République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة

فرنسيس جانسون

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Etude en APD du dédoublement de la RN16 section du PK40+000 au PK 49+100 avec conception d'un échangeur et deux carrefours giratoires

Présenté par :

RAHMOUNI Khayreddine

Encadré par :

Mr KARA Benchohra

Promotion 2020 /2021

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

Remerciements

Tous d'abord, je tiens à remercier DIEU clément et miséricordieux de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à remercier sincèrement mon encadreur Monsieur ***KARA Benchohra*** *et monsieurs* ***BELKADI Anis*** *et* ***BENADDA Abderrahmane*** *ingénieurs aux CTTP et monsieur* ***FANDI Houari*** *ingénieur de l'entreprise SARCHE MECHRI pour ses appréciations compétentes.*

Je tiens également à exprimer mon gratitude envers tous les enseignants de l'école qui ont contribué à ma formation et à l'Elaboration de ce présent travail.

Mes remerciements vont aussi à mes parents qui mon ont aidé et soutenu pendant mes études.

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

RAHMOUNI Khayreddine

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 Rachid** *et* **ma mère Berkahom** *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 chères sœurs : **Ibtihal, chaima, ikram**

A mes meilleurs amis : **Anis, Akrem, Abderrahmane, Mahdi...**

A mes chers amis: **Saad eddine, younes, Aymen, Yacine, Amine, Fatima...**

A mon oncle CHOUDAIRE Fouzi

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.



RAHMOUNI Khayreddine

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. INTRODUCTION 2
I.2. LES ENROBES BITUMINEUX 2
I.2.1. Définition des enrobes bitumineux : 2
I.2.2. Type des enrobes bitumineux : 2
I.3. LES POLYMERES : 4
I.3.1. Définition les polymères : 4
I.3.2. Procède de fabrication des polymères : 4
I.3.3. Les propriétés des polymères : 5
I.3.4. Applications des polymères : 5
I.3.5. Les polymères dans le bitume : 6
I.4. LE LUCOBIT 6
I.4.1. Lucobit 1210A : 6
I.4.2. Caractéristique techniques : 7
I.4.3. L'utilisation du Lucobit : 7
I.4.4. Processus d'ajout du Lucobit sur le bitume : 8
I.4.5. Les avantages du Lucobit : 8
I.5. LES ESSAIS SUR LES ENROBES BITUMINEUX SANS ADDITIF : 8
I.5.1. Essai l'orniérage : 8
I.6. LES ESSAIS SUR LE BITUME MODIFIE : 13
I.6.1. Résultats : 13
I.6.2. Spécification des résultats : 13
I.6.3. Interprétation des résultats : 14
I.7. CONCLUSION 14

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

II.1. INTRODUCTION 15
II.1.1. Présentation de la wilaya : 15
II.1.2. Situation géographique : 15
II.1.3. Superficie et population : 15
II.1.4. Réseau routier : 16
II.2. PRESENTATION DU PROJET 17
II.2.1. Généralité : 17
II.2.2. Zone du projet 17

II.2.3. Cadre de l'étude : 18
II.2.4. Objectifs du projet 19
II.3. RECUEIL DES DONNEES 19
II.3.1. Données géologiques 19
II.3.2. Données climatiques 20
II.3.3. Données environnementales 20
II.3.4. Données du trafic 20
II.4. CARACTERISTIQUES DE LA ROUTE 20
II.4.1. Typologie de la route : 20
II.4.2. Catégorie de la route : 21
II.4.3. Les zones d'agglomérations : 21

CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC

III.1. INTRODUCTION 22
III.2. OBJECTIFS DE L'ETUDE 22
III.3. ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS 22
III.4. DIFFERENT TYPE DE TRAFIC 23
III.5. CALCUL DE CAPACITE 23
III.5.1. Définition de la capacité 23
III.5.2. Projection future du trafic 24
III.5.3. Calcul de trafic effectif 24
III.5.4. Débit de pointe horaire normal 24
III.5.5. Débit horaire admissible 25
III.5.6. Calcul le nombre de voies : 26
III.6. APPLICATION AU PROJET 26
III.6.1. Les données de trafic : 26
III.6.2. Projection future de trafic : 26
III.6.3. Calcul du trafic effectif : 27
III.6.4. Débit de pointe horaire normale : 27
III.6.5. Calcul de capacité théorique : 27
III.6.6. Calcul de débit admissible : 27
III.6.7. Le nombre des voies : 28
III.6.8. Calcul de l'année de saturation : 28
III.7. CONCLUSION 28

SOMMAIRE

CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

IV.1. INTRODUCTION 29
IV.2. TRACE EN PLAN 29
IV.2.1. Introduction : 29
IV.2.2. Règles à respecter dans le tracé en plan : 29
IV.2.3. Les éléments de tracé en plan : 30
IV.2.4. Recommandations de l'ARP : 30
IV.2.5. Recommandations de l'ICTAVRU 32
IV.2.6. Calcul d'axe (voir le listing dans l'annexe) : 33
IV.2.7. Application au projet : 33
IV.2.8. Conclusion : 35
IV.3. PROFIL EN LONG 36
IV.3.1. Introduction 36
IV.3.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long 36
IV.3.3. Les éléments géométriques du profil en long : 36
IV.3.4. Caractéristiques géométriques 37
IV.3.5. *Évacuation des eaux de ruissellement* 37
IV.3.6. Recommandations de l'ARP: 38
IV.3.7. Recommandations de l'ICTAVRU: 38
IV.3.8. Application au projet : 39
IV.4. PROFIL EN TRAVERS 41
IV.4.1. Définition : 41
IV.4.2. Différents types de profil en travers 41
IV.4.3. *Les éléments du profil en travers* : 42
IV.4.4. Zone urbain : 42
IV.4.5. Pentes transversales : 43
IV.4.6. Application au projet : 44

CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

V.1. INTRODUCTION 45
V.2. OBJECTIF DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE 45
V.3. LES MOYENS DE RECONNAISSANCE 45
V.3.1. L'étude des archives et documents existants 45
V.3.2. Les visites sur site et les essais « in-situ » 45
V.3.3. Les essais au laboratoire 46

V.4. APPLICATION AU PROJET 46
V.4.1. Reconnaissance in-situ 46
V.4.2. Essais au laboratoire 46
V.4.2.1. Essais d'identification des puits 47
V.4.2.1.1. Teneur en eau : 47
V.4.2.1.2. Essai granulométrique (NFP 94-056) : 47
V.4.2.1.3. Limites d'Atterberg (NFP 94-051) 47
V.4.2.1.4. Essai au bleu de méthylène : 48
V.4.2.2. Essais mécaniques des puits 49
V.4.2.3. Essais chimiques des sondages 50
V.4.3. Classification du sol support selon le guide GTR (NFP 11.300) 50
V.5. CONCLUSION 53

CHAPITRE VI : DIMENSSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

VI.1. INTRODUCTION 54
VI.2. DEFINITION DE LA CHAUSSEE 54
VI.3. LES DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEE 54
VI.3.1. Les chaussées souples : 54
VI.3.2. Les chaussées semi –rigides : 54
VI.3.3. Les chaussées rigides : 54
VI.4. FACTEURS DE DIMENSIONNEMENT 54
VI.4.1. Trafic : 54
VI.4.2. Le climat et l'environnement : 55
VI.4.3. Le sol support : 55
VI.4.4. Les matériaux : 55
VI.5. APPLICATION DU PROJET 55
VI.5.1. PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT 55
VI.5.2. Méthode de C.B.R 55
VI.5.2.1. L'épaisseur équivalente : 56
VI.5.3. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves 58
VI.5.3.1. Trafic 59
VI.5.3.1.1. Détermination du réseau principal 59
VI.5.3.1.2. Détermination de la classe de trafic (TPLi) 59
VI.5.3.1.3. Détermination de la classe de portance de sol-support : 61
VI.5.3.1.4. La zone climatique : 62

VI.5.3.1.5.La température équivalente : 62
VI.5.3.1.6.Le risque de calcul : 62
VI.5.3.1.7.Détermination le dimensionnement du corps de chaussée 62
VI.6. VERIFICATION DES CONTRAINTES DE DIFFERENTES COUCHES 63
VI.6.1. Calcul de la déformation admissible sur le sol support 64
VI.6.2. Calcul de la déformation admissible et.ad à la base de GB 64
VI.6.3. Vérification de l'Alizé-LCPC 65
VI.7. CONCLUSION 66

CHAPITRE VII : ETUDE HYDRAULIQUE ET ASSINAISSEMENT

VII.1. INTRODUCTION 68
VII.2. OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT 68
VII.3. NATURE DES RESEAUX ASSAINISSEMENT ROUTIER 68
VII.4. ETUDE HYDROLOGIQUE 69
VII.4.1. Situation Climatologie 70
VII.4.1.1. Les précipitations mensuelles : 70
VII.4.1.2. Les pluies torrentielles : 70
VII.4.1.3. La température : 70
VII.4.2. Bassins versants : 71
VII.4.2.1. La délimitation des bassins versants : 71
VII.4.2.2. Caractéristiques des sous bassins versants (BV) : 72
VII.4.3. Calcul hydraulique : 73
VII.4.3.1. Estimation du temps de concentration : 73
VII.4.3.2. Détermination de l'intensité I(t) : 74
VII.4.3.3. Coefficient de ruissellement : 75
VII.4.3.4. Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue): 75
VII.4.3.5. Période de récurrence de la crue de projet : 77
VII.4.3.6. Débit de saturation : 78
VII.5. DIMENSIONNEMENT DES OUVERTURES 78
VII.5.1. Règles à respecter : 78
VII.5.2. Dimensionnement des dalots : 78
VII.5.3. Dimensionnement des buses : 79
VII.5.4. Dimensionnement des fossés : 81
VII.5.4.1. Hypothèses de calcul : 81
VII.5.4.2. La section mouillée : 81

VII.5.4.3. Le périmètre mouillé : 81
VII.5.4.4. Le Rayon hydraulique : 82
VII.5.4.5. Coefficient de ruissellement (C): 82
VII.5.4.6. Estimation des débits d'apport (Qa) : 82
VII.5.4.6.1. Calcul de la surface 83
D'après le calcul itératif on a trouvé la hauteur H= 0.17 m. 84
VII.6. L'État d'assainissement existe : 84
VII.7. CONCLUSION 84

CHAPITRE VIII : CONCEPTION DES CARREFOURS

VIII.1. INTRODUCTION 85
VIII.2. CHOIX DE TYPE DE L'AMENAGEMENT 85
VIII.3. LES PRINCIPAUX TYPES DE CARREFOUR 85
VIII.3.1. Carrefour à trois branches (en T) : 85
VIII.3.2. Carrefour à trois branches (en Y) : 85
VIII.3.3. Carrefour à quatre branches (en croix) : 86
VIII.3.4. Carrefours urbains 86
VIII.3.4.1. Le choix du type de carrefour 86
VIII.3.4.2. Principes géométriques 87
VIII.3.4.3. Application au projet 88
VIII.3.5. Carrefour giratoire : 88
VIII.3.5.1. Principes d'aménagement : 89
VIII.3.5.2. Caractéristiques géométriques des carrefours giratoires : 89
VIII.3.5.3. Les avantages et les inconvénients du carrefour giratoire : 91
VIII.3.5.4. Application au projet : 91
VIII.4. CONCLUSION 91

CHAPITRE IX : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

IX.1. INTRODUCTION 92
IX.2. AVANTAGES DE L'ECHANGEUR : 92
IX.3. INCONVENIENTS DE L'ECHANGEUR : 92
IX.4. REGLES DE CONCEPTION 92
IX.5. TYPE DES ECHANGEURS 93
IX.5.1. Losange : 93

SOMMAIRE

CHAPITRE XI : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

XI.1. INTRODUCTION 102
XI.2. L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIÈRE 102
XI.3. CRITERES A RESPECTER POUR LES SIGNALISATIONS 102
XI.4. CATÉGORIES DE SIGNALISATION 102
XI.5. TYPE DE SIGNALISATION 102
XI.5.1. Signalisations horizontales : 102
XI.5.1.1. Lignes longitudinales : 103
XI.5.1.2. Lignes transversales 103
XI.5.1.3. Autres signalisations 103
XI.5.1.4. Largeur des lignes : 104
XI.5.2. Signalisations verticales 104
XI.5.3. La signalisation par feux : 105
XI.6. SIGNALISATION DES CARREFOURS GIRATOIRE 105
XI.6.1. Signalisation de priorité : 105
XI.6.2. Signalisation de prescription : 105
XI.6.3. Signalisation de direction : 105
XI.7. APPLICATION AU PROJET 105
XI.8. ECLAIRAGE 106
XI.8.1. Introduction : 106
XI.8.2. Classe d'éclairage : 106
XI.8.3. Eclairage d'un point signaleur : 106
XI.8.4. Paramètres de l'implantation des luminaires : 106
XI.8.5. APPLICATION AU PROJET 107
XI.9. CONCLUSION : 107

CHAPITRE XII : DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF

CONCLUSION GENERALE 111

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.

ANNEXES

LISTING

PLANS.

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I: RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Tableau I. 1:Application des polymères 5
Tableau I. 2:caractéristique techniques du Lucobit 7
Tableau I. 3:les dimensions du l'éprouvette de la machine orniérage. 9
Tableau I. 4:spécification de l'essai l'orniérage. 13
Tableau I. 5:les dimensions du l'éprouvette de la machine orniérage avec l'additif 13
Tableau I. 6:spécification de l'essai l'orniérage avec l'additif 13

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

Tableau II. 1:Caractéristiques de la norme 21

CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC

Tableau III. 1:Coefficient d'équivalence du poids lourds (normes B40) [16]. 24
Tableau III. 2:Valeurs de coefficient K1 (normes B40) 25
Tableau III. 3:Valeurs de coefficient K2 (normes B40) 25
Tableau III. 4:Valeurs de la capacité théorique (normes B40) 25
Tableau III. 5:Tableau récapitulatif 28

CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

Tableau IV. 1:Valeurs minimales des rayons du tracé en plan 30
Tableau IV. 2:Valeurs des rayon au dévers minimal 31
Tableau IV. 3:Valeurs des longueur de l'arc de clothoïde 31
Tableau IV. 4:Caractéristiques du tracé en plan selon l'ARP de type R80. 32
Tableau IV. 5:Les valeurs limites du tracé en plan des voies de type U 32
Tableau IV. 6:Coordonnées des sommets à calculer 33
Tableau IV. 7:les caractéristiques limites des paramètre des profil en long 37
Tableau IV. 8:Paramètres géométriques du PL(ARP) 38
Tableau IV. 9:valeur de rayons en angle saillant(ECTAVRU) 38
Tableau IV. 10:valeur de rayons en angle rentrant(ECTAVRU) 38
Tableau IV. 11:Pentes transversales 43
Tableau IV. 12:caractéristique de profil en travers type(zone interurbain) 44
Tableau IV. 13:caractéristique de profil en travers type(zone urbain) 44

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

Tableau V. 1:Les différents essais au laboratoire 46
Tableau V. 2:la teneur en eau 47
Tableau V. 3:Résultat de l'essai granulométrique 47
Tableau V. 4:Limites d'Atterberg 47
Tableau V. 5:Valeurs de bleu de méthylène 48
Tableau V. 6:Classification de sol par la valeur de bleu 49
Tableau V. 7:Résultats des essais mécaniques des puits 49
Tableau V. 8:Résultat des essais chimiques 50
Tableau V. 9:classification des mâtereaux en fonction du pourcentage massique en carbonate50
Tableau V. 10:Classification GTR du sol support 51
Tableau V. 11:Conditions d'utilisation en remblai 52
Tableau V. 12:Conditions d'utilisation en couche de forme 53

CHAPITRE VI : DIMENSSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

Tableau VI. 1:Coefficients d'équivalence 56
Tableau VI. 2:Choix du type de réseaux principal 59
Tableau VI. 3:Classes de trafic du poids lourd 60
Tableau VI. 4:Valeur du coefficient d'agressivité « A » (Fascicule 2) 60
Tableau VI. 5:La portance de sol support 61
Tableau VI. 6:Sur classement avec couche de forme en mâtereau non traité 61
Tableau VI. 7:Choix de la température équivalente (Fascicule 2) 62
Tableau VI. 8:Performances mécaniques des matériaux bitumineux 64
Tableau VI. 9:valeurs des déformations 65
Tableau VI. 10:valeurs des déformations 66
Tableau VI. 11:Structure retenue par les deux méthodes (CBR et catalogue de chaussée neuve) 66

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE VII : ETUDE HYDRAULIQUE ET ASSINAISSEMENT

Tableau VII. 1:Caractéristiques principales des bassins versants 73
Tableau VII. 2:Coefficient de Montana. 74
Tableau VII. 3:Calcul des dimensions des ouvrages dalots 80
Tableau VII. 4:Calcul des sections des ouvrages busés pour les sous bassins 81
Tableau VII. 5:Coefficient de ruissellement 82
Tableau VII. 6:Calcul des surfaces de la plateforme et de talus 83
Tableau VII. 7:Calcul de débit d'apport 83

CHAPITRE VIII : CONCEPTION DES CARREFOURS

Tableau VIII. 1:Largeurs des voies 87
Tableau VIII. 2:Valeurs des caractéristiques géométriques des carrefours giratoire. 89
Tableau VIII. 3:Paramètres des ilots séparateur. 90
Tableau VIII. 4:Avantages et inconvénients de giratoire 91
Tableau VIII. 5:caractéristiques géométrique des carrefours giratoire 91

CHAPITRE IX : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

Tableau IX. 1:Les caractéristique de la boucle 96

CHAPITRE X : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

Tableau XI. 1:Modulation des lignes discontinues 103

Liste des figures

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Figure I. 1:Préparation d'un enrobé à froid 3
Figure I. 2:Procédé de fabrication des polymères [9]. 4
Figure I. 3:Structure chimique du polymère. 7
Figure I. 4:Remplissage du moule d'orniérage. 9
Figure I. 5:Compactage du mélange bitumineux par le compacteur de plaque. 10
Figure I. 6:Eprouvette exposée à la température ambiante 10
Figure I. 7:Mesure initiale aux emplacements déterminés 11
Figure I. 8:Enceinte de l'unité régler à la température de 60o C. 12
Figure I. 9:profondeur d'ornière moyenne (%) en fonction du nombre de cycle sans additif. 13
Figure I. 10:profondeur d'ornière moyenne (%) à 0 et 4 % de Lucobit. 14

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

Figure II. 1:Situation géographique 15
Figure II. 2:Réseaux routiers de la wilaya de GUELMA 16
Figure II. 3:site du projet 17
Figure II. 4:plan de situation 18
Figure II. 5:Situation géographique du projet 18
Figure II. 6:carte géologique de la zone d'étude 19
Figure II. 7:Variation de température 20

CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC

Figure III. 1:Flux de trafic moyen compté (2018) 23

CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

Figure IV. 1:Les éléments de tracé en plan 30
Figure IV. 2:les éléments de la Clothilde 33
Figure IV. 3:Les Alignements 36
Figure IV. 4:visibilité en angle saillant (raccordements convexes) 37
Figure IV. 5:visibilité en angle rentrant (raccordements concaves) 37
Figure IV. 6:Paramètres de la parabole convexe 39

CHAPITRE IX : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

Figure IX. 1:Différents types des échangeurs 93
Figure IX. 2:Différents types des bretelles 94
Figure IX. 3:Le site de l'échangeur 95
Figure IX. 4:profil en travers 97

CHAPITRE XI : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

Figure XI. 1:Types de modulation 104
Figure XI. 2:Paramètre d'implantation des luminaires 107

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.
- **CTTP :** contrôle technique des travaux publics.
- **CW :** chemin de wilaya
- **RN :** route national.
- **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.
- **ARP :** Aménagement des routes principal.
- **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.
- **TPC :** terrain plein central.

LISTE DES ACRONYMES ET SYMBOLES

- **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.

LISTE DES ACRONYMES ET SYMBOLES

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.

LISTE DES ACRONYMES ET SYMBOLES

- **I :** la déclivité.
- **R_v :** rayon vertical (m).
- **T** : tangente.
- **Ϭ :** 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.

LISTE DES ACRONYMES ET SYMBOLES

- **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.
- **$\sum$:** surface spécifique conventionnelle.

INTRODUCTION

INTRODUCTION GENERALE

A la fin de notre formation d'ingénieur d'état **l'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES TRAVAUX PUBLICS FRANCIS 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(PFE).

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 BTPH.

Le présent sujet a été proposé par la SETS (Société D'étude Technique De Sétif) intitulé :

« **Etude en APD de dédoublement de la RN16 sur 9 km section du PK 40+000 au PK 49+100 et l'aménagement de deux carrefours giratoires avec la conception d'un échangeur** ».

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

- ✓ **CHAPITRE I :** 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).
- ✓ **CHAPITRE V :** Etude géotechnique qui s'intéresse aux caractéristiques physiques et mécaniques du sol support.
- ✓ **CHAPITRE VI :** Dimensionnement du corps de chaussée.
- ✓ **CHAPITRE VII :** Etude hydraulique et assainissement des eaux de surfaces.
- ✓ **CHAPITRE VIII :** Conception des carrefours.
- ✓ **CHAPITRE IX :** Faire une conception de l'échangeur.
- ✓ **CHAPITRE X :** Impact sur l'environnement et ces mesures.
- ✓ **CHAPITRE XI :** Aperçu sur les conditions de la signalisation et l'éclairage.
- ✓ **CHAPITRE XII :** Calcul du devis quantitatif estimatif.

CHAPITRE I

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. INTRODUCTION

La croissance exponentielle du trafic routier ces dernières années, a provoqué beaucoup de dégradation sur les routes, de telle sorte que les chaussés routières ne supportent plus les charges appliquées actuellement, principalement à cause des encombrements de poids lourd ainsi que le surplus du Traffic qui laisse apparaitre des fissurations visibles sur la route.

Cependant ceci n'est pas le seul problème étant donné que la température excessive aussi a son mot à dire puisqu'elle est responsable en grande partie de l'orniérage ce qui constitue un problème majeur pour la route.

I.2. LES ENROBES BITUMINEUX

I.2.1. Définition des enrobes bitumineux :

Les enrobés bitumineux sont des matériaux viscoélastiques thermo susceptibles ayant des propriétés adhésives et cohésives, principalement utilisés dans la construction et l'entretien des chaussées. Ces matériaux sont composés principalement d'un liant hydrocarboné issu du raffinage du pétrole (généralement un bitume pur ou modifié) et de 19 fractions minérales de différentes tailles (filler, sable, gravillons).

Les caractéristiques et les propriétés mécaniques des mélanges varient selon la composition volumétrique du mélange et dépendent de la taille du grain maximal, de la teneur en liant et de la teneur en vide du mélange.

Pour les matériaux de chaussées fabriqués avec un liant bitumineux, le bitume représente en moyenne 5% de sa composition massique (soit environ 13% volumique), alors que le squelette granulaire représente environ 95% (87% volumique). Grâce à ses propriétés viscoélastiques, de cohésion et d'adhésion, le bitume permet de lier durablement les granulats entre eux et de donner ainsi à la chaussée une rigidité et une portance suffisante pour supporter les charges générées par le trafic routier et les contraintes climatiques (températures, rayons UV, pluie, ···).

I.2.2. Type des enrobes bitumineux :

On distingue deux types d'enrobés :

- Les enrobés à chaud
- Les enrobés à froid.

I.2.2.1. Les enrobés à chaud :

Ces enrobés sont fabriqués à chaud aux alentours de 180°c, il est appliqué à une température d'environ 150° pour former la couche supérieure du revêtement des infrastructures routières, Les types des enrobés à chaud les plus utilisés :

- **Béton bitumineux :**

Les Enrobé riche en bitume, utilisé principalement pour les couches de roulement, c'est-à-dire pour les couches supérieures de la chaussée. Les bétons bitumineux se classent en fonction de leur granulométrie. Ils sont toujours posés sur une couche de base en matériaux hydrocarbonés ou traités au liant hydraulique ou sur une couche de liaison en enrobés pour les couches minces.

Il y'a de divers types de béton bitumineux :

- Béton bitumineux ultra mince (BBUM).
- Béton bitumineux très mince (BBTM).
- Béton bitumineux mince (BBM).
- Béton bitumineux semi-grenu (BBSG).

➢ **Grave bitume :**

Les enrobé à plus faible teneur en liant (bitume) de 3 à 4,5%, destiné aux couches de fondation ou de base, entre 8 et 14 cm (couches d'assise).

I.2.2.2. Les enrobés à froid :

Il s'agit d'enrobés fabriqués et appliqués à froid, par adjonction d'émulsion de bitume garantissant la malléabilité du matériau.

- **Enrobé froid :**

Enrobé de faible granulométrie (0/4 ou 0/6 en principe) avec une forte teneur en liant et en fines, généralement utilisé de manière temporaire pour permettre la circulation de véhicules sur des voies en cours de travaux, ou encore pour reboucher des petites tranchées, trous, et nids-de-poule sur des chaussées déformées. Cet enrobé est très utilisé au printemps en période de dégel, pour réparer les détériorations de la chaussée dus au gel ;

- **Grave émulsion :**

Mélange de grave avec une faible proportion d'émulsion de bitume, il existe aussi des enrobés bitumineux à froid qui sont destinés à la réalisation de couches de roulement. Ce sont des enrobés hydrocarbonés à froid (non stockables) ou tous les granulats sont recouverts de liant.



Figure I. 1: Préparation d'un enrobé à froid

I.3. LES POLYMERES :

I.3.1. Définition les polymères :

Les polymères sont des macromolécules obtenues par la combinaison d'un grand nombre de molécules plus petites. Les polymères ont une masse molaire très importante.

Le monomère est le nom donné à la petite molécule à partir de laquelle est formée la macromolécule. La réaction est une polymérisation.

On a divisé en deux catégories l'ensemble des polymères :

- Les polymères d'addition, obtenus par l'enchaînement d'un grand nombre de molécules monomères ; si ces molécules sont identiques on obtient un homopolymère, par contre si les monomères sont différents (en général deux) on obtient un copolymère.
- Les polymères de condensation, obtenus par la condensation d'un grand nombre de molécules, cette réaction s'effectuant avec l'élimination d'une petite molécule, en général l'eau.

Il existe une très grande variété de polymères, qui sont de plus en plus diversifiés. [8]

I.3.2. Procède de fabrication des polymères :

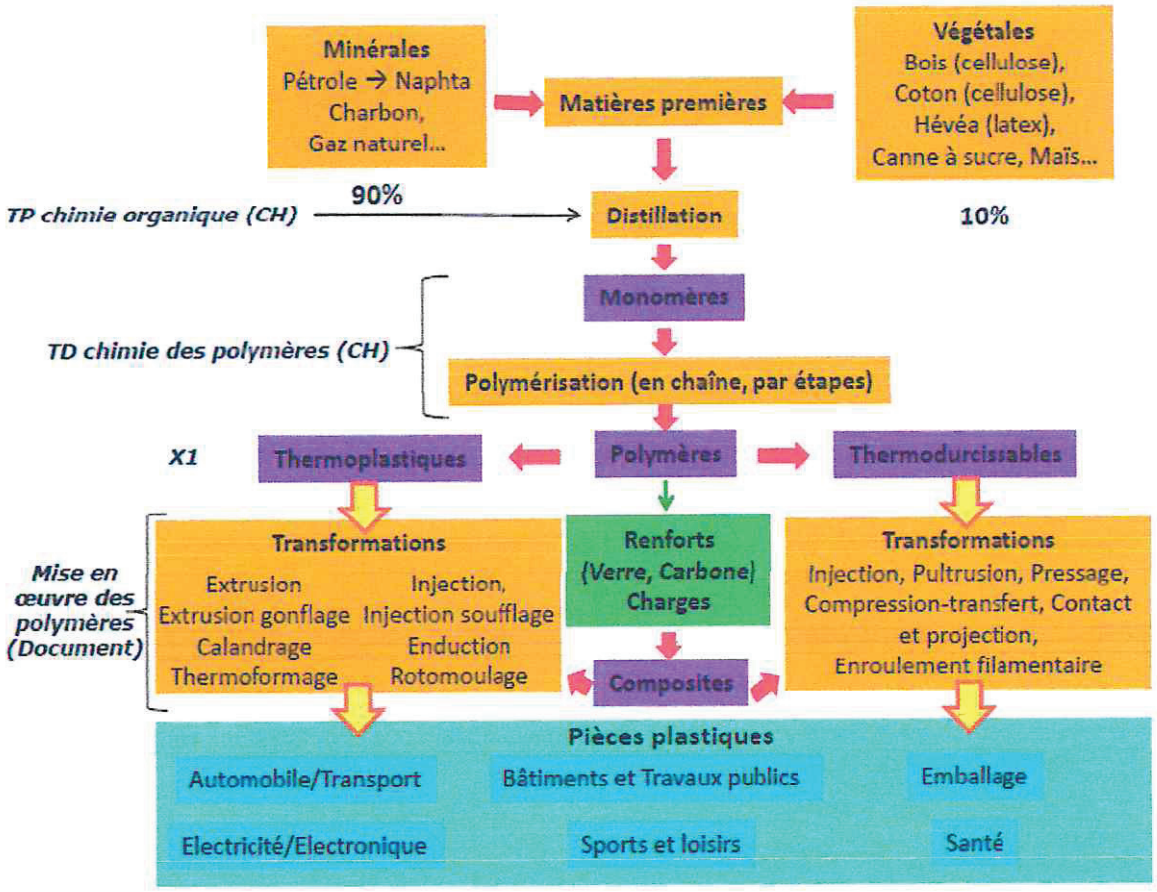


Figure I. 2:Procédé de fabrication des polymères [9].

I.3.3. Les propriétés des polymères :

À température ambiante, les polymères peuvent être liquides ou solides. De manière générale, les polymères sont légers. Ils sont aussi souples et ne sont stables qu'à des températures modérées. Sauf exception, ce sont des isolants électriques et thermiques.

De manière plus précise, les propriétés des polymères dépendent :

- Du type d'assemblage (liaisons et formes) et de la nature chimique des monomères qui les constituent.
- Du degré de polymérisation.
- De la formulation, c'est-à-dire de la nature et du taux des ingrédients que l'on introduit.

I.3.4. Applications des polymères :

Les polymères constituent une des principales révolutions techniques du XXème siècle. Ceux-ci sont utilisés pour un nombre extraordinaires d'applications à tous les échelons de la vie.

Tableau I. 1: Application des polymères

Domaines	Exemples
Le secteur de la construction	Les portes, conduites d'eau et l'assainissement, peinture des murs des plan chaires et des plafonds, revêtement du sol.
Industrie de l'emballage	Bouteilles, pots de yaourt, boites aux lettres, problème thermique, gainage films vidéo.
Médecine et santé	Poches de sang, gants, lentilles, verres de lunettes, les organes artificiels, Seringues, industrie dentaire, prothèses, outils de chirurgie.
Articles ménagers	Tupperware, poubelles, seaux, vaisselle.
Matériel électrique et électronique et les communications	Tension d' isolement, isolation, laveuses, ordinateurs et les caméras, Radio et télévision, téléphone.
Industrie automobile	Système vitre claire, Tapie, carrosserie, optiques, planches de bord, habillage intérieur, Façades de téléviseurs, gainage de câbles.
Industrie textile	Vêtement, fibres textiles naturelles et synthétiques, sacs, skaï, similicuir, non tissés.
Dans le domaine agricole	Colles, vernis, mousses.
Sports-loisirs	Certaines parties des bâtiments, des avions et des bateaux, DVD, bandes magnétiques, Files de pêche et les cordons utilisés, piscines, coques de bateaux.
Industrie chimique	Tuyauterie, cuves, revêtements.
Le domaine alimentaire	Procédés de fabrication d' aliments, emballages (bouteilles, pots de yaourt, briques de lait, boites à oeufs) ou industriel (flacons de détergent, sachets et sacs, casiers…)

Le matériel de maison	Meuble, vaisselle, accessoires··· ; Utilisés en industrie pour maintenir le matériel d' une violente collision.
En travaux public	Sur l' enrobé bitumineux qui est notre sujet de recherche justement

I.3.5. Les polymères dans le bitume :

Bien que des progrès significatifs aient été accomplis au fil des années pour que les performances de l' asphalte soient devenues bien contrôlées et relativement prévisibles, il reste toujours place à de l' amélioration.

Les chercheurs se sont penchés sur les polymères les trois dernières décennies et ça donné des résultats remarquables dont les avantage en général sont :

- Meilleure résistance à la déformation permanente (création d'ornières).
- Résistance à la traction et module élastique considérablement améliorés.
- Sensibilité à la température améliorée.
- Excellente résistance à la fatigue.
- Très bonne résistance à la propagation de fissures (fissuration réflective).
- Excellente adhérence des granulats (bonne résistance à l'arrachement).
- Prolonge la durée de vie utile de la chaussée et améliore le coût de cycle de vie.
- Aucune condition de manipulation et de stockage spéciaux.
- Ne nécessite aucun équipement spécial durant la production d'enrobé chaud, le transport ou le revêtement [10].

Il existe plusieurs types de polymère, chacun avec cette propre caractéristique et notre sujet se porte sur le **Lucobit**

I.4. LE LUCOBIT

Le Lucobit est une société allemande qui s' est spécialisé dans le domaine du développement et de la production des matières polyoléfine flexible de de presque deux décennie, elle englobe les Membrane d'étanchéité, Polymères souples et les polymères de bitume et d'asphalte, elle produit des douzaines de polymère diffèrent les uns des autre concernant les chausse et pour notre recherche on va étudier l'impact du Lucobit 1210A sur notre enrobé bitumineux.

I.4.1. Lucobit 1210A :

Lucobit 1210A est une matière synthétique thermoplastique granulée, composée d'un mélange de copolymères polyéthylènes de qualité supérieure et de bitumes spéciaux (ECB). Le bitume pur est incorporé de manière homogène dans une matrice polymère. Lucobit 1210A peut être mélangé à des surfaces asphaltiers courantes comme le béton bitumineux, le béton bitumineux à forte teneur en mortier ou l'asphalte coulé, en le pré-mélangeant avec du bitume (PmB) ou en l'ajoutant simplement au mélange au cours de la production d'asphalte (PmA).

Lucobit 1210A est considéré comme un produit moderne, pouvant être employé dans différents asphaltes spéciaux pour la stabilisation de diverses structures, renforçant ainsi la notion de qualité durable. Conformément aux exigences du dimensionnement informatisé futur des revêtements routiers, Lucobit 1210A sera également utilisé pour la réduction de l'épaisseur de la couche de base de couleur noire.

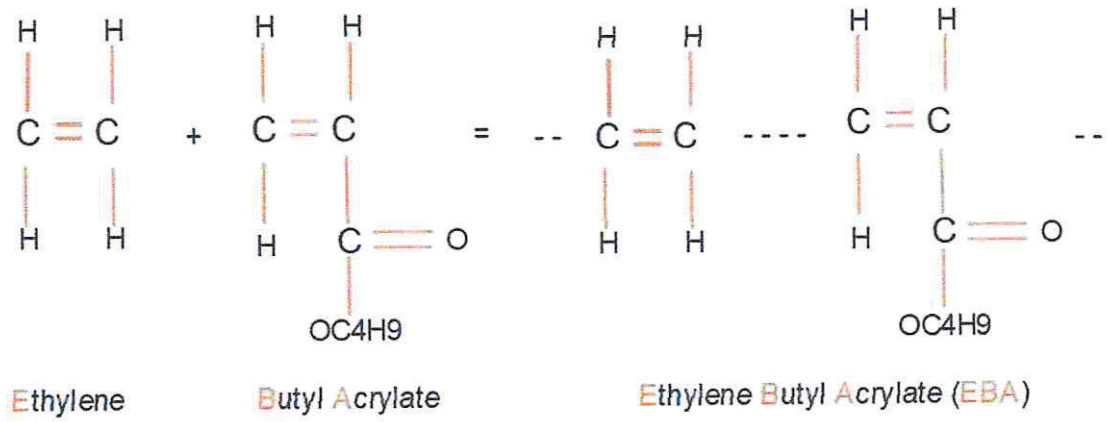


Figure I. 3: Structure chimique du polymère.

I.4.2. Caractéristique techniques :

Tableau I. 2:caractéristique techniques du Lucobit

Caractéristique	Lucobit 1210 A
Densité à 23°C (g/cm)	0.97
Allongement a la rupture (%)	700-800
Module d'élasticité (MPA)	17
Intervalle de ramollissement (°C)	80-100
Plage de Porosité (°C)	<-30

I.4.3. L' utilisation du Lucobit :

Lucobit 1210A a une stabilité thermique très élevée. À des températures jusqu'à 300 ° C, il ne montre Aucun signe de destruction de la matrice polymère, offrant ainsi un soutien suffisant pour des périodes de production et de transport étendues, même après des heures d'exposition à haute température.

Lorsque Lucobit 1210A est ajouté directement au mélange d'asphalte pour la production de **PmA**, la Quantité de granulés Lucobit 1210A est choisie en fonction du pourcentage désiré (3,0 à 7,5 % par masse selon le pourcentage du liant tout en réduisant simultanément le bitume quant au pourcentage par poids du polymère ajouté). L'ajout peut être effectué avant ou après la répartition du liant. Il est nécessaire de prolonger la durée du mélange de 10 à 15 secondes en fonction de la composition et de la taille du lot (la température du mélange).

Pour produire le **PmB** (C), un mélange homogène de bitume ordinaire et de Lucobit 1210A est composé à des températures comprises entre 175 et 195°C. Même avec un agitateur à vis à faible vitesse de rotation, un mélange très poussé de Lucobit 1210A selon les normes PmB est détectable sous un microscope électronique. Le bitume incorporé à la matrice polymère garantit un mélange facile et rapide du polymère dans le bitume ou l'asphalte. Pour les montages avec de l'asphalte modifié au Lucobit 1210A, aucune autre exigence ne doit être satisfaite.

I.4.4. Processus d'ajout du Lucobit sur le bitume :

Le bitume est mélangé de manière homogène avec Lucobit 1210A à des températures comprises entre 165 ° C et 195 ° C et est alors prêt à l'emploi. En fonction de l'intensité du mélange, le temps nécessaire pour mélanger de grandes quantités (environ 20 t) est de 12 heures.

L'utilisation d'un mélangeur à cisaillement à grande vitesse conduit à réduire le temps de mélange requis. La proportion du bitume déjà contenu dans Lucobit1210A très facilite l'incorporation dans le bitume.

I.4.5. Les avantages du Lucobit :

- Améliore la stabilité au UV.
- Améliore l' adhésivité aux granulats.
- Améliore la résistance au vieillissement.
- Améliore la résistance à la fissuration due aux basses températures.
- Améliore la résistance de l' orniérage.
- Améliore la résistance à la fissuration due à la fatigue.
- Ne modifie en rien le processus de la mise en œuvre.
- Aucun investissement additionnel n' est exigé.
- Compatibilité totale avec les exigences environnementales.
- Se substitue dans le bitume masse pour masse [11].

I.5. LES ESSAIS SUR LES ENROBES BITUMINEUX SANS ADDITIF :

I.5.1. Essai l'orniérage :

I.5.1.1. But de l'essai (NF EN 12697-22) :

Dans la méthodologie d'étude de formulation des enrobés bitumineux, la résistance aux déformations est évaluée par l'essai d'orniérage.

I.5.1.2. Calculer la masse à introduire dans le moule:

$$M\,(kg) = L \times l \times e \times \rho\,(melange) \times \left(\frac{100 - v}{100}\right) \times 10^{-6}$$

Avec :

M : est la masse de plaque, en (Kg),

L : est la longueur intérieure du moule, en (mm),

l : est la largeur intérieure du moule, en (mm)

e : est l'épaisseur finale de la plaque, en (mm),

ρ : est la masse volumique réelle du mélange bitumineux, en cube (t/m3).

v : est le pourcentage de vide de la plaque, en (%).

Dans notre cas :

Tableau I. 3:les dimensions du l'éprouvette de la machine orniérage.

Epaisseur (mm)	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Masse (kg)	MVR (kg/m³)	V (%)
100	500	180	21,686	2,484	3

I.5.1.3. Conduite de l'essai :

- **1er étape :**

Au début on mettre le moule d' orniérage à l' étuve à 160° C ± 5° C pendant 3 ou 4 heures, ensuite on met un papier filtre dans ce moule et on le remplit par le mélange bitumineux, après on le remet dans l' étuve à 160° C ± 5° C, une fois la température du mélange atteinte les 160°C, on tasse le mélange, pour obtenir une surface aussi régulière que possible.

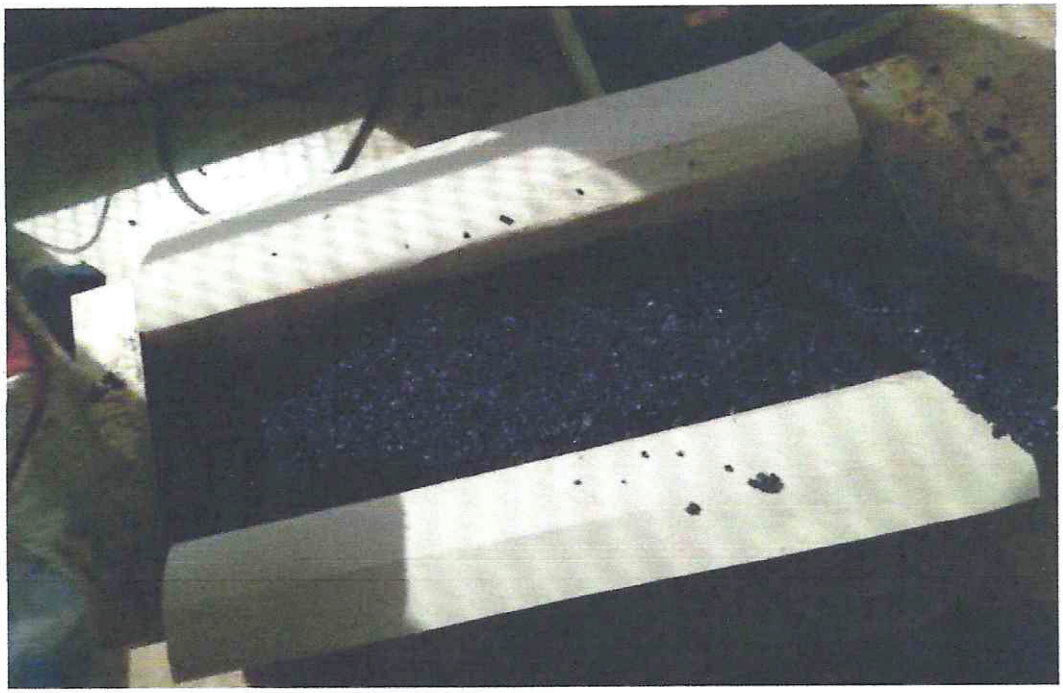


Figure I. 4: Remplissage du moule d'orniérage.

- **2eme étape :**

On va mettre le moule dans le compacteur selon la norme NA 5369, et on commence le compactage à l'aide d'une charge vertical appliquée par une roue équipée de pneumatique dont sa pression est de 6 bars, cette dernière fait des passages sur le mélange bitumineux à vitesse constante selon un plan de balayage spécifié.



Figure I. 5: Compactage du mélange bitumineux par le compacteur de plaque.

- **3eme étape :**

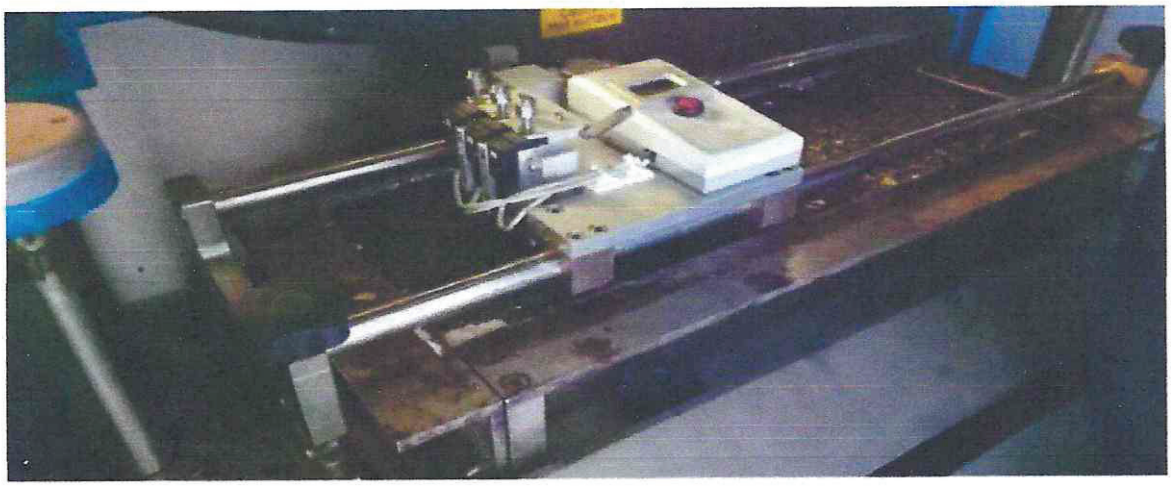
À la fin de compactage, on sort le moule de compactage et on le mettre dans une étuve pendant 48h à une température ambiante avant le commencement de l'essai de l'orniérage.



Figure I. 6:Eprouvette exposée à la température ambiante

- **4eme étape :**

Après 48h, on place le moule dans l'enceint de la machine d' orniérage qui devrait être maintenue à une température entre 15°C et 25 °C, et on la mettre en mouvement jusqu'à ce que l'éprouvette ait subi 1000 cycles de charge. Et On prend les mesures initiales aux 15 emplacements prédéterminés.



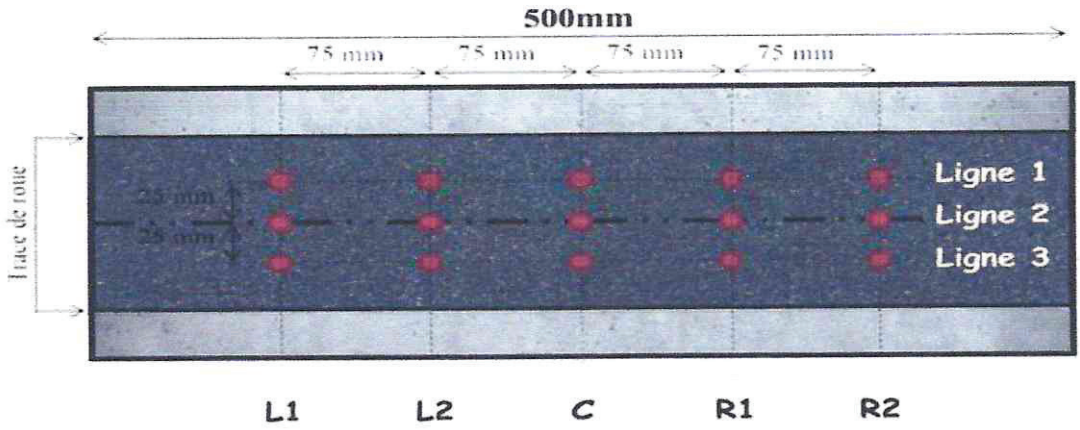


Figure I. 7: Mesure initiale aux emplacements déterminés

- **5eme étape :**

Régler la température de l'enceinte à une température fixe qui ne doit pas dépasser 75°C. Soit 60° C pendant 12h à 16h avant d'être soumises à l'essai.

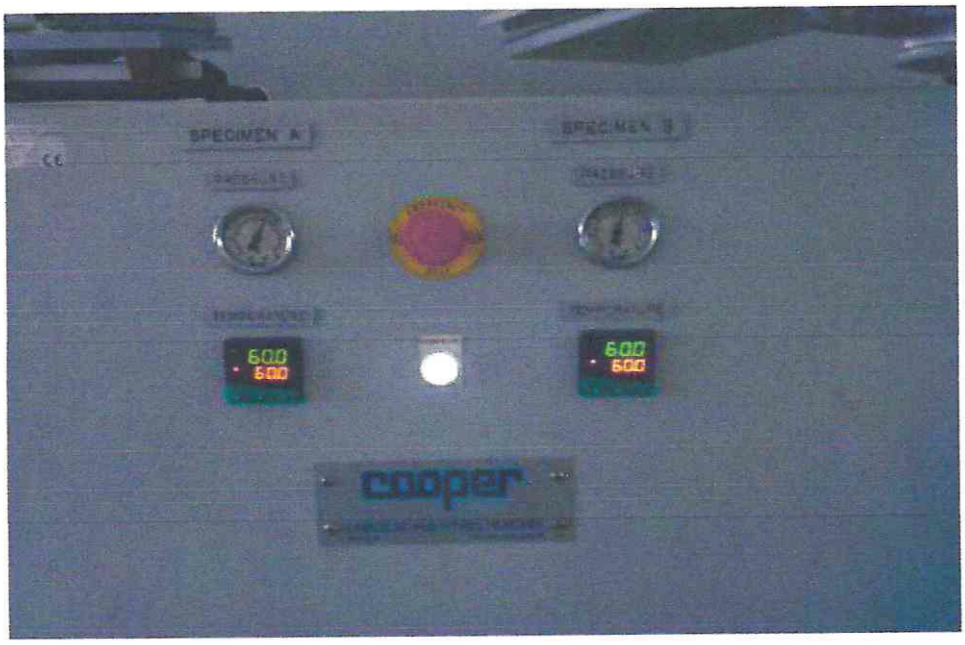


Figure I. 8: Enceinte de l'unité régler à la température de 60° C.

- **6eme étape :**

On met la machine en marche, ensuite on va mesurer la profondeur d'ornière aux 15 emplacements prédéterminés de chaque nombre de cycles 30, 100, 300, 1000, 3000, 10000, 30000. Mais il faut maintenir la température au sein de l'éprouvette à la valeur spécifiée à 60 $\pm$2°C pendant toute la durée de l'essai, dans notre cas selon les spécifications des BBTM concernant l'essai d'orniérage on s'arrête à 30000 cycles.

- **7eme étape :**

À la fin on calcule le pourcentage de profondeur d'ornière **Pi,** pour chaque ensemble de mesures à partir des 15 valeurs de déformation locale à l'aide de l'équation suivante :

$$Pi(\%) = 100 - \sum_{k=1}^{15} \frac{m_{ij} - m_{oj}}{(15 * h)}$$

Pi: est le pourcentage de profondeur d'ornière mesurée en (%).

$\mathbf{m_{ij}}$: est la déformation locale mesuré, en millimètres (mm).

$\mathbf{m_{0j}}$: est la mesure initiale à l'emplacement (j) en millimètres (mm).

h : est l'épaisseur de l'éprouvette, en millimètres (mm).

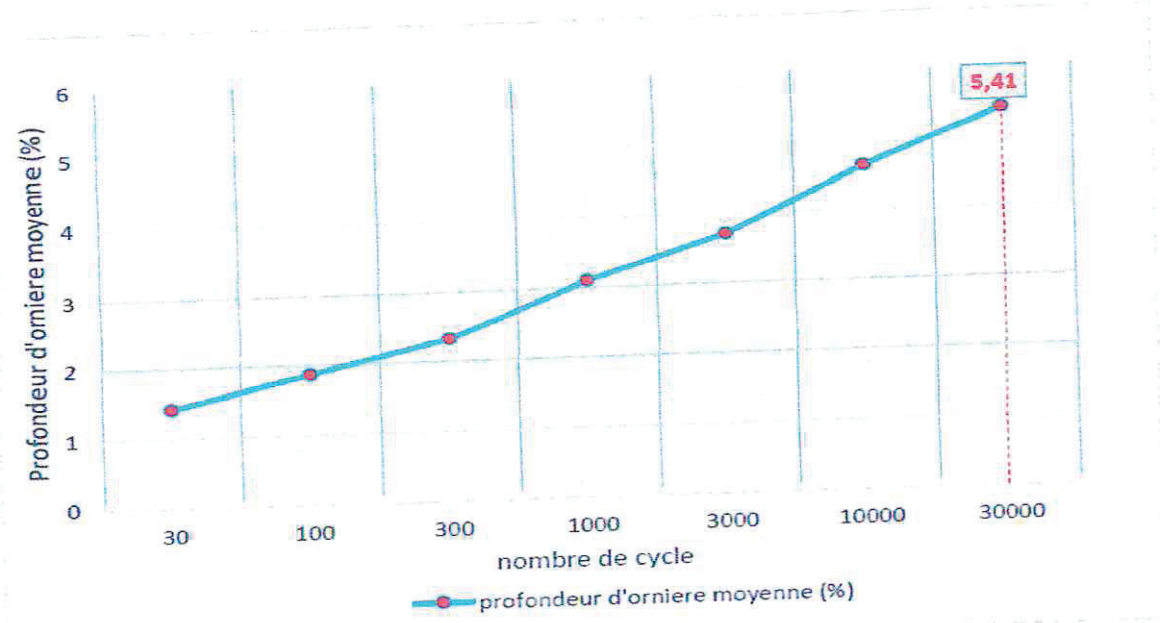


Figure I. 9:profondeur d'ornière moyenne (%) en fonction du nombre de cycle sans additif.

I.5.1.4. Spécification des résultats :

Tableau I. 4:spécification de l'essai l'orniérage.

Essai	Valeur trouvée	Spécification (NF EN13108-1)	Conclusion
Validité	5.41% à 30000 cycles	< 7.5 %à 30000 cycles	Validé

I.6. LES ESSAIS SUR LE BITUME MODIFIE :

On va ajouter des différents pourcentages de l'additif Lucobit 1210A dans le bitume, Dans notre étude On refaire l'essais de l'orniérage avec 4% de l'additif avec mêmes modes opératoires.

I.6.1. Résultats :

Tableau I. 5:les dimensions du l'éprouvette de la machine orniérage avec l'additif .

Epaisseur (mm)	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Masse (kg)	MVR (kg/m³)	V (%)
100	500	180	21,703	2,484	3

I.6.2. Spécification des résultats :

Tableau I. 6:spécification de l'essai l'orniérage avec l'additif .

Essai	Valeur trouvée	Spécification (NF EN13108-1)	Conclusion
Validité	2.89% à 30000 cycles	< 7.5 %à 30000 cycles	Validé

CHAPITRE II

PRESENTATION DU PROJET

II.1. INTRODUCTION

II.1.1. Présentation de la wilaya :

La wilaya de **Guelma** est une collectivité publique territoriale algérienne située sur le littoral nord-est du pays, elle est située à 60 km au sud-ouest d'Annaba, à 110 km à l'est de Constantine, à 60 km de la mer Méditerranée et à 150 km de la frontière tunisienne [12].

Elle occupe aussi une position géographique stratégique, en sa qualité de carrefour dans la région nord-est de l'Algérie dont dépendent cinq chefs-lieux de wilaya, reliant le littoral des wilayas de Annaba, El Tarf et Skikda, aux régions intérieures telles que les wilayas de Constantine, Oum El Bouagui et Souk Ahras.

II.1.2. Situation géographique :

Elle est limitée administrativement par :

- La wilaya de **Annaba** et **Skikda** au Nord.
- Les wilayas d'el **Taref et Souk Ahras** à l'est.
- La wilaya de **Oum El-Bouaghi** au sud.
- La wilaya de **Constantine** à l'ouest.

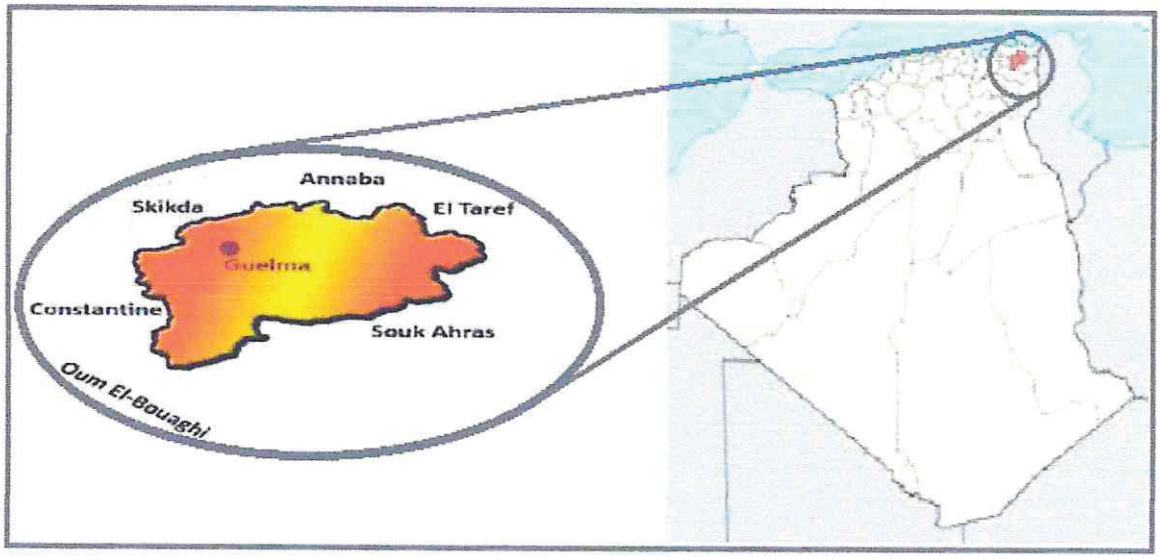


Figure II. 1: Situation géographique

II.1.3. Superficie et population :

La wilaya s'étend sur une superficie de 4101 km² et comporte 482 430 habitants (2008), La wilaya est composée 10 Daïras et 34communes [13].

II.1.4. Réseau routier :

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

- 1.9 kilomètre d'Autoroutes.
- 293.4 kilomètre de routes nationales.
- 421,05 kilomètre de chemins de Wilaya.
- 1870 kilomètre de chemins communaux.
- 131 ouvrages d'art.

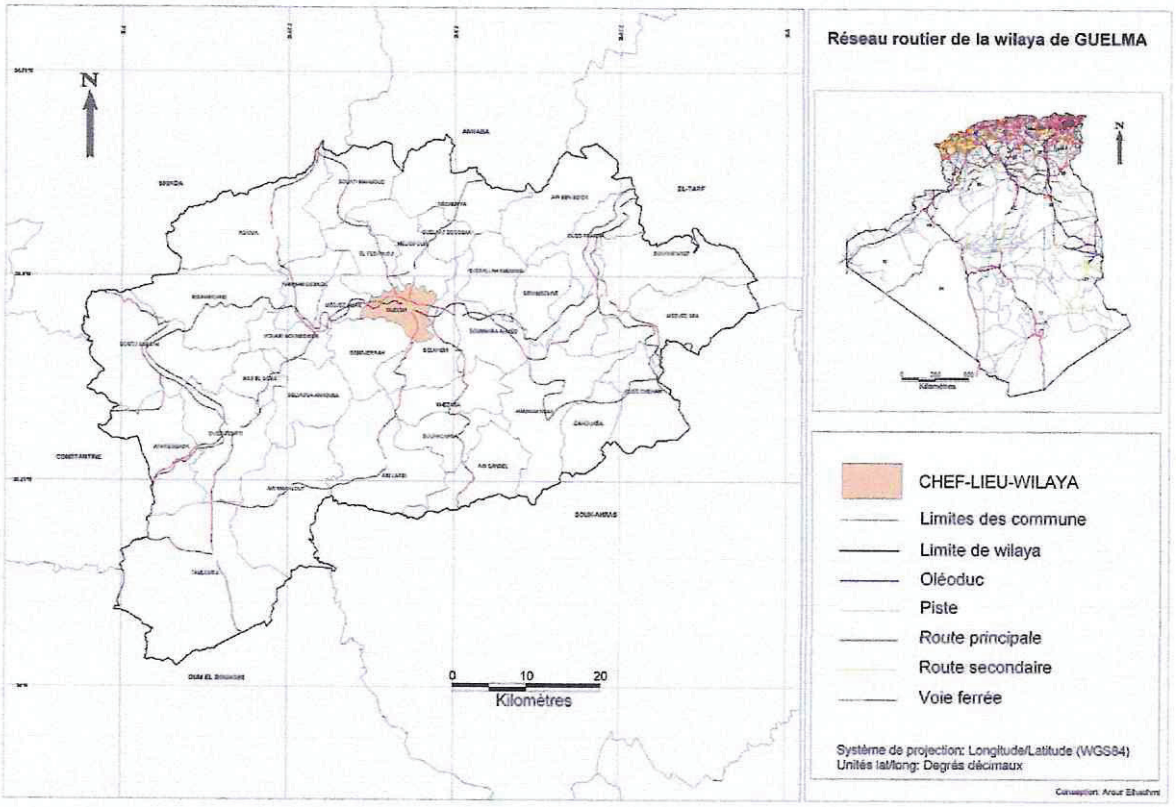


Figure II. 2:Réseaux routiers de la wilaya de GUELMA

II.2. PRESENTATION DU PROJET

II.2.1. Généralité :

La route nationale N°16 est une infrastructure existante située dans la partie nord -ouest de la wilaya de Guelma, elle constitue un axe très important sur le plans économique et social.

Dans le cadre d'une réflexion générale sur les déplacements dans la wilaya de Guelma, la direction des travaux publics a été menée à envisager le dédoublement de la route nationale N°16.

Ce projet est considéré comme action importante pour assurer la fluidité du trafic au niveau de cette route.

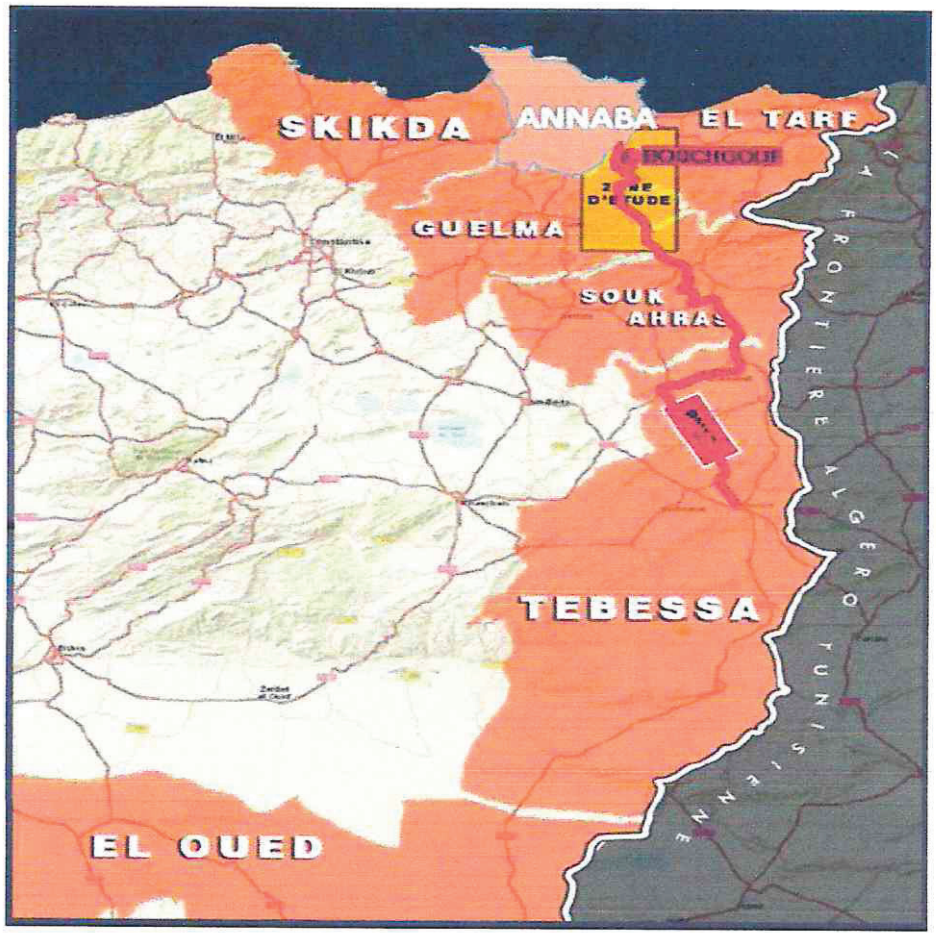


Figure II. 3:site du projet

II.2.2. Zone du projet

Le présent projet consiste à faire un dédoublement de la RN16 dans la wilaya de GUELMA sur une section de 42Km située au nord –Ouest de la wilaya, Il permet ainsi d'assurer une liaison rapide entre l'autoroute est- oust (pk27, la RN16) et limite de la wilaya de Souk Ahras (pk70, la RN16) passant par les localités AinTahmamine ; Mdjaz sfa et Bouchgouf.



Figure II. 4:plan de situation

II.2.3. Cadre de l'étude :

Notre projet consiste à faire une étude en **avant-projet détaillé (APD)** du dédoublement de la RN16 de **la section du PK 40+000 au PK 49+100**(entre **Oued Fragha** et **Bouchegouf**) qui est un tronçon du **dédoublement de la RN16**, entre **l'autoroute est-ouest et** la limite de **Souk Ahras** sur 42 km.

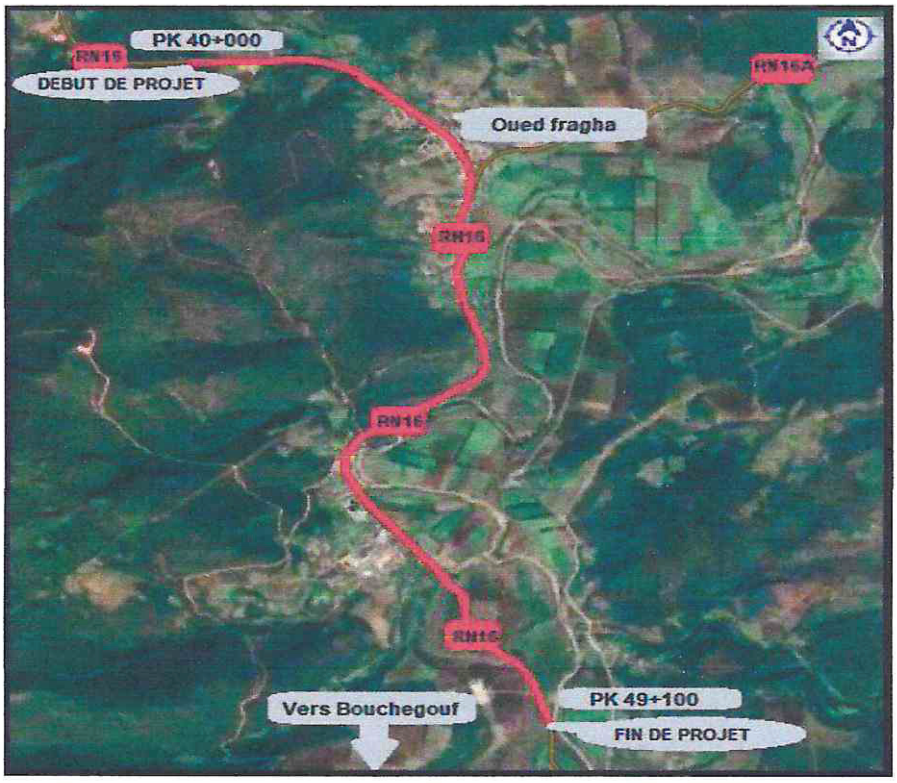


Figure II. 5: Situation géographique du projet

II.3.2. Données climatiques

Le territoire de l'État est caractérisé par un climat humide au nord et au centre, un climat continental à l'intérieur, un climat pluvieux et chaud en été, de 400 mm à 650 mm / an, ce qui a permis à la province de jouir d'une importante nature agricole et pastorale.

Mois	jan.	fév.	mars	avril	mai	juin	jui.	août	sep.	oct.	nov.	déc.	année
Température minimale moyenne (°C)	5,9	5,3	6,7	9,3	12,5	16,3	19,6	20,2	17,6	14,4	10	7	12,1
Température moyenne (°C)	10,1	10,8	12,2	15,1	18,9	23,9	27,3	27	24,4	20,4	15,2	11,4	18,1
Température maximale moyenne (°C)	14,6	16,3	17,8	20,9	25,2	31,1	34,9	34	31,1	26,4	20,5	15,9	24
Précipitations (mm)	72,9	63,7	62,4	37,3	45,4	14,7	3,9	9,8	22,9	44,6	60,5	98,3	533,6

Source : Révision du PDAU intercommunal de: Guelma-Belkheir-El Fedjoudj-Ben Djerrah - DUC Guelma, URBACO - pages 2 à 6 [3] [archive]

Figure II. 7: Variation de température

II.3.3. Données environnementales

Sur le plan environnemental, le projet s'intègre dans une zone très riche en ressources biologiques. Parmi les principaux critères environnementaux qui caractérisent la région, on peut citer ce qui suit:

- Des terrains agricoles très fertiles et très productifs,
- Une diversité faunistique et floristique importante,
- Un couvert végétal dense occupé principalement par des espèces naturelles diverses, des reboisements forestiers et fruitiers (olivier en premier rang),
- Des cultures céréalières et maraichères réparties sur l'ensemble de la zone étudiée.

II.3.4. Données du trafic

- Année de comptage du trafic : **2018**
- Année de mise en service : **2021**
- Le trafic journalier (**TJMA2018**) : 9908 **v/j**.
- La durée de vie est de : **20 ans**.
- Pourcentage de poids lourd (**Z**) : **18%.**
- Le Taux de croissance annuelle de trafic (**τ**) : **4%**

II.4. CARACTERISTIQUES DE LA ROUTE

II.4.1. Typologie de la route :

Selon le guide ARP (Aménagement des Routes Principales) [14].

Ce projet est une route nationale fait partie des réseaux des voies principales de rase campagne, elle est multifonctionnelle « Artère interurbaine » : Route de type R.

II.4.2. Catégorie de la route :

Pour la **routes type R,** on distingue les catégories suivantes :

- La catégorie R60 qui, en relief vallonné.
- La catégorie R80 qui est généralement bien adaptée lorsque les contraintes de relief sont faibles.

Pour notre cas, la route Suit un terrain plat présentant de bonnes caractéristiques géométriques, d'où, la route est de catégorie R80.

II.4.2.1. Le choix de la vitesse de référence :

La fonction de cette route demande d'adapter une vitesse de référence de 80 km/h.

Tableau II. 1: Caractéristiques de la norme

Norme utilisée	**Aménagement des Routes Principales**
Type de la route	R
Catégorie	R80
Vitesse de référence	80km/h

II.4.3. Les zones d'agglomérations :

La route a été classée selon sa fonctionnalité, le système routier existant, les installations principales et les obstacles.

Il est important de noter que la route passe du PK 1+670 au PK 2+845 (village Oued Feragha) par une zone d'agglomération (zone urbaine) d'où, la géométrie de la route est conditionnée par le tracé qui est déjà existant RN16 au travers des murs de clôture, des habitations et des intersections planes

Conformément à la norme ICTAVRU, cette section est classé de type U correspondant à des caractéristiques non autoroutières [15].

De même, on définit deux catégories de voies de type U selon la vitesse de référence retenue :

- La catégorie U 80 offre un bon niveau de confort aux véhicules circulant à 80 km/h, par exemple dans le cadre d'une « onde verte ». En des points particuliers, une signalisation spécifique peut être nécessaire ;
- La catégorie U 60 offre un bon niveau de confort aux véhicules circulant à 60 km/h, par exemple dans le cadre d'une « onde verte ». En des points particuliers, une signalisation spécifique peut être nécessaire.

Pour notre cas la catégorie est d'U60.

CHAPITRE III

ETUDE DE TRAFIC

III.1. INTRODUCTION

Les études de trafic constituent un élément fondamental qui intervient en amont de toute réflexion relative à l'aménagement des infrastructures de transport, depuis le simple traitement d'un carrefour jusqu'à la grande liaison autoroutière. Elles constituent une approche essentielle, tant de la conception que de l'entretien et l'exploitation des réseaux routiers.

III.2. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Le présent rapport concerne l'étude de trafic relative au projet de l'Etude de réalisation du dédoublement de la RN16 entre **Oued Fragha** et **Bouchegouf** sur 9 Km.

L'objectif de cette étude est de définir les volumes circulant ainsi que les parts de trafics transitant par cette zone.

Le présent rapport comporte :

- Une présentation du réseau routier de la ZIP.
- Une analyse des résultats de la campagne de recensement de trafic.
- Les différentes distributions du trafic en situation.

III.3. ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS

Sur la base d'un sectionnement du réseau routier de la zone d'influence du projet qu'un programme de répartition et de distribution des comptages automatiques a été élaboré permettant d'obtenir un comptage régulier et continu, durant toute la campagne au section identifiées.

Les résultats des comptages automatiques et manuels effectuent sur les principaux axes de la section considéré de la RN16 par poste et par les deux sens sont présentée dans la figure ci-dessous.

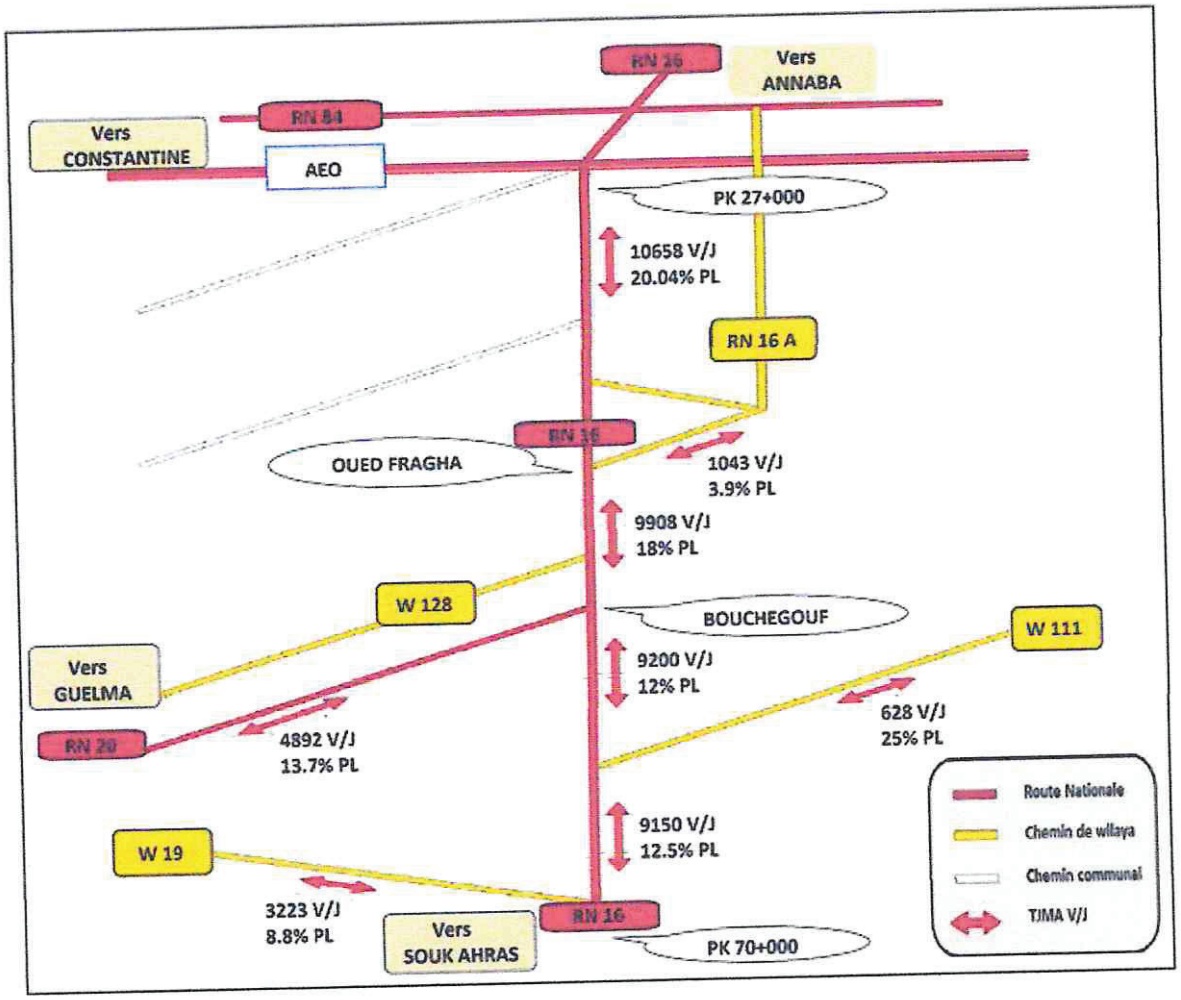


Figure III. 1: Flux de trafic moyen compté (2018)

III.4. DIFFERENT TYPE DE TRAFIC

On distingue trois types de trafics :

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 différent 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.5. CALCUL DE CAPACITE

III.5.1. 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.5.2. 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.5.3. 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 lourd.

Tableau III. 1: Coefficient d'équivalence du poids lourds (normes B40) [16].

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.5.4. 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.5.5. Débit horaire admissible

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

$$Q_{adm} = K1.K2.\ Cth$$

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.5.6. Calcul le nombre de voies :

III.5.6.1. 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.5.6.2. 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.

III.6. APPLICATION AU PROJET

III.6.1. 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 $TJMA_{2018}$= 9908v/j.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté i = 4 %.
- La vitesse de base sur le tracé V_b=80km/h.
- Le pourcentage de poids lourds Z=18%.
- L'année de mise en service sera en 2021.
- Le trafic à l'année de mise en service $TJMA_{2021}$= 11146v/j.
- La durée de vie estimée de 20 ans.
- P=6 (route à bonne caractéristiques).
- **1/n** = 0,12 (cas général).
- K1=0.85 (environnement E2) ; K2=0.99 (environnement E2, catégorie C1).

III.6.2. Projection future de trafic :

L'année de mise en service (2021) :

Pour le trafic prévisible en utilisant la formule suivante :

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

On obtient :

$TJMA_{2021} = 9908 \times (1 + 0{,}04)^3 =$ **11146 v/j.**

$TJMA_{2021}$=11146 v/j.

$TJMA_{2041} = 11146 \times (1 + 0{,}04)^{20} = 24423$v/j.

Finalement on a :

$TJMA_{2021}$= 11146v/j.

$TJMA_{2041}$= 24423v/j.

III.6.3. Calcul du trafic effectif :

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

$T_{eff2018} = [(1 - 0.18) + 6 \times 0.18] \times 9908 =$ **18825uvp/j.**

$T_{eff2021} = [(1 - 0.18) + 6 \times 0.18] \times 11146 =$ **21178 uvp/j.**

$T_{eff2041} = [(1 - 0.18 + 6 \times 0.18 \times 24423 =$ **46404uvp/j.**

$T_{eff2021}$=21178 uvp/j.

$T_{eff2041}$=46404 uvp/j.

III.6.4. Débit de pointe horaire normale :

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

$Q_{2018} = 0.12 \times 18825 = 2259$uvp/h

$Q_{2021} = 0.12 \times 21178 = 2542$uvp/h

$Q_{2041} = 0.12 \times 46404 = 5569$uvp/h

Q_{2041} =5569 uvp/h.

III.6.5. Calcul de capacité théorique :

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

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

$C_{th} \geq 5569/ (0.85 \times 0.99)$

$C_{th} \geq 6617$

C_{th} =6620uvp/h.

III.6.6. Calcul de débit admissible :

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

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

$Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 1800 = 1515$ uvp/h

. Q_{adm}=1515uvp/h

III.6.7. Le nombre des voies :

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

$N = (2/3) \times (5569/1515) = 2.45$

N=2 voie /sens

III.6.8. 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

$$Q_{saturation} = Q_{2021} \times (1+\tau)^n$$

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

$$Q_{saturation} = 4 \times Q_{adm}$$

Calcul de Q_{adm}:

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

$Q_{adm} = 0.85x0.99x1800 = 1515uvp/j/sens.$

Calcul de Q_d :

$$Q_{saturation} = Q_{2021}\,(1+\tau)^n$$

$Q_{saturation} = 2542x\,(1.04)^n$

$$2542 \times (1.04)^n = 4x1515$$

$$n = \frac{\ln(2.38)}{\ln(1.04)} = 22.1$$

n= 22Ans

D'où, l'année de saturation égale à : 2021+22= 2043.

Tableau III. 5: Tableau récapitulatif

$TJMA_{2018}$ (v/j)	$TJMA_{2021}$ (v/j)	$TJMA_{2041}$ (v/j)	$T_{eff2041}$ (uvp/j)	Q_{2041} (uvp/h)	N nombre de voies (par sens)
9908	11146	24423	46404	5569	2

III.7. CONCLUSION

L'analyse du trafic effectuée dans ce chapitre montre que la route avec les caractéristiques actuelles (chaussée unidirectionnelle à 2 voies) est dans un état de saturation par rapport au trafic existant. Le calcul de la capacité de la route pour les 20 ans ultérieurs nous a conduit à proposer un dédoublement de la route existante afin d'avoir une route à chaussée unidirectionnelle de 2×2 voies.

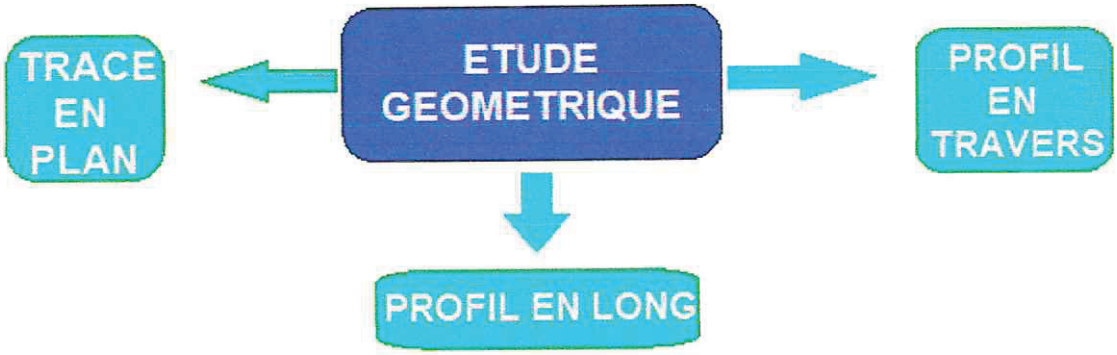
CHAPITRE IV

ETUDE GEOMETRIQUE

IV.1. INTRODUCTION

Le présent chapitre vise à présenter les critères géométriques appliqués lors de la conception du tracé de l'aménagement des routes. L'objectif de l'étude géométrique est de concevoir une route capable d'offrir un niveau de service plus élevé en termes de sécurité, de temps, de parcours et de confort pour les usagers.

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



IV.2. TRACE EN PLAN

IV.2.1. Introduction :

Le tracé en plan d'une route est obtenu par projection de tous les points de cette route sur un plan horizontal, il est constitué en général par une succession d'alignements droits et des arcs reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif.

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

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans l'ARP, 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 :

- 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 on essayera d'éviter les ouvrages biais.
- Eviter de passer sur des zones forestières.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Adapter le tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Raccorder les tracés neufs avec les réseaux existants.
- Respecter la norme.
- Respecter l'environnement.

IV.2.3. Les éléments de tracé en plan :

Le tracé en plan est composé par trois éléments essentiels :

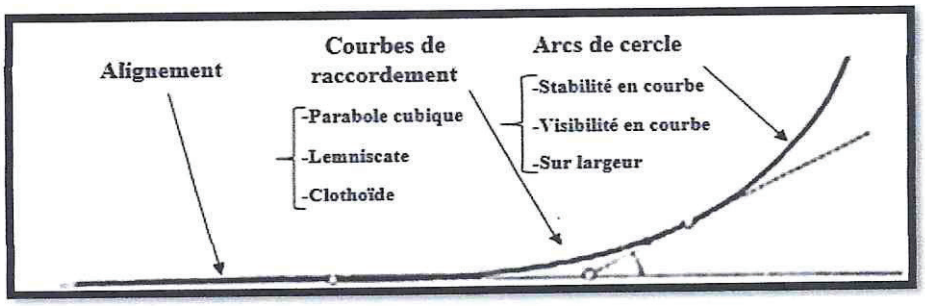


Figure IV. 1: Les éléments de tracé en plan

IV.2.4. Recommandations de l'ARP :

IV.2.4.1. Valeur des rayons :

Les valeurs limites des rayons, qui traduisent principalement des objectifs de confort et de sécurité, sont les suivantes :

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

Catégories	R60	T80 et R80	T100
Rayon minimal R_m (m)	120	240	425
Rayon non dévers R_{dn}(m)	600	900	1300

Un aménagement de court terme visant à améliorer la sécurité d'une route existante devrait en tous les cas comporter :

- L'augmentation du rayon des courbes de moins de 240 m de rayon situées en extrémité d'alignements droits de plus de 500m.
- La vérification des courbes de moins de 250 m de rayon moyen, d'éventuelles variations marquées de la Courbure dans le virage doivent être supprimées ; la régularisation de la courbure n'implique pas nécessairement une augmentation du rayon moyen.
- Le contrôle de la visibilité en approche des virages de rayons inférieurs à 250 m

IV.2.4.2. Succession des courbes et des raccordements :

Le tracé en plan est constitué d'alignements droits, de courbes circulaires et de courbes de raccordement pour les courbes dont le rayon est inférieur à Rnd donné (clothoïdes, dont la courbure varie linéairement).

Les courbes dites "en S" (raccordement de deux courbes circulaires de sens opposé par deux arcs de clothoïdc) peuvent être utilisées. Lorsque ces deux courbes circulaires ne sont pas raccordées par des raccordements progressifs (cas de courbes non déversées), il faut prévoir un alignement droit d'une cinquantaine de mètres inscrit dans le raccordement des deux courbes.

IV.2.4.3. Valeur des dévers :

Tableau IV. 2: Valeurs des rayon au dévers minimal

Catégories	R60	T80 et R80	T100
Rayon au dévers minimal : Rdm (m)	450	650	900

Les courbes de rayon supérieur ou égal à Rnd ne sont généralement pas déversées vers l'intérieur du virage et conservent un profil en toit.

Les courbes de rayon compris entre Rnd et Rdm (rayon au dévers minimal) sont déversées vers l'intérieur du virage avec une pente de 2,5%.

Les courbes de rayon R inférieur à Rdm sont déversées vers l'intérieur du virage avec une pente transversale dont la valeur est fixée par interpolation linéaire en fonction de 1/R entre 2,5 % pour Rdm et 7 % pour le rayon minimal Rm.

IV.2.4.4. Raccordements progressifs :

Les courbes circulaires de rayon R inférieur à Rnd sont introduites par des raccordements progressifs, ceux-ci sont constitués par des arcs de clothoïde.

La longueur de l'arc de clothoïde est donnée par le tableau suivant :

Tableau IV. 3: Valeurs des longueur de l'arc de clothoïde

Profil en travers	Longueur de clothoïde
routes à 2 voies	Min ($6R^{0.4}$, 67)
routes à 3 voies	Min ($9R^{0.4}$, 100)
routes a 2 X 2 voies (de type R)	Min ($12R^{0.4}$, 133)

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

Selon la norme de l'Aménagement des Routes Principales, il est souhaitable de suivre, le plus possible, les recommandations suivantes :

Tableau IV. 4: Caractéristiques du tracé en plan selon l'ARP de type R80.

	Paramètres géométriques	Valeur	Unité
Rm	Rayon minimal	240	m
Rdm	Rayon au dévers minimal	650	m
Rnd	Rayon minimal non déversé	900	m
PC	Dévers au rayon de raccordement	736.4/R + 0.86	%
PMax	Dévers maximal	7	%
Pmin	Dévers minimal (en alignement droit)	2.5	%
CLR	Longueur de clothoïde recommandée	Min ($12R^{0.4}$, 133)	m
CVL	Longueur de variation de dévers sur la clothoïde	Min ($14x\ Id_1-d_0I$)	m
Vref	Vitesse de référence	80	km/h
VR	Vitesse règlementaire	90	km/h
VA	Vitesse de base	90	km/h
V85P	Vitesse V85 en plan	$102/(1+346/R^{1.5})$	km/h
V85R	Vitesse V85 en rampe	$102-0.31xP^2$	km/h

IV.2.5. Recommandations de l'ICTAVRU

IV.2.5.1. Valeur des rayons :

Sur les voies de type U, les courbes de faible rayon ne sont pas nécessairement déversées vers l'intérieur du virage ; ce sont les conditions d'évacuation des eaux qui sont déterminantes.

Les valeurs limites du tracé en plan sont les suivantes :

Tableau IV. 5: Les valeurs limites du tracé en plan des voies de type U

Catégorie	U 60	U 80
Rayon non déversé	200 m	400 m
Rayon minimal	120 m	240 m

Pour notre cas la catégorie est d'U60

IV.2.6. Calcul d'axe (voir le listing dans l'annexe) :

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. Application au projet :

Pour un calcul manuel, on prendra comme exemple le cas d'un raccordement progressif [17].

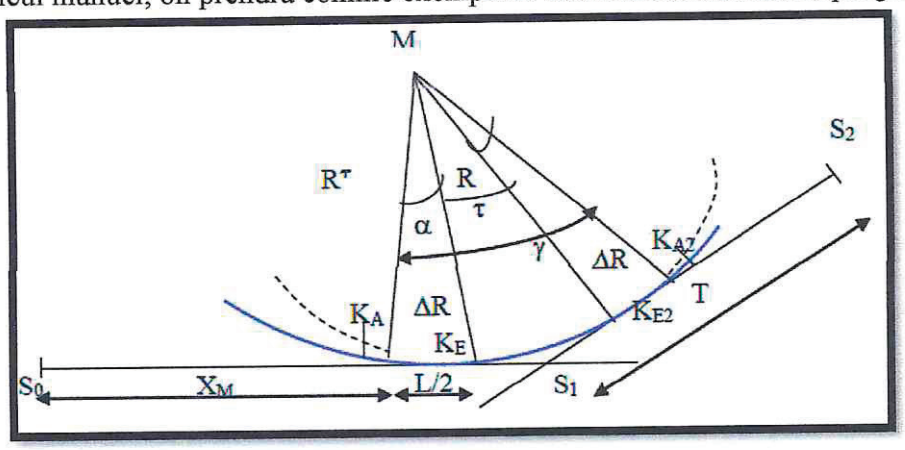


Figure IV. 2:les éléments de la Clothilde

Tableau IV. 6: Coordonnées des sommets à calculer

	X	Y	Rayon
S0	384048.1366	4047180.1253	670
S1	383810.3209	4047370.1386	
S2	383505.9725	4047364.5348	

- **Calcul du paramètre A :**

$$A2 = L*R$$

- **Condition du confort dynamique et de gauchissement :**

L>5/36 Δ dv. Vb Et: **Rm≤ R ≤Rnd**

- R = 670 m ⇒ d=3.51%
- Δ dv =3.51-(-2.5) =6.01%
- L>5/36x6.01x80

D'où : L>66.77 m ⇒ L=67m

- **Condition optique :**

R/3≤ Amin ≤R 223.4≤Amin≤670

L≥ $\sqrt{24 \times R \times \Delta R}$ comme R=670<1000m $\Delta R = 0.79.$

Donc L≥ $\sqrt{24 \times 670 \times 0.79}$ L≥112.7m

L=113m

On aura : L = max (113 ; 67) donc A=$\sqrt{113 \times 220}$ =275.155m.

Donc : 253.4≤Amin=275.155≤670

- **Calcul de ΔR :**

ΔR=L²/24R=113/24x270=0.79

- **Calcul des Gisements :**

$|\Delta x| = |Xs1 - Xs0|$=237.8157

$|\Delta Y| = |Ys1 - Ys0|$=190.0133

$|\Delta x1| = |Xs2 - Xs1|$=304.3484

$|\Delta Y1| = |Ys2 - Ys1|$=5.6033

D'où :

$G_{S0}^{S1} = 400 - \text{arctg}(\frac{|\Delta x|}{|\Delta y|})$

$$\mathbf{G_{S0}^{S1} = 342.546\ gr}$$

$G_{S1}^{S2} = 200 + \text{arctg}(\frac{|\Delta x1|}{|\Delta y1|})$

$$\mathbf{G_{S1}^{S2} = 298.898gr}$$

- **Calcul de l'angle γ :**

$$\gamma = |G_{S1}^{S2} - G_{S0}^{S1}| = |342.546 - 298.898|$$

$$\boldsymbol{\gamma = 43.648gr}$$

- **Calcul de l'angle τ :**

$\tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{113}{2X670} \times 200/\pi$

$$\tau = 5.36gr$$

- **Vérification de non chevauchement : ($\tau < \frac{\gamma}{2}$)**

τ =5.36gr et $\frac{\gamma}{2} = 21.82$ d ou $\tau < \frac{\gamma}{2}$ donc pas de chevauchement.

- **Calcul des distances :**

$$\overline{S0\,S1} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{(237.8157)^2 + (190.0133)^2} = \mathbf{304.403\ m.}$$

$$\overline{S2S1} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{(304.3484)^2 + (5.6033)^2} = \mathbf{304.39\ m.}$$

Xm=L-R sin τ

Xm=113-670sin (5.36) =56.6 m

$Y=L^2/6R$

Y=113/6x670=3.17m

Tm=Xm+(R+ ΔR) ×tg ($\frac{\gamma}{2}$).

Tm=56.6+ (670+0.79409) ×tg ($\frac{43.648}{2}$) =296.007m donc **Tm=365.8135m.**

- **Calcul des Coordonnées S L :**

$S_L=L-\frac{L^5}{90A^4}$=112.965m

- **Calcul de σ :**

$\sigma=\text{arctg}\frac{Y}{X}$=1.788gr **σ=1.788gr.**

- **Calcul de l'arc :**

$$K_{E1}K_{E2}=\frac{[R\times\pi(\gamma-2\tau)]}{200}-\frac{[670\times\pi(43.64-10.72)]}{200}=346.46.$$

- **Calcul des coordonnées des points singuliers :**

K_{A1}
$X_{KA1}=X_{S0}+(S_1S_2-T)\times\sin(G_{S0}^{S1})=384042.9298.$
$Y_{KA1}=Y_{S0}+(S_1S_2-T)\times\cos(G_{S0}^{S1})=4047185.3253.$

K_{E1}
$X_{KE2}=X_{KA1}-SL\times\sin(G_{S0}^{S1}-\sigma)=383952.3398.$
$Y_{KE2}=Y_{KA1}+SL\times\cos(G_{S0}^{S1}-\sigma)=4047252.808.$

K_{A2}
$X_{KA2}=X_{S1}-T\sin(G_{S1}^{S2})=383514.3582.$
$Y_{KA2}=Y_{S1}-T\cos G_{S1}^{S2}=4047365.015.$

K_{E2}
$X_{KE2}=X_{KA2}-SL\times\sin(G_{S1}^{S2}+\sigma)=3838627.317.$
$Y_{KE2}=Y_{KA2}-SL\times\cos(G_{S1}^{S2}+\sigma)=4047363.7977.$

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 faits par le logiciel **(voir le listing dans l'Annexe)**.

IV.3. PROFIL EN LONG

IV.3.1. Introduction

Le profil en long est composé d'éléments rectilignes caractérisés par leur déclivité (pente ou rampe), et des raccordements circulaires (ou paraboliques) caractérisés par leur rayon.

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

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

Le tracé de la ligne rouge doit répondre à certaines conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales.

Parmi ces conditions il y a lieu de :

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux, on placera les zones des dévers 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 :
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

IV.3.3. Les éléments géométriques du profil en long :

IV.3.3.1. Les Alignements :

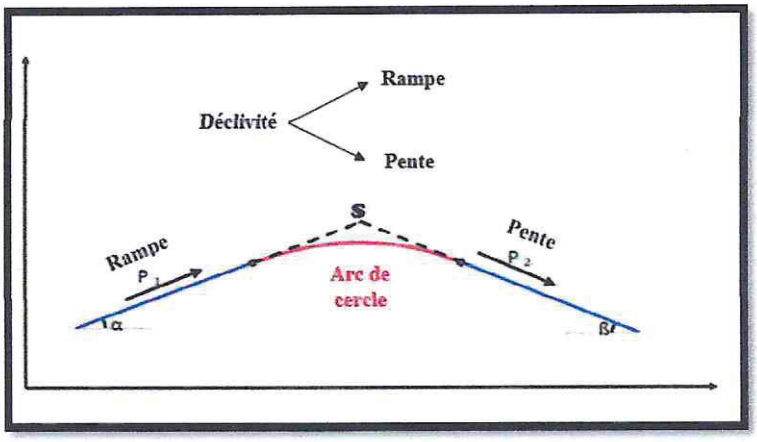


Figure IV. 3: Les Alignements

IV.3.3.2. Les raccordements :

Deux déclivités successives doivent se raccorder en profil en long par une parabole. Le rayon de raccordement et la courbe choisie doivent assurer le confort des usagers et la visibilité satisfaisante.

On distingue deux types de raccordements :

- Raccordements convexes (angle saillant)
- Raccordements concaves (angle rentrant)

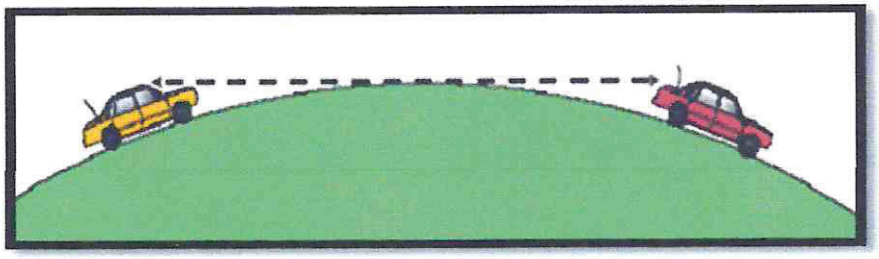


Figure IV. 4:visibilité en angle saillant (raccordements convexes)

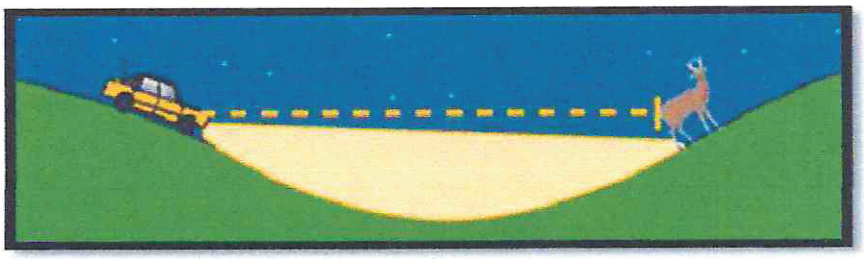


Figure IV. 5:visibilité en angle rentrant (raccordements concaves)

IV.3.4. Caractéristiques géométriques

Pour des raisons de confort dynamique et de confort visuel notamment, les paramètres géométriques du profil en long doivent respecter les caractéristiques limites résumées dans le tableau ci-après :

Tableau IV. 7:les caractéristiques limites des paramètre des profil en long

Catégorie de route	R60	R80 et T80	T100
Déclivité maximale	7%	6%	5%
Rayon minimal en angle saillant(m)	1500	3000	6000
Rayon minimal en angle rentrant(m)	1500	2200	3000

IV.3.5. Évacuation des eaux de ruissellement

Pour assurer le bon écoulement des eaux de ruissellement d'une part sur les chaussées, il est souhaitable d'adopter les pentes longitudinales minimales suivantes :

- 0,5 % dans les zones où la pente transversale de la chaussée est inférieure à 0,5 %, s'il y a risque de verglas,
- Dans les longues sections en déblai : au moins 0,2 % pour que l'ouvrage longitudinal d'évacuation des eaux ne soit pas trop profondément enterre du côté aval,
- Au moins 0,2 % dans les sections en remblai prévues avec des descentes d'eau.

IV.3.6. Recommandations de l'ARP:

Selon l'ARP, les paramètres géométriques du profil en long doivent respecter les caractéristiques limites résumées dans le tableau ci-après :

Tableau IV. 8: Paramètres géométriques du PL(ARP)

Catégorie de la route	R80
Déclivité maximale	6%
Rayon minimal en angle saillant (m)	3000
Rayon minimal en angle rentrant(m)	2200

IV.3.7. Recommandations de l'ICTAVRU:

Les rayons en angle saillant interviennent sur la visibilité et le confort (accélération verticale), c'est toujours la première condition qui est déterminante.

Tableau IV. 9:valeur de rayons en angle saillant(ECTAVRU)

Catégorie de route	U60	U80 et A80	A100
Rayon normal(m)	2500	6000	10000
Rayon minimal(m)	1500	3000	6000

À l'approche d'un carrefour, d'une voie de déboîtement ou d'insertion, le rayon doit obligatoirement être supérieur au rayon normal.

Les rayons en angle rentrant sont fixés principalement par des conditions de confort. Les valeurs limites sont les suivantes :

Tableau IV. 10:valeur de rayons en angle rentrant(ECTAVRU)

Catégorie de route	U60	U80 et A80	A100
Rayon normal(m)	1500	2000	3000
Rayon minimal(m)	800	1000	1500

IV.3.8. Application au projet :

IV.3.8.1. Cas d'un rayon convexe :

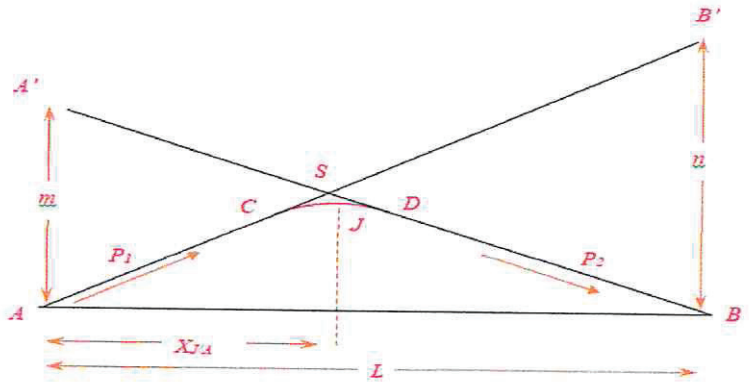


Figure IV. 6: Paramètres de la parabole convexe

$$A\begin{cases}X_A = 1326.569\text{m}\\ Z_A = 133.437\text{ m}\end{cases} \qquad B\begin{cases}X_B = 2297.935\text{ m}\\ Z_B = 121.622\text{ m}\end{cases} \qquad \begin{cases}P_1 = \mathbf{1.77\%}\\ P_2 = \mathbf{-2.47\%}\end{cases}$$

$$\mathbf{R = 4089.767m} \qquad \mathbf{L= 971.366m}$$

$$\begin{cases}Z_{A'} = Z_B + L \times P_2 = 121.622 + 971.366 \times 0.0247 = \mathbf{145.614\ m}\\ Z