau VIII.1 : Caractéristiques principales des bassins versants

Bassin Versant	PK	Surface A (km²)	Perimetre (km)	Hmax (m)	Hmin (m)	Longueur $L_{c.e}$ (km)	Pente moy (P) %
BV1	1+879	0,606	4,4	1429	1400	0,922	3,15
BV2	2+162	0,3083	3,362	1422	1394	0,703	3,98
BV3	2+390	3,187	15,37	1612	1391	4 ,6	4,80
BV4	2+677	0,1628	2,623	1417	1387	0,342	8,77
BV5	2+726	1,466	8,352	1501	1387	2 ,544	4,48
BV6	3+316	0,826	7,658	1519	1388	1,986	6,60
BV7	4+046	1,88	8,524	1521	1388	2,615	5,09
BV8	4+261	0,1339	2,157	1410	1382	0,162	17,31
BV9	4+559	0,932	6,239	1452	1383	1,628	4,24
BV10	4+840	3,383	11,566	1684	1381	3 ,724	8,14
BV11	5+060	1,124	7,45	1527	1379	2,116	6,99
BV12	6+347	1,702	9,918	1675	1381	2,913	10,09
BV13	6+760	1,594	6,158	1521	1375	1,487	9,82
BV14	7+475	1,467	9,488	1678	1377	2,772	10,86
BV15	7+966	2,953	12,813	1644	1376	3,891	6,89
BV16	8+218	6,134	12,628	1528	1374	3,713	4,15
BV17	12+020	0,565	4,609	1421	1393	1,281	2,19

VIII.2.2.4 Estimation du temps de concentration

Le calcul des débits de projet requiert l'évaluation du temps de concentration du bassin versant (Tc), soit le temps le plus long que met une goutte d'eau du bassin versant pour atteindre l'exutoire, Le temps de concentration peut être estimé selon plusieurs formules comme celles de : Ventura, Passini, Giandotti. Chacune ayant son propre domaine de validité d'application.

VIII.2.2.4.1 Temps de concentration tc :

- ✓ $t_c = 0{,}127.\sqrt{\frac{A}{P}}$ ⟹Si A < 5 km², selon **VENTURA.**
- ✓ $t_c = 0{,}108.\frac{\sqrt[3]{A.L}}{\sqrt{P}}$ ⟹ Si 5 km² ≤ A < 25 km², selon **PASSINI**
- ✓ $t_c = \frac{4\sqrt{A}+1{,}5.L}{0{,}8.\sqrt{H}}$ ⟹Si 25 km² ≤ A < 200 km², selon **GIANDOTTI**

Où :

- A : Superficie du bassin versant (km²).
- P : Pente moyenne du bassin versant (m.p.m).
- L : Longueur de bassin versant (km).
- H : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

- **Exemple :**

Pour (BV 01) : (A = 0,606 Km^2, P= 3,15 %, L=0.922km) A < 5 km² : donc on applique la formule heures de Ventura

$$tc = 0{,}127 \times \sqrt{(A \div P)}$$

$$tc=0{,}127 \times \sqrt{(0{,}606 \div 0{,}0315)} = 0.558 \text{ heures}$$

Pour (BV 16) : (A = 6 ,134 Km^2, P= 4,15%, L=3,713km) 5 km² < A < 25 km² : donc on applique la formule heures de Passini

$$tc = 0{,}108 \times \sqrt[3]{(A \times L)} \div \sqrt{P}$$

$$tc = 0{,}108 \times \sqrt[3]{(6{,}134 \times 3{,}713)} \div \sqrt{0{,}0415} = 1{,}503 \text{ heures}$$

- ❖ Les résultats de calcul de Tc pour tous les bassins versants sont représentés dans **l'Annexe 2 Tab 2.**

VIII.2.2.5 Détermination de l'intensité I(t)

La formule de la courbe relative à durée fréquence de Laghouat est la suivante :

$$\mathbf{I(t) = a(t) \times T^{-b}}$$

Avec :

b : l'exposant climatique b=0.81 ;

a(t) : coefficient de Montana ;

Tableau VIII.2 : Coefficient de Montana.

T (années)	2	5	10	20	50	100
a(t)	12,5	17,6	21,2	24,6	29	32,3

Exemple :

Pour (BV 01) :(tc= 0.558 h, b= 0.81, a(t)10 ans=21.2, a(t)50 ans=29, a(t)100 ans=32.3)

$I(t)=a(t) \times T^{-b}$

Donc :

I(t) 10ans = $21.2 \times 0.558^{-0.81}$ = 34 .01 mm /h

I(t) 50ans = $29 \times 0.558^{-0.81}$ = 46.52 mm/h

I(t) 100ans = $32.3 \times 0.558^{-0.81}$ = 51.81 mm/h

- ❖ Les résultats de calcul de l'intensité pour tous les bassins versants sont représentés dans **l'Annexe 2 Tab 3.**

VIII.2.2.6 Coefficient de ruissellement

C'est un indicatif du pourcentage de l'eau ruisselant sur un sol saturé par la précipitation antérieures par rapport à la totalité de l'averse, sera estimé à partir de la méthode de KENESSEY (Hongrie) ou C est la somme de trois coefficients partiels :

$$C = C1+C2+C3$$

- **C1** : Dépend de la pente P du thalweg principal estimée comme étant égal au rapport de la dénivelée du thalweg (falaises exclues) par sa longueur développée. Ces informations sont obtenues généralement à partir des cartes topographiques disponibles :
- **C2** : Dépend de la perméabilité du sol, déterminée à partir des informations concernant la nature du sol et ses caractéristiques **:**
- **C3 :** Dépend de la couverture végétale du bassin versant. Ces informations seront obtenues à partir d'une inspection visuelle des bassins versants, des photos prises du site et des photos aériennes.
  - ❖ Les valeurs des coefficients de ruissellements sont représentées dans **l'Annexe 2 Tab 3,4,5.**

Application au projet :

- ✓ 3, 5% < P≤ 11% C1= 0.10 - 0.20
  C1 =0.20
- ✓ Sol presque peu perméable C2= 0.10 - 0.20
  C2=0.20
- ✓ Champs cultivé C3=0.07 - 0.15
  C3=0.15

Donc : C= C1+C2+C3=0.1+0.2+0.3=0 .45 C=0.45

VIII.2.2.7 Déterminations des débits d'apport

On applique la formule :

$$Qa = K .C .I .A$$

Avec :

C : coefficient de ruissellement.

I : intensités obtenues.

A : Superficie du bassin versant (km²).

K =0.2778.

Tableau VIII.3 : Les valeurs des débits d'apport.

N : BV	A (Km^2)	C	K	I(t) (mm/h) 10 ans	I(t) (mm/h) 50 ans	I(t) (mm/h) 100 ans	Qa(t) (m^3/s) 10ans	Qa(t) (m^3/s) 50ans	Qa(t) (m^3/s) 100ans
BV01	0,606	0,45	0,2778	34,01	46,52	51.81	0,26	0,35	0,39
BV02	0,3083	0,45	0,2778	49,18	67,27	74.93	1,89	2,59	2,89
BV03	3,187	0,45	0,2778	20,60	28,18	31.39	8,21	11,23	12,50
BV04	0,1628	0,45	0,2778	87,686	119,95	133.36	1,78	2,44	2,72
BV05	1,466	0,45	0,2778	27,43	37,52	41.79	5,03	6,88	7,66
BV06	0,826	0,45	0,2778	40,47	55,36	61.66	4,18	5,72	6,37
BV07	1,88	0,45	0,2778	26,11	35,71	39.78	6,14	8,39	9,35
BV08	0,1339	0,45	0,2778	124,98	170,96	190.42	2,09	2,86	3,19
BV09	0,932	0,45	0,2778	32,22	44,07	49.09	3,75	5,13	5,72
BV10	3,383	0,45	0,2778	24,89	34,05	37.93	10,53	14,40	16,04
BV11	1,124	0,45	0,2778	36,58	50,04	55.74	5,14	7,03	7,83
BV12	1,702	0,45	0,2778	35,87	49,07	54.66	7,63	10,44	11,63
BV13	1,594	0,45	0,2778	36,43	49,83	55.51	7,26	9,93	11,06
BV14	1,467	0,45	0,2778	39,25	53,68	59.79	7,197	9,84	10,96
BV15	2,953	0,45	0,2778	24,58	33,63	37.46	9,07	12,41	13,83
BV16	6,134	0,45	0,2778	15,24	20,85	23.22	11,69	15,99	17,80
BV17	0,565	0,45	0,2778	30,18	41,28	59.98	2,131	2 ,92	3,25

VIII.2.3 Période de récurrence de la crue de projet

Pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques de franchissement du tracé de la route, il est évident de définir la crue de projet, Le choix de la période de récurrence de cette crue est fait en considération de l'équilibre du coût d'investissement et le risque des dommages encourus

quand les ouvrages sont soit surdimensionnés ou sous dimensionnés. A cet égard, on se propose de retenir les périodes de récurrence :

- ✓ 100 ans pour la conception des ponts.
- ✓ 50 ans pour la conception des dalots et buses.
- ✓ 10 ans pour les fossés des TPC, des bords, des crêtes et des pieds.

VIII.2.4 Débit de saturation

Le débit de saturation est donné par la formule de Manning- Strickler :

$$Q_s = S_m.K_{ST}.R_H^{2/3}.J^{1/2}$$

- S : section mouillée.
- KST : coefficient de STRICKLER

- ✓ KST = 70 pour les dalots.
- ✓ KST = 80 pour les buses.

- RH: rayon hydraulique (m). RH= S / P
- J : la pente moyenne de l'ouvrage.

VIII.3 DIMENSIONNEMENT DES OUVERTURES

Le choix du dimensionnement des ouvertures est vérifié sur la base des calculs hydrauliques, nous proposons deux variantes d'ouvrages :

• Dalots.

• Des ouvertures circulaires (buses).

VIII.3.1 Règles à respecter

- L'ouvrage doit prévoir évacuer le débit la crue correspondante.
- La vitesse de l'écoulement ne doit pas excéder $4m/s$ pour les ouvrages en béton et
- $2.5\ m/s$ pour les buses métalliques.
- Dimensionner les réseaux longitudinaux pour au moins pour la pluie d'occurrence décennal (T=10 ans).
- Les eaux de déblais doivent, dès que possible, être rejetées hors plateforme.
- La pente des ouvrages doit être limitée (Pente minimale I = 0,3 %) pour éviter des vitesses trop élevées.
- La vitesse maximum acceptée sera de 6,0 m/s.
- Le degré de remplissage maximum des tuyaux et dalots est égal à 80 % pour la période de retour considérée.
- Vérification les conditions d'auto curage :
  - ✓ 1erecondition : pour Qa/Qps= Rq…. il faut $V_{écoulement}$>1m/s
  - ✓ 2ème condition : pour Rq×0.1…. il faut $V_{écoulement}$>0.6 m/s
  - ✓ 3èmecondition : pour Rq×0.01…. il faut $V_{écoulement}$>0.3 m/s

VIII.3.2 Dimensionnement des dalots

Les calculs hydrauliques des ouvertures rectangulaires doivent être vérifiés pour un taux de remplissage hr = 0.8h, on fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long.

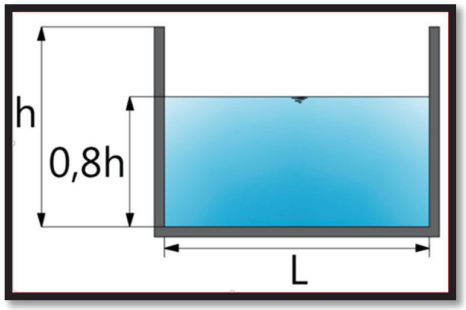


Figure VIII.2 : Dimensions des dalots

$$\mathbf{Qs = S_m . K . Rh^{2/3} . J^{1/2}}$$

Avec :

Pm : Paramètre mouillé = L + 2(0,8 h) ;

Sm : Surface mouillée = L × (0,8 h) ;

Rh : Rayon mouillé = Sm / Pm.

$$R_h = {S_m}/{P_m} = \frac{L \times (0.8h)}{L + 2 \times 0.8h}$$

$$Q_a = Q_s \quad \Rightarrow \quad Q_a = S_m \cdot K_{ST} \cdot R_H^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

$$Q_a = L \times (0.8h) \cdot K_{ST} \cdot \left(\frac{L \times (0.8h)}{L + 2 \times 0.8h}\right)^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

$$\mathbf{L = \left(\frac{Q_a}{K_{ST} \cdot J^{1/2}}\right)^{3/5} \cdot \left(\frac{L + 2 \times 0.8h}{(0.8h)^{5/2}}\right)^{2/5} .}$$

Tableau VIII.4 : Calcul des dimensions des ouvrages dalots

N : BV	Qa (m^3/s) (50ans)	L(m)	H(m)	Sm (m^2)	Pm(m)	Rh(m)	Qs (m^3/s)	N : de section
BV03	11,23	2	2	3,2	5,2	0,62	16,21	1
BV05	6,88	1.5	1.5	1,8	3,9	0,46	7,53	1
BV06	5,72	1.5	1.5	1,8	3,9	0,46	7,53	1

BV07	8,39	2	1.5	2,4	4,4	0,55	11,22	1
BV09	5,13	1.5	1.5	1,8	3,9	0,46	7,53	1
BV10	14,40	2	2	3,2	5,2	0,62	16,21	1
BV11	7,03	2	1.5	2,4	4,4	0,55	11,22	1
BV12	10,44	2	1.5	2,4	4,4	0,55	11,22	1
BV13	9,93	2	1.5	2,4	4,4	0,55	11,22	1
BV14	9,84	2	1.5	2,4	4,4	0,55	11,22	1
BV15	12,41	2	2	3,2	5,2	0,62	16,21	1
BV16	15,99	2	2	3,2	5,2	0,62	16,21	1

- **Exemple :**

Pour (BV05): (Q_a= 6.88 m^3/s, I= 1 %, Ks=70, h=1.5m)

Donc par itération on trouve L= 1.42m et on prend L=1.5m

✓ Vérification les conditions d'auto curage :

$S_m = L \times H = 1.5 \times 1.5 = 2.25\ m^2$.

$P_m = 2 \times (L+H) = 6$ m

$R_h = S_m / P_m = 0.375$ m

$Q_{ps} = 70 \times 2.25 \times 0.375^{2/3} \times 0.01^{1/2} = 8.19\ m^3/s \rightarrow V_{ps} = Q_{ps}/S_m = 3.64\ m/s$

$R_q = Q_a/Q_{ps} = 0.72$; $R_v = V \times V_{ps} = 1.088 \rightarrow V = R_v \times V_{ps} = 3.96\ m/s$

Tableau VIII.5 : Vérification les conditions d'auto curage.

Cond 01(Rq) V> 1m/s		**Cond 02(Rq/10) V> 0.6m/s**				**Cond 03(Rq/100) V> 0.3m/s**			
V	**Vérification**	**Rq/10**	**Rv_1**	**V_1**	**Vérification**	**Rq/100**	**Rv_2**	**V_2**	**Vérification**
3.960	Oui	0.072	0.579	2.292	Oui	0.0072	0.290	1.056	Oui

✓ $Q_{ps} = 8.19\ m^3/s \rightarrow R_q = Q_a / Q_{ps} = 0.72 \rightarrow R_h = 0.751 < 0.8 \rightarrow$ le dalot est bien dimensionné

VIII.3.3 Dimensionnement des buses

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport et le débit de saturation de cette buse, c'est-à-dire il faut que Qa soit inférieur à Qs Donc le principe consiste à chercher le rayon de la buse qui vérifier cette condition

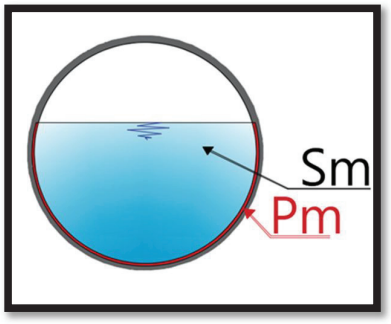


Figure VIII.3 : Dimensions des buses

$$Q_s = S_m.K_{ST}.R_H^{2/3}.J^{1/2}$$

$$Qa = K.C.It.A$$

- Sm: section mouillée $S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$
- Rh : rayon hydraulique $R_h = \frac{R}{2}$
- Kst = 80 pour les buses en béton

- J: la pente de pose égale la pente de profil en travers.

$$Q_s = 80 \cdot (R/2)^{2/3} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot R^2 \cdot (J)^{1/2}$$

$$Q_s = Q_a \quad \Rightarrow \quad R^{8/3} = \frac{2^{5/3} \times Q_a}{80 \times \pi \times \sqrt{J}}$$

- Une fois le rayon R est déterminé on prend le diamètre de la buse **ø**= 2R.
- Une fois le diamètre est calculé. On adoptera un diamètre normalisé commercial talque : Ø500.Ø800.Ø1000, Ø1200, Ø1500…etc.

Tableau VIII.6 : Calcul des sections des ouvrages busés pour les sous bassins

	Q(m/s)	R(m)	D(m)	Diamètre normaliser Ø
BV 01	3,52	776	1552	2Ø1000
BV 02	2,59	658	1315	1Ø1500
BV 04	2,44	643	1286	1Ø1500
BV 08	2,86	718	1436	1Ø1500
BV 17	2 ,92	723	1446	1Ø1500

- **Exemple :**

Pour (BV08) : (Q_a= 2,86 m^3/s , I= 1 %, Ks=70)

Donc : $R = \left(\frac{2.86 \times 2^{\frac{5}{3}}}{\pi \times 70 \times \sqrt{0.01}}\right)^{\frac{3}{8}} = 0.718$ m R=718 mm

D= R×2=718×2, D=1436mm, donc on prend 1Ø1500

✓ Vérification les conditions d'auto curage :

$S_m = \pi Ø^2/4 = \pi 1.5^2/4 = 1.77\ m^2$.

$R_h = 0.75$ m

$Q_{ps} = 80 \times 1.77 \times 0.75^{2/3} \times 0.01^{1/2} = 11.75\ m^3/s \rightarrow V_{ps} = Q_{ps}/S_m = 6.64\ m/s$

$R_q = Q_a/Q_{ps} = 0.243$; $R_v = V \times V_{ps} = 0.823 \rightarrow V = R_v \times V_{ps} = 5.46\ m/s$

Tableau VIII.7 : Vérification les conditions d'auto curage.

Cond 01(Rq) V> 1m/s		Cond 02(Rq/10) V> 0.6m/s				Cond 03(Rq/100) V> 0.3m/s			
V	**Vérification**	**Rq/10**	**Rv_1**	**V_1**	**Vérification**	**Rq/100**	**Rv_2**	**V_2**	**Vérification**
5.46	Oui	0.024	0.415	2.27	Oui	0.002	0.189	1.03	Oui

✓ $Q_{ps} = 11.75\ m^3/s \rightarrow R_q = Q_a / Q_{ps} = 0.243 \rightarrow R_h = 0.36 < 0.8 \rightarrow$ le dalot est bien dimensionné
Donc le diamètre de Ø 1500 peut être retenu.

❖ Les résultats de vérification des conditions d'auto curage pour tous les bassins versants sont représentés dans **l'Annexe 2 Tab 4.**

VIII.3.4 Dimensionnement des fossés

VIII.3.4.1 Hypothèses de calcul :

-La période de retour pour le dimensionnement du réseau d'assainissement de la plateforme est égale à 10 ans.

- L'intensité des averses est uniforme dans le temps et dans l'espace. - La durée est égale au temps de concentration du bassin.

- Les bassins versants sont de petites superficies (inferieurs à 5 km²).

- La section transversale des fossés est de forme trapézoïdale (la plus utilisée en Algérie).

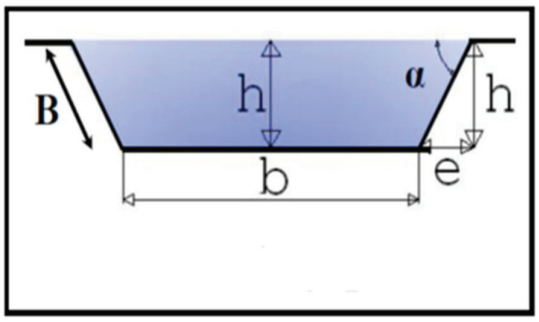


Figure VIII.4 : Dimensions de fossé

VIII.3.4.2 La section mouillée :

$Sm = b \times h + 2(eh/2)$.

Avec :

$1/tg\ \alpha = m$, d'où : $e = m.h$

$Sm = b\ h + mh2 \Rightarrow Sm = h\ (b + m\ h)$.

VIII.3.4.3 Le périmètre mouillé :

$Pm = b + 2.B$

$$B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + (hm)^2} = h\sqrt{1 + m^2}$$

Avec : $P_m = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$

VIII.3.4.4 Le Rayon hydraulique :

$$\mathbf{Rh = \frac{Sm}{Pm} = \frac{h \times (b + mh)}{b + 2h\sqrt{(1 + m^2)}}}$$

On a:

$Qa = n\ Qs$

$Qs = Kst.R^{2/3}.I^{1/2}.Sm$

$Qa = k.C.It.A$

Avec :

I : L'intensité de l'averse exprimé mm/h.

A : Superficie de bassin versant (Km2).

Kst: Coefficient de Manning Strickler (m3/s).

I : Pente longitudinale.

K : Coefficient de concentration.

C : Coefficient de ruissellement.

VIII.3.4.5 Coefficient de ruissellement (C) :

C'est le rapport du volume d'eau qui ruisselle sur une surface au volume d'eau tombe sur elle.

Il dépend de la nature du sol, la forme et la pente du terrain, ainsi la couverture végétale

Tableau VIII.8 : Coefficient de ruissellement

Type de chaussée	Valeur de C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.8 à 0.95	0.95
Accotement	0.10 à 0.40	0.40
Talus	0.1 à 0.30	0.30
Terrain naturel	0.00 à 0.20	0.20

VIII.3.4.6 Estimation des débits d'apport (Qa) :

$$Qa=Qc + QA + Qt$$

Avec :

$Qc = k\times Cc \times It \times Ac$

$QA=k \times C_a \times It \times Aa$

$Qt = k \times Ct \times It \times At$

- Qc : débit rapporté par la chaussée.
- QA : débit rapporté par l'accotement.
- Qt : débit rapporté par le talus.

VIII.3.4.6.1 Calcul de la surface :

Le dimensionnement de fossé se fait en tenant compte le talus de PK 9+020 au PK 9+800 avec une hauteur maximale de 7m et une pente de 3H/2V.

La surface de la plateforme (revêtement enrobé plus accotement) se calcule comme suit :

$$A_p = L_p \text{ x } l_p.$$

La surface du talus se calcule comme suit :

$$A_t = L_t\, H_t / \sin\beta.$$

Avec :

$\beta=30°$ et $Ht = 7m$

Tableau VIII.9 : Calcul des surfaces de la plateforme et de talus

S.B.V.	Largeur (m)	Longueur (m)	Surface (m^2)
Chaussée revêtement en enrobés	3.5×2+1+2.5	780	8190
Accotement (Berme)	1	780	780
Talus	/	780	10920
A_{total}	/	/	19890

L'intensité de l'averse It :

$$I(10) = a(10)(Tc)^{-b}$$

Avec : a (10) = 21.2 et b= 0.81

Tc : la durée de chute de pluie en minute varie de 10 à 60 minutes.

Si nous prends **tc**=20 minutes = 0.33 h

$$I_t = 21.2 \times 0.33^{-0.81}$$
$$I_t = 52.04\ mm/h$$

Tableau VIII.10 : Calcul de débit d'apport

S.B.V	K	C	It (mm/h)	A (m^2)	Qa (m^3/s)
Chaussée revêtement en enrobés	0.2778	0.95	52.04	0.008190	0,112480448
Accotement	0.2778	0.40	52.04	0.00078	0,004510494
Talus	0.2778	0.30	52.04	0.010920	0,047360189
Qa_{total}					0,16435113

Donc : Qa = 0,16435113

Qa max = Qs = $K.S_m.\ I^{1/2}.\ R_h^{2/3}$

Avec :

- K=70 b =0.50 (m)
- n = 1% (pente du talus).
- I=5% (Pente longitudinal de la fosse).

Après les calculs itératifs, on aura :

Le Rayon hydraulique : $Rh = \frac{Sm}{Pm} = \frac{h\times(b+mh)}{b+2h\sqrt{(1+m^2)}}$

On a:

$Q_s = Q_a = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}}\sqrt{I} \times S$

$Q_a = \frac{1}{n} \times I^{\frac{1}{2}} \times [\frac{(H \times (b + m\,h)}{(b + 2h\sqrt{1+m^2})}]^{2/3} \times h\,(b + m\,h)$

On pose : b =0.5 m et Pour un angle de 45°=> m = 1.

Pour la pente hydraulique du fossé « I », on a : I=1.00 %

Donc on obtient la formule suivante :

$$H = \left[\frac{0.16435113}{70 \times 0.5 \times \sqrt{0.05}}\right]^{\frac{3}{5}} \times \left[\frac{1 + 2\sqrt{2} \times \frac{h}{0.5}}{1 + \frac{h}{0.5}}\right]^{\frac{2}{5}}$$

D'après le calcul itératif on a trouvé la hauteur H= 0.11 m.

Pour assurer la sécurité et faciliter l'entretien : On prend un fossé (b=50 cm, H=50 cm).

VIII.4 OUVRAGE DE RETABLISSEMENT DES ECOULEMENT D'EAUX

La limitation des bassins versants est insuffisante pour dimensionner tous les ouvrages hydrauliques. D'où, la topographie nous impose l'implantation des ouvrages hydraulique de type buse qui sont dites les ouvrages de rétablissement représentés dans le tableau suivant

Tableau VIII.11 : Ouvrages de rétablissement

	PK	Type d'ouvrage	Diamètre normalisé Ø
OR 01	0+636	Buse	1Ø1000
OR 02	1+176	Buse	1Ø1000
OR 03	5+306	Buse	1Ø1000
OR 04	8+503	Buse	1Ø1000
OR 05	9+075	Buse	1Ø1000
OR 06	9+820	Buse	1Ø1000
OR 07	10+336	Buse	1Ø1000
OR 08	10+463	Buse	1Ø1000
OR 09	10+820	Buse	1Ø1000
OR 10	11+449	Buse	1Ø1000

VIII.5 CONCLUSION

D'après l'étude hydrologique et hydraulique précédente, on déduit que le tracé étudié comporte un volet des travaux très important en termes des ouvrages de drainage longitudinale et transversale.

Un tableau récapitulatif comprend tous les ouvrages hydrauliques réalisés au niveau de notre tracé et leurs dimensions sont représentés dans **l'Annexe 2 Tab 8.**

IX.1 INTRODUCTION

L'échangeur est un ouvrage à croisement étagé « niveaux différents » ou un carrefour dénivelé entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent.

En terme plus technique, c'est un dispositif de raccordement entre plusieurs voies de circulation sans croisement à niveau sur l'autoroute permettant d'y accéder ou d'en sortir.

Les croisements à niveau sont éliminés complètement aux conflits de virage ils sont supprimés ou minimisés selon le type d'échangeur à préconiser, on les par :

- **Nœud** : quand il raccorde une voie rapide à une autre voie rapide.
- **Diffuseur** : quand il raccorde une voie rapide au réseau de voies urbain classique.
- **Mixte** : quand il assure en plans des échanges avec voirie locale.

IX.2 ROLE DE L'ECHANGEUR

L'échangeur a pour rôle :

- ✓ D'assurer la continuité du réseau autoroutier.
- ✓ De desservir plusieurs directions.
- ✓ Distribuer les flux dans les différentes directions, selon l'ordre d'importance.
- ✓ De faciliter aux usagers un déplacement dans de bonnes conditions de confort et de sécurité.
- ✓ D'éviter les contraintes d'arrêt et de reprise.
- ✓ De diminuer le problème d'accident en évitant les points de conflit.

IX.3 REGLES DE CONCEPTION

La conception est l'étape la plus importante d'un projet puisqu'elle tient compte du prix de revient comparativement aux avantages distribués à moyen et long terme, et pour diminuer son prix de revient, tout en évitant :

- ✓ Passage sur terrain agricole.
- ✓ Passage au voisinage des habitations et des maisons publiques.
- ✓ Passages sur les oueds ou leur voisinage pour ne pas avoir d'ouvrage d'art à construire et de murs de soutènement.
- ✓ Les longs alignements droits.
- ✓ Les terrassements importants.
- ✓ Les sections à forte déclivité.
- ✓ Les sites en courbures à faibles rayons.

IX.4 TYPE DES ECHANGEURS

Les échangeurs seront conçus dans un cadre largement opérationnel et sur la base des coûts relatifs afin de déterminer les configurations les plus appropriées.

Les types les plus connus sont :

- ✓ **Echangeur majeur :** raccordement Autoroute- Autoroute (Trèfle complet).
- ✓ **Echangeur mineur :** raccordement Autoroute-Route (Losange, Demi-trèfle, trompette, bifurcation).

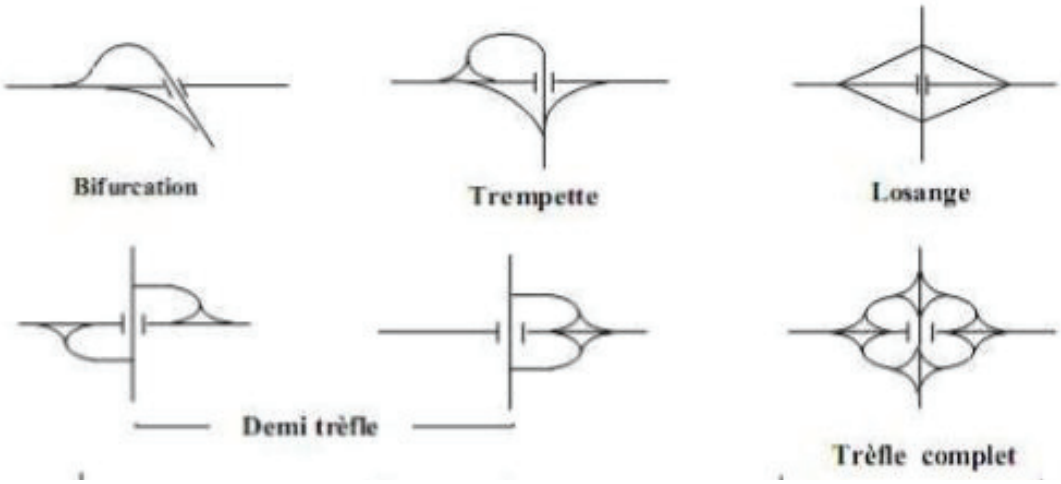


Figure IX.1 : Différents types des échangeurs

IX.4.1 Losange :

Cette configuration à quatre (04) branches correspondant au schéma d'aménagement le plus simple (bretelles directes) et assure une distribution symétrique de trafic d'échanges, en plus les distances de parcours pour l'ensemble du schéma sont minimales.

IX.4.2 Demi – trèfle :

La configuration en demi – trèfle à quatre (04) branches se présente comme le cas du type losange mais avec une différence majeure, qui est une distribution des trafics d'échange nettement dissymétrique.

IX.4.3 Trompette :

Le diffuseur du type trompette représente à l'heure actuelle la typologie la plus répandue sur les autoroutes.

C'est le type d'échangeur qui assure les échanges entre la voie principale et la voie transversale.

IX.4.4 Trèfle complet :

Cette configuration a un seul avantage par rapport au demi – trèfle et losange. C'est qu'elle assure un mouvement libre dans toutes les directions.

IX.5 CONSTITUONS DES ECHANGEURS

Tout échangeur quel que soit son importance sa classe ou sa forme, est constitué d'un assemblage de trois éléments qui sont :

- ✓ Ouvrage d'Art en Pont (passage supérieur ou inférieur).
- ✓ Carrefour (s) plan(s).
- ✓ Bretelles (rampes d'entrée, et des rampes de sortie).

IX.5.1 Pont :

Pour assurer un passage supérieur ou inférieur ; on peut déterminer le nombre des ouvrages (ponts) en fonctions des paramètres suivants :

- ✓ Le type d'échangeur à implanter.
- ✓ Les contraintes du site d'implantation.
- ✓ Les conditions de coordinations profil en long et tracé en plan.
- ✓ Les conditions de réglementations et de conception.

IX.5.2 Carrefour plan :

On trouve les carrefours plans seulement entre raccordement routiers ordinaires, leur aménagement doit tenir compte des facteurs de sécurité et de confort.

IX.5.3 Brettelle :

Ce sont des voies qui se détachent et se raccordent entre les deux directions qui se croisent.

Chaque brettelles se termine à une de ces extrémités par une voie de décélération et l'autre par une voie d'accélération.

IX.5.3.1 Type de bretelles :

Il y a trois types de brettelles, leurs combinaisons nous donnent plusieurs types d'échangeurs et leurs utilisations et en fonction du débit qu'elles vont l'écouler.

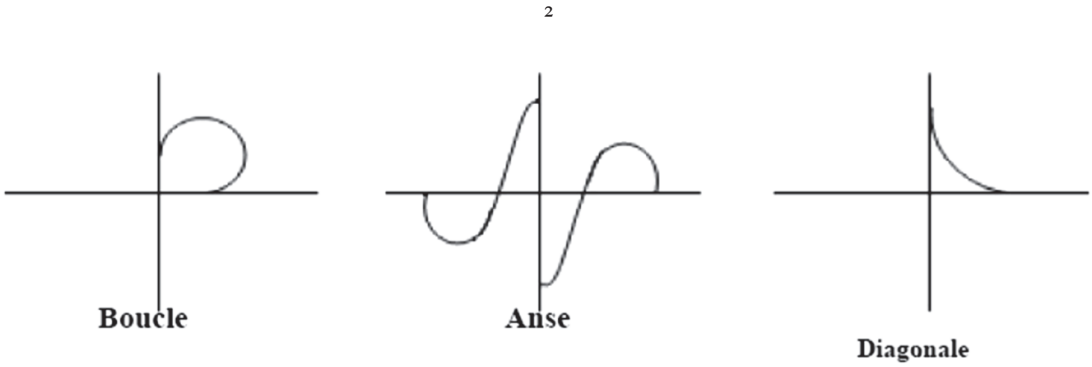


Figure IX.2 : Différents types des bretelles

IX.6 CHOIX DU TYPE L'ECHANGEUR

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés (Avantages, Inconvénients) et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la configuration la plus adoptée au cas qui se présente.

Donc le choix du type de l'échangeur devient automatique après la détermination de certains paramètres bien spécifiques au trafic, au site d'implantation et aux objectifs à atteindre.

Et pour ce but on suit les étapes suivantes :

1ère Etape : Détermination du tracé à partir de :

- ✓ Type de route et nombre de branches à raccorder.
- ✓ Présentation du site d'implantation.
- ✓ Distribution du trafic avec les différents sens de parcours.
- ✓ Vitesse d'approche pratique qui détermine les caractéristiques sur la bretelle.

2éme Etape : Configuration du tracé à adopter :

L'échangeur à préconiser doit aussi assurer un haut niveau de sécurité et de service, et ceci est garant en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume en :

- ✓ Un tracé respectant les valeurs limitées de conception (valeur de rayon, d'alignements)
- ✓ Des longueurs des voies réglementaires (Insertion & décélération).

3éme Etape : Analyse :

C'est cette dernière étape qui valide le choix sous la base que le futur échangeur doit assurer les meilleures conditions de visibilités, de confort et de sécurité.

IX.7 APPLICATION AU PROJET

IX.7.1 Détermination du tracé

- **Terrain :**
  - ✓ Terrain plat.
  - ✓ Le terrain qui devra recevoir le futur échangeur est en grande partie une assiette agricole.
- **Types de routes à raccorder :**

L'échangeur à concevoir doit assurer un raccordement entre l'entrée Est de la ville d'Aflou, RN01A, Localité R'milia et la RN23

D'où notre échangeur pourra être, soit de type : **bifurcation ou trompette.**

- **Vitesse sur les bretelles :**

La vitesse de référence des véhicules d'une section d'une route est la vitesse qui permet de définir les caractéristiques minimales d'aménagement de ses points particuliers.

Une vitesse de conception élevée dans les bretelles augmente la fluidité de la circulation dans l'échangeur mais augmente aussi les coûts de construction et nécessite une superficie supérieure pour implanter l'échangeur (rayons plus longs).

Le respect des conditions liées à cette vitesse minimale, permet de garantir l'homogénéité des caractéristiques d'une section de route, et par la même la sécurité et le confort de la conduite.:

La vitesse sur la RN 23 est **120Km/h.**

D'après l'ICTAAL 2015 :

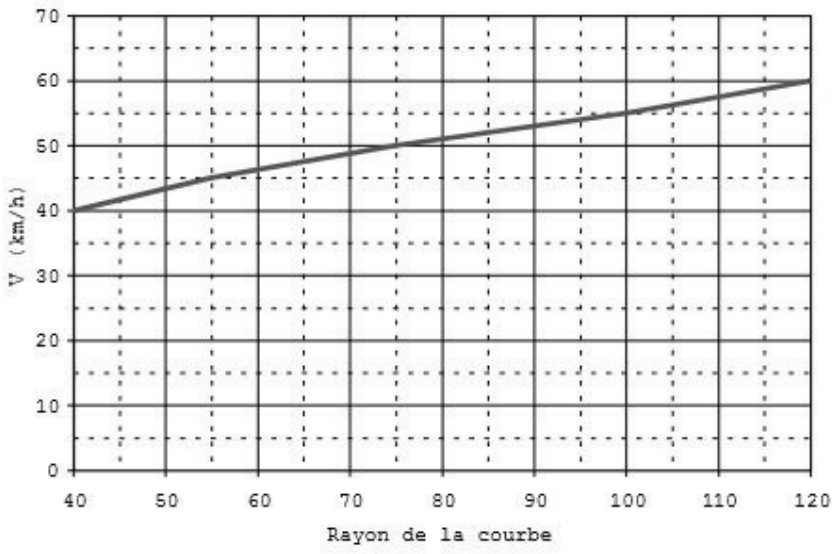


Figure IX.3 : Abaque Vitesse/Rayon de la courbe

La vitesse sur l'échangeur est de **40 à 60 km/h**

On recommande la vitesse sur les bretelles $\mathbf{V_B}$**=40 Km/h.**

- **Distribution du trafic :**

Le croisement est de trois **(3)** branches.

L'échangeur distribue le trafic dans quatre **(4)** directions.

- **Conclusion :**
  - ✓ Terrain plat,
  - ✓ Vitesse = 40 km/h,
  - ✓ Échangeur mineur,

- ✓ Quatre (4) sens.

IX.7.2 Analyse

Notre échangeur est à 3 branches, pour ce type d'échange nous avons le choix entre ces types d'échangeurs :

La trompette.

La bifurcation.

- **Type trompette :**

Tableau IX.1 : Avantages et inconvénients de trompette

Les avantages	Les inconvénients
✓ Un schéma simple. ✓ Il est économique. ✓ Assure un écoulement sans conflit. ✓ Construction moins coûteuse par rapport aux autres schémas. ✓ Économise l'espace agricole. ✓ Permet une visibilité plus élevée. ✓ Il s'adapte au carrefour à trois branches.	✓ Ouvrage de franchissement un peu large. ✓ Cisaillement sur les pistes d'agriculture.

- **Type bifurcation :**

Tableau IX.2 : Avantages et inconvénients de bifurcation

Les avantages	Les inconvénients
✓ Bretelles directes ce qui permet de pratiquer une grande vitesse, ✓ Construction économique, ✓ Il s'adapte au carrefour à trois branches.	✓ Ouvrage de franchissement large et biais, ✓ Occupe un grand espace agricole, ✓ Circulation lente dans les boucles, ✓ Difficulté du changement des voies vers la rocade (raccordement non complète).

IX.7.2.1 Conclusion

En conclusion, et d'après les trois étapes présidentes, nous concluons que l'échangeur le plus avantageux et le plus adapté à notre projet est du type **échangeur trompette**.

IX.7.3 Configuration de tracé à adopter

IX.7.3.1 Tracé

- ✓ Valeur limite sur la bretelle pour une vitesse = **40km/h**.

  R_{max} = 300 m

  R_{min} =40 m

- ✓ Valeur limite sur la boucle

  R_{max} = 60 m

IX.7.3.2 Voie de décélération

Les sorties à 1 voie c'est le cas le plus courant pour les **diffuseurs.**

Le dispositif de sortie comporte successivement :

- ✓ Un biseau long de 60 m.
- ✓ Une section de manœuvre qui est un biseau contigu à l'autoroute, longue de 150 m jusqu'à l'endroit où le musoir de divergence atteint une largeur de 1 m.
- ✓ Une section de décélération, dont la longueur permet de passer de la vitesse conventionnelle (60 km/h, pour un rayon de la bretelle inférieur à 120 m) à la fin de la section de manœuvre, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontrée, avec une décélération en palier de 1,5 m/s^2.

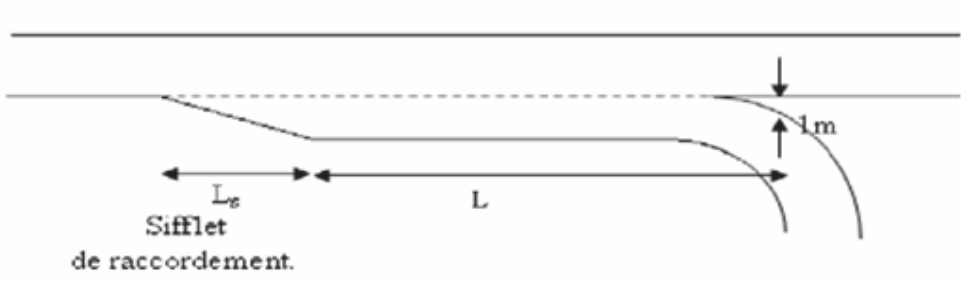


Figure IX.4 : Dispositif de sortie de l'autoroute

IX.7.3.3 Voie d'accélération

Le dispositif d'entrée comprend successivement :

- ✓ Une section d'accélération dont l'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3 et5 %. Sa longueur qui dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle, doit permettre d'atteindre au point "E = 1,00 m", la vitesse conventionnelle de 55 km/h avec une accélération en palier de 1 m/s2.
- ✓ Une section de manœuvre adjacente à la chaussée de l'autoroute, longue de 200 m et large de 3,50 m.
- ✓ Un biseau long de 75 m.

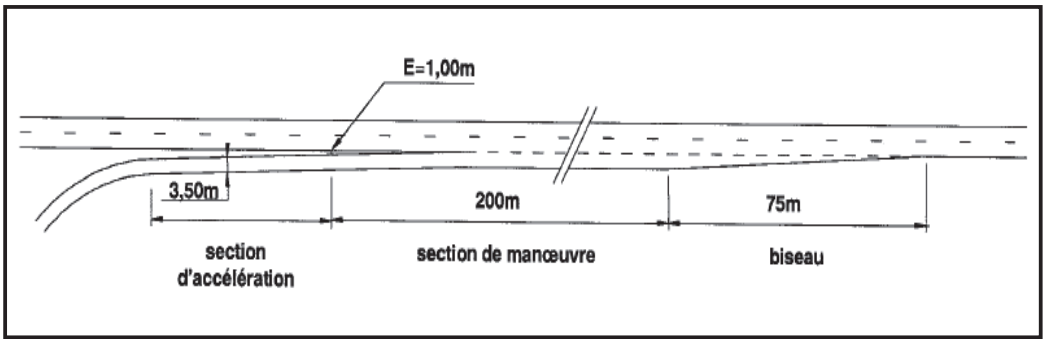


Figure IX.5 : Dispositif d'entrée sur l'autoroute

IX.7.3.4 Pente transversale

Le profil en travers d'une chaussée bidirectionnelle est constitué de deux versants plans raccordés sur l'axe, celui d'une chaussée unidirectionnelle est constitué d'un seul versant. Les bandes dérasées ont la même pente que la chaussée adjacente.

En dehors des courbes déversées, la pente transversale d'un versant est de 2,5 % orientée vers la droite.

Dans les courbes déversées, la pente transversale est orientée vers l'intérieur de la courbe. Sa valeur se calcule linéairement selon 1/R entre 2,5 °/o pour le rayon R_{dn} et 7 % pour le rayon R_m.

Tableau IX.3 : Pentes transversales

	Pente transversale entre R_{dn} et R_m
Branche à deux voies circulaires à 110 km/h	d = (4680/R)-4.7
Branche/bretelle à deux voies ou une voie circulaire à 90 km/h	d = (3074/R)-5.8
Branche/bretelle à une voie circulable à 70 km/h	d = (964/R)-0.7
Bretelle à une voie circulable à 70 km/h ou moins	Pour **125** m < **R** ≤ 300 m, d = (964/R)-0,7 Pour R≤125 m, d = 7 %

Tableau IX.4 : Tableau récapitulatif de configuration de l'échangeur

Bretelles	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**
Rayon (m)	150	150	100	55
Largeur de chaussée (m)	3.5	3.5	3.5	3.5
Nbr de voie	1	1	1	1
Pente transversale %	6	6	7	7

X.1 INTRODUCTION

Le progrès technologique n'est pas une fin en soi quand la qualité de vie du citoyen est menacée, il est certain que les effets des activités humaines sur les principales composantes du milieu naturel conduisent fréquemment à la rupture d'équilibre. La multitude des actions nocives de la société humaine sur les divers écosystèmes a atteint à notre siècle une ampleur inquiétante qui nous dicte une nécessité impérative de repenser l'interaction homme – nature.

Les étapes d'une étude d'impact sur l'environnement d'un projet routier peuvent se résumées en :

- L'analyse de l'état initial.
- La justification de la solution retenue.
- La détermination des impacts.

X.2 CADRE JURIDIQUE

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n° 90-78, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- Une analyse détaillée du projet ;
- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement
- Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long terme du projet sur l'environnement.

X.3 OBJECTIFS

Les préoccupations relatives à l'environnement peuvent être en grande partie regroupées autour de quelques objectifs généraux :

- Rechercher la meilleure intégration de la route dans l'environnement, et favoriser la valorisation mutuelle de la route et de l'environnement.
- Ne pas dégrader l'environnement, ou du moins limiter ou corriger ce qui peut conduire à des dégradations.
- Gérer et entretenir les abords de la route.

X.4 IMPACT SUR L'AGRICULTURE

Il est incontestable que l'agriculture est une activité économique principale et intarissable. De ce fait elle doit se faire octroyer un grand intérêt.

X.4.1 Les impacts :

L'ensemble des impacts sur l'agriculture peut se regrouper en trois éléments qui sont :

- L'effet de substitution de sol à vocation agricole, et la des diminutions des superficies exploitées.
- L'effet de coupure, entraînant la destruction de la parcelle agricole, et difficultés de travail et de circulation par des allongements de parcours (rupture cheminements).

- L'effet de modification du régime agricole.

X.4.2 Les remèdes :

Les mesures visant à remédier à ces préjudices sont classées en deux catégories :

X.4.2.1 Mesures préventives :

Devant intervenir en amont, lors des choix du tracé et la détermination des caractéristiques du projet, sinon on aura recours aux :

X.4.2.2 Mesures curatives :

Comprenant la restriction des exploitations et des mesures techniques allant du rétablissement des réseaux existants à la remise en état des terrains agricoles.

Dans ce cadre, les différentes actions possibles, qu'on peut mener pour les préventions et les remèdes sont :

- Le passage préférentiel en limite d'agglomération et de territoire agricole évitant la coupure de zones agricoles homogènes.
- La pris en compte des superficies d'exploitation.
- Eviter des zones hydro-agricoles sensibles aux modifications.

X.5 IMPACT SUR LA NATURE

X.5.1 La faune et flore

Les projets routiers peuvent générer des impacts importants sur le milieu naturel et il est important de prendre en compte les effets indirects et d'étudier les conséquences du projet sur l'écosystème dans son ensemble.

Le choix du tracé doit tenir compte des problèmes liés à l'environnement biologique. Des précautions peuvent être prises à un stade précoce de la planification du projet pour protéger le milieu naturel et facilité le déplacement de la faune par l'implantation de passages pour faunes ou encore la conception de franchissements revêtus ou non. Ces passages doivent être conçus de façon que leur entretien soit le plus simple possible et que leur gestion soit à la fois naturelle et écologique.

X.5.2 L'air

La pollution résultant du fonctionnement des moteurs à combustion interne, essence ou diesel, est caractérisée par des émissions de polluant gazeux et particulaires auxquelles s'ajoutent celles résultant de l'usure des plaquettes de freins et des pneus, ou encore de l'évaporation d'hydrocarbures aux postes de distribution de carburant.la circulation routière est le principale source de CO et contribue largement à l'accumulation de photo-oxydants dans certaines zones urbaines

X.5.2.1 Les remèdes :

Limiter les rejets de gaz polluants tels que le CO2 (gaz carbonique) grâce à l'amélioration de la carburation et des moteurs.

- Utiliser d'autres modes de transport.

- Rechercher les effets réels sur le climat de la pollution atmosphérique.
- Régler le trafic.
- Contrôler les véhicules et les vitesses.

X.5.3 L'eau

Les routes peuvent contribuer à la modification des écoulements et à la qualité des eaux de surface et souterraines, entraînant parfois un risque accru d'inondation, d'érosion, de dépôts, ou une modification brutale de la dynamique de la nappe phréatique.

Pour prévenir la pollution accidentelle ou chronique des eaux superficielles et souterraines la conception de bassins antipollution ou de merlons anti déversement est un moyen assez efficace de réduire ou de supprimer ce type de nuisances. Aussi le drainage des routes doit être conçu de façon à retenir l'eau dans des micro – bassins pour qu'elle soit utilisable par l'homme et la nature ou pour affaiblir les inondations et évacuer les eaux stagnantes.

X.6 IMPACT SUR LES HABITANTS

Les principaux impacts d'une infrastructure autoroutière sur les habitants sont :

- ✓ La destruction
- ✓ La pollution
- ✓ Le bruit

En outre à ces impacts qui sont difficile, voire impossibles à évaluer, il existe d'autre effets qui leurs sont liés :

- ✓ L'effet de bornage d'une ville par projet.
- ✓ L'effet de barrière entre deux centres urbains
- ✓ L'effet de destruction au sein des agglomérations.

X.6.1 La destruction

Les projets d'aménagement routier nécessitent parfois, la destruction de certaines habitations et le déplacement des populations du lieu de leur vie ou de travail, et leur réinstallation par la suite ailleurs, ce qui peut provoquer un bouleversement sur le plan économique et culturel de la vie des individus affectés.

Les impacts de destruction concernant :

- Les populations situées sur l'emprise du projet, et qui seront obligés de se déplacer.
- Les populations situées au périmètre d'accueil.

Ces impacts sont d'ordre :

- Economique : modification des systèmes de production.
- Socioculturel : désorganisation des communautés, et modification culturelle.
- Naturel : modification dans l'exploitation des ressources naturelles.

X.6.2 Le bruit

X.6.2.1 Les impacts

La construction d'une route au voisinage d'habitation a des conséquences sur la santé humaine suite à la gêne due au bruit pouvant se manifester de plusieurs façons :

- Perte de sommeil.
- La fatigue
- Baisse de l'acuité auditive.

X.6.2.2 Les remèdes

- Eviter les zones de grandes densités d'habitation en agissant en amont sur la configuration du tracé.
- Mettre des protections entre cette source de bruit et les récepteurs.
- La protection entre la source et le récepteur consiste à interposer un obstacle entre les voies de circulation et les habitations situées à proximité.

En générale on peut avoir recours à :

- L'amélioration de la couche de roulement ; en agissant sur les enrobés au dépend des frottements, pour minimiser les bruits de circulation.
- Le maitre d'ouvrage compense les déboisements par de nouvelles plantation réalisées à ses frais, et verse des indemnités compensatrices pour les préjudices subis.

X.7 MESURES PRISES POUR MINIMISER LES IMPACTS

Il est important de définir de manière détaillée et opérationnelle les mesures qui seront

Prises pour prévenir, atténuer ou réparer les conséquences dommageables du projet sur l'environnement.

Les mesures que ces impacts sont susceptibles d'entraîner sont résumées dans **l'Annexe 2 Tab 9.**

X.8 CONCLUSION

Il faut à améliorer les connaissances dans de nombreux domaines pour aboutir à des évaluations et des prévisions plus rigoureuses pour assurer une meilleure économie des aménagements destinés à la protection de l'environnement. Le défi est de limiter le plus possible l'impact sur l'environnement humain tout en préservant les ressources naturelles. Cet engagement permanent doit s'imposer tout le long des trois étapes successives qui marquent la vie de la route :

- Sa conception,
- Sa construction,
- Son exploitation.

XI.1 SIGNALISATION

XI.1.1 INTRODUCTION

Compte tenu de l'importance du développement du trafic et l'augmentation de la vitesse des véhicules, la circulation devra être guidée et disciplinée par des signaux simples susceptibles d'être compris par tous les intéressés.

La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation horizontale.

XI.1.2 L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIÈRE

La signalisation routière a pour objet :

- De rendre plus sure la circulation routière.
- De faciliter cette circulation.
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

XI.1.3 CATÉGORIES DE SIGNALISATION

On distingue :

- La signalisation par panneaux.
- La signalisation par feux.
- La signalisation par marquage des chaussées.
- La signalisation par balisage.
- La signalisation par bornage.

XI.1.4 RÈGLES À RESPECTER 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 (homogénéité).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Eviter la publicité irrégulière.
- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'usager.

XI.1.5 TYPE DE SIGNALISATION

On distingue deux familles de signalisation :

- Signalisation horizontale.
- Signalisation verticale.

XI.1.5.1 Signalisations horizontales

Elles comportent uniquement les marques sur chaussée ; Elle se divise en deux types :

XI.1.5.2 Lignes longitudinales :

Elles sont utilisées pour délimiter les voies de circulation, on trouve :

- **Les lignes continues :**

Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route ou le dépassement est interdit, notamment parce que la visibilité est insuffisante.

- **Les lignes discontinues :**

Sont de type T1, T2 ou T3 (ligne d'avertissement, ligne de rive).

Modulation des lignes discontinues :

Elles sont basées sur une longueur Périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

Tableau XI.1 : Modulation des lignes discontinues

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre trait (m)	Rapport Plein/ vide
T_1	3.00	10.00	~ 1/3
T_2	3.00	3.5	~1
T_3	3.00	1.33	~3

Les lignes mixtes :

Sont des lignes continues doublées par des lignes discontinues du type T1 dans le cas général.

XI.1.5.3 Lignes transversales

Elles sont utilisées pour le marquage, on distingue :

Ligne stop : C'est une ligne continue qui oblige les usagers à marquer un arrêt.

XI.1.5.4 Autres signalisations

XI.1.5.4.1 Les flèches de rabattement

Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.

XI.1.5.4.2 Les flèches de sélection

Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doive suivre la direction indiquée.

- **Largeur des lignes**
- La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route :

- U=7.5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.
- U=6cm sur les routes et voies urbaines.
- U=5cm sur les autres routes.

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un U= 7.5cm

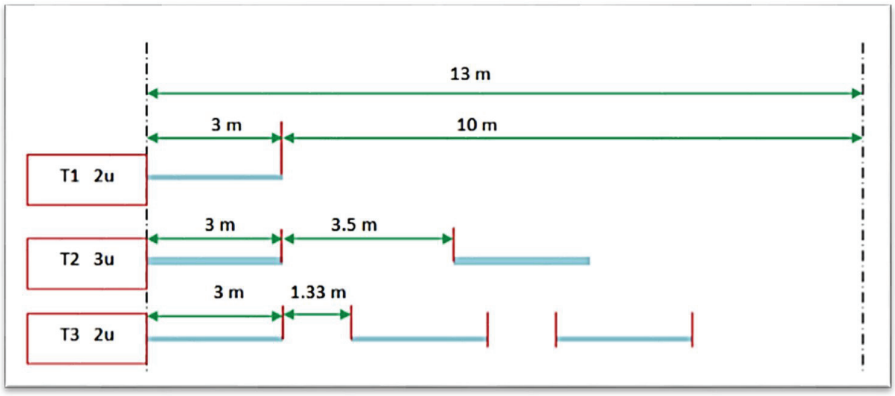


Figure XI.1 : Types de modulation

XI.1.5.5 Signalisations verticales

Elle se fait à l'aide des panneaux qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme.

XI.1.5.5.1 Signalisation avancée

Le signal A24 est placé à une distance de 150m de l'intersection.

Le signale B3 accompagné dans tous les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) est implanté sur la route prioritaire.

XI.1.5.5.2 Signalisation de position

Le signal de type B2 « arrêt obligatoire » est placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt.

XI.1.5.5.3 Signalisation de direction

L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°.

XI.1.6 APPLICATION AU PROJET

Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger type A.
- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité type B.

- Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction type C.
- Panneaux de signalisation type D.
- Panneaux de signalisation type E.

En ce qui concerne l'unité de largeur des lignes de signalisation horizontale elle est de :

- Pour les routes et voies urbaines : U = 6cm.
- Pour les bretelles et les voies d'accès : U = 5cm.

❖ Les figures des panneaux sont représentées dans **l'annexe 3**

XI.2 ECLAIRAGE

XI.2.1 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 de trottoir des véhicules et des obstacles et l'absence de zone d'ombre sont essentiels pour les piétons.

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.

XI.2.2 ECLAIRAGE D'UN POINT SIGNALEUR

Les caractéristiques de l'éclairage d'un point singulier, situé sur un itinéraire non éclairé doivent être les suivantes :

- A longue distance 800 à 1000m du point singulier, tache lumineuse éveillant l'attention de l'automobiliste.
- A distance moyenne 300 à 500m, 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.

XI.2.3 PRAMETRES 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 10m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (l) de la chaussée
- Le 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.

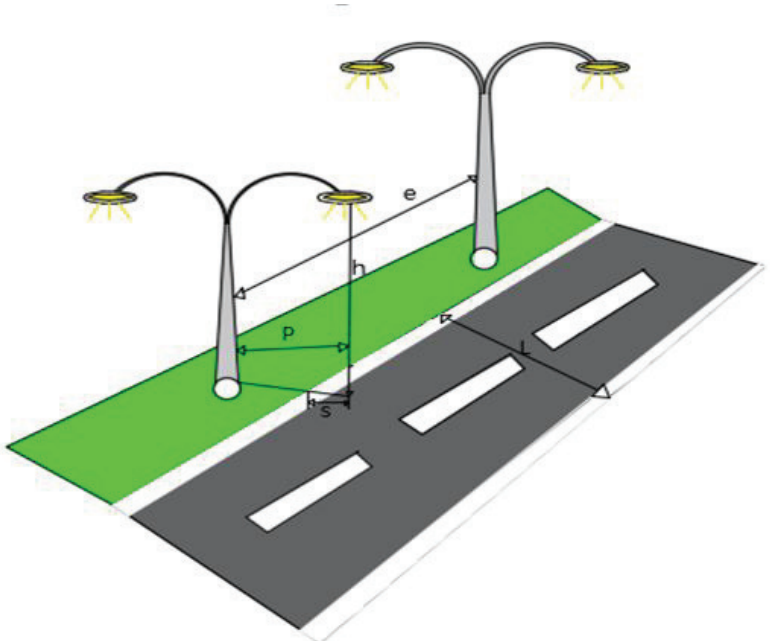


Figure XI.2 : Paramètre d'implantation des luminaires

XI.2.4 APPLICATION AU PROJET

L'éclairage de la route doit permettre à ses usagers de circuler en nuit en toute sécurité, il s'agit de la possibilité de percevoir les points singuliers et les obstacles éventuels.

- **L'éclairage de notre route :**

Des lampadaires d'hauteur de 10 à 12m sont implantés sur le T.P.C le long de la section étudiée avec deux foyers portés par le même support éclairant chacun une chaussée, espacés de 20m.

100	EXPROPRIATIONS				
N °	DESIGNATIONS	UNITE	QTITE	PRIX UNIT	MONTANTS
101	Expropriations des terrains	M^2	314341,82	1 000,00	314 341 820,00
200	INSTLLATION DE CHANTIER				
N °	DESIGNATIONS	UNITE	QTITE	PRIX UNIT	MONTANTS
201	Installation de chantier	F	1	25 000 000,00	25 000 000,00
202	Prestation d'étude d'execution	F	1	12 000 000,00	12 000 000,00
300	PREPARATION DU TERRAIN				
N °	DESIGNATIONS	UNITE	QTITE	PRIX UNIT	MONTANTS
303	Débroussaillage et abattage d'arbres ep<20cm	M^2	90	200,00	18 000,00
306	Protection conduite de gaz HP	ML	243	12 000,00	2 916 000,00
400	TERRASSEMENT				
N °	DESIGNATIONS	UNITE	QTITE	PRIX UNIT	MONTANTS
401	Décapage de la terre végétale (ep=20cm) , y compris élimination des racines, réglage et compactage du fond de forme et toutes sujétions de bonne exécution	M^2	146667	100,00	14 666 700,00
402	Déblais en terrain meuble mise en dépôt, y compris toutes sujétions de bonne exécution	M^3	219446	600,00	131 667 600,00
404	Déblais en terrain rocheux, y compris toutes sujétion de bonne exécution	M^3	16566	8 000,00	132 528 000,00
405	Déblai mis en remblai, y compris toutes sujétions de bonne exécution	M^3	94048	750,00	70 536 000,00
406	Remblai d'emprunt en matériaux sélectionnés, y compris étalage, humidification, malaxage, compactage à 96% de l'OPM, fourniture et transport des matériaux et d'eau, la plus-value de transport d'eau quel que soit la distance	M^3	105871	900,00	95 283 900,00
500	CONSTRUCTION DU CORPS DE CHAUSSEE				
N °	DESIGNATIONS	UNITE	QTITE	PRIX UNIT	MONTANTS
501	F.T.M.O du TUF pour couche de forme,ep=(40m) plus rechargement des accotements ; avec toutes sujétions de bonne exécution	M^3	145371	1 100,00	159 907 759,00
502	F.T.M.O d'une couche de fondation en GNT (0/31.5), e = 35 cm, y compris étalage, humidification, malaxage, compactage à 98% de l'OPM, la plus-value de transport des agrégats et d'eau quelle que soit la distance et toutes sujétions de bonne exécution	M^3	92677	2 100,00	194 621 007,00
503	F.T.M.O d'une couche de base en grave bitume (0/20), e=12cm, y compris toutes sujétions de bonne exécution, selon CPS	T	66727	5 500,00	366 999 591,42

504	F.T.M.O d'une couche d'imprégnation cut back 0/1 dose à 1,2 kg/m2, y compris balayage et dépoussiérage du support et toutes sujétions de bonne exécution	M3	253891	100,00	25 389 147,00
505	F.T.M.O Couche d'accrochage en émulsion 65% dose à 0,3 kg/m2, y compris toutes sujétions de bonne exécution	M3	253891	80,00	20 311 280,00
506	F.T.M.O d'une couche de roulement en béton bitumineux (0/14), e = 6cm, y compris toutes sujétions de bonne exécution, selon CPS	T	37335	6 500,00	242 680 465,76
600	ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE				
N °	DESIGNATIONS	UNITE	QTITE	PRIX UNIT	MONTANTS
603	F.T.M.O des buses Ø1000 y compris : Ouverture du tranché de toutes natures, remblai compacté en matériau sélectionné ; avec toutes sujétions de bonne exécution.	ML	26	20 000,00	520 000,00
604	F.T.M.O des buses Ø1500 y compris : Ouverture du tranché de toutes natures, remblai compacté en matériau sélectionné ; avec toutes sujétions de bonne exécution.	ML	106	35 000,00	3 710 000,00
605	F.T.M.O des dalot (2*2m) y compris : Ouverture du tranché de toutes natures, remblai compacté en matériau sélectionné ; avec toutes sujétions de bonne exécution.	ML	110	60 000,00	6 600 000,00
606	F.T.M.O des dalot (2*1,5m) y compris : Ouverture du tranché de toutes natures, remblai compacté en matériau sélectionné ; avec toutes sujétions de bonne exécution.	ML	130	55 000,00	7 150 000,00
607	F.T.M.O des dalot (1,5*1,5m) y compris : Ouverture du tranché de toutes natures, remblai compacté en matériau sélectionné ; avec toutes sujétions de bonne exécution.	ML	80	50 000,00	4 000 000,00
608	Réalisation au pied de talus déblai/remblai du fossé trapézoïdale "0,5/0,5/0,5"en béton légèrement armé dosé 350kg/m3, ep=10cm, avec toutes sujétions de bonne exécution	ML	12635	2 000,00	25 270 000,00
609	Réalisation au TPC du fossé triangulaire "0,3/0,3/0,3"en béton légèrement armé dosé 350kg/m3, ep=10cm, avec toutes sujétions de bonne exécution	ML	12609	1 500,00	18 913 500,00
613	F.T.M.O bordures préfabriquées type T2 avec toutes sujétions de bonne exécution	ML	350	1 100,00	385 000,00

700	SIGNALISATION HORIZONTALE ET VERTICALE				
N °	DESIGNATIONS	UNITE	QTITE	PRIX UNIT	MONTANTS
701	Bande axiale continue et discontinue et toute sujétions de bonne exécution.	ML	41250	135,00	5 568 750,00
702	Fourniture et pose des plots de signalisation routière en verre réfléchissant, y compris toute sujétion de bonne exécution	U	1261	2 000,00	2 522 000,00
705	Fourniture et pose des panneaux de présignalisassions y compris toute sujétion de bonne exécution	U	30	30 000,00	900 000,00
706	Fourniture et pose des panneaux de Jalonnement de 1,50*0,80m avec distance, y compris toute sujétion de bonne exécution	U	10	18 000,00	180 000,00
800	GLISSIERE DE SECURITE				
N °	DESIGNATIONS	UNITE	QTITE	PRIX UNIT	MONTANTS
801	Fourniture et pose des séparateurs de TPC en béton armé y compris, fourniture, transport, mis en place, et toutes sujétions de bonne exécution	ML	25218,14	4 500,00	113 481 630,00
900	OUVRAGES DE RETABLISSEMENT				
N °	DESIGNATIONS	UNITE	QTITE	PRIX UNIT	MONTANTS
901	Construction des passages inférieurs du CW y compris : Ouverture du tranché de toutes natures, remblai compacté en matériau sélectionné ; avec toutes sujétions de bonne exécution.	M²	270	200 000,00	54 000 000,00
902	Construction des passages inférieurs des pistes y compris : Ouverture du tranché de toutes natures, remblai compacté en matériau sélectionné ; avec toutes sujétions de bonne exécution.	M²	450	200 000,00	90 000 000,00
1000	IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT				
N °	DESIGNATIONS	UNITE	QTITE	PRIX UNIT	MONTANTS
1001	Protection contre l'environnement	%	1	21 420 681,50	21 420 681,50
MONTANT TOTAL EN HT					2 163 488 831,68
TVA 19 %					411 062 878,02
MONTANT TOTAL EN TTC					2 574 551 709,69

- Le devis a été estimé à une somme de :

Deux milliard cinq cent soixante-quatorze million cinq cent cinquante-un mille sept cent neuf Dinar Algérien

CONCLUSION GENERALE

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter autant que possible toutes les normes récemment publié notamment ICTAAL 2015 et conception des échangeurs autoroutier SETRA 2013, qui concernent la géométrie et le dimensionnement de corps de la chaussée ainsi que le dimensionnement des ouvrages d'assainissement.

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour nous, pour mettre en pratique les connaissances qu'on a appris pendant les années précédentes ,et de tirer profit de l'expérience des professionnels de ce domaine ,en plus cette étude nous a appris l'analyse des problèmes, des contraintes et de proposer des solutions logiques et praticables , et elle nous a aidé a apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet de domaine génie civil.

Le travail réalisé a porté sur la phase Avant-Projet Détaillés, dans laquelle, nous avons fait une analyse de trafic qui est un élément essentiel pour le dimensionnement, et nous avons conçu le tracé géométrique, et on a dimensionné le corps de chaussée en adoptant des structures qui répondent aux différentes exigences, pensant à la sécurité de l'usager et la résistance de la chaussée nous avons effectué des études géotechnique et hydraulique ainsi que la signalisation.

De plus ce projet nous a permet d'approfondir nos connaissance à l'outil informatique en l'occurrence les logiciels : Civil 3D, Auto CAD, Global mapper et même Google erath .

Le domaine du génie civil en général et celui des travaux publics en particulier sont trop larges, ils permettent à chaque étude, à chaque conception de comprendre de nouvelles choses, d'avoir des nouvelles idées, de proposer des nouvelles conceptions et de faire face aux différentes contraintes. Enfin d'améliorer et enrichir les connaissances qui sont déjà acquises.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

[1] Q.D. Tran, Modèle simplifié pour les chaussées fissurées multicouches, Thèse, École nationale des ponts et chaussées, France, 2004.

[2] R. Coquand, Routes, Construction et Entretien, France, 1978.

[3] M. Faroudja, Amélioration des caractéristiques mécaniques d'une couche d'une chaussée souple par des matériaux composites, Thèse, Université de Tizi-Ouzou, Algérie, 2008.

[4] Dang-Truc NGUYEN Prédiction des déformations permanentes des couches de Surfaces des chaussées bitumineuses. Thèse de doctorat 2006 à l'E.N.P.C

[5] LCPC, Directive pour la réalisation des couches de surface de chaussées en béton bitumineux, SETRA, LCPC, France, 1969.

[6] Manuel d'identification des dégradations des chaussées flexibles, Québec, 2002.

[7] T. Larino, Autopsie d'une chaussée, LCPC, Division ESAR, section AGR, Paris, France, 2001.

[8] M. Faroudja, G. Smail, Techniques de traitement des chaussées souples, Premier Symposium Méditerranéen de Géoengineering (SMGE09), Alger, Algérie, 2009.

[9] Documentation sur les Caoutchouc Dans les Revêtement Bitumineux, Richard Longlois, Laboratoire Centrale, Ministère de Transport, Québec.

[10] M. Faroudja, G. Smail, Effets de l'ajout des granulats de caoutchouc dans les mélanges bitumineux, Colloque International de la Caractérisation et la Modélisation des Matériaux et Structures (CMMS 08), Tizi Ouzou, Algérie, 2008, p. 120.

[11] AFNOR, Essais statiques sur mélanges hydrocarbonés, Essai Duriez sur mélanges hydrocarbonés à chaud, France, 2002.

[12] RGPH : recensement générale de population et d'Habitat 2008.

[13] ANIREF : Agence nationale d'intermédiation et de régulation foncière 2011.

[14] ICTAAL : Instruction sur les Conditions techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison [2015].

[15] B40 : normes techniques d'aménagement des routes, 1977 directions des études générales et du règlement technique (MTP).

[16] Manuel de projet de routes ; KALLI.F et GOUMETTRE.A, 2011

[17] LTPS : Laboratoire des Travaux Publics de Sud

[18] LCPC : Laboratoire Central des Ponts Chaussées.

[19] GTR : guide des terrassements routiers 2000.

[20] Catalogue des structures types de chaussées neuves SETRA _ LCPC [1998]

[21] Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP fascicule 1, 2,3).

[22] A.N.R.H : Agence Nationale de la Recherche Hydraulique.

[23] Guide technique de l'assainissement routier SETRA

[24] Conception des échangeurs autoroutiers SETRA 2013

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Site internet :

- www.wikipidia.com
- www.situation de wilaya de Laghouat.com
- www.Michelin.com

Logiciels utilisés :

- Auto CAD 2018
- Civil 3D 2018
- Global mapper
- Covadis
- Alise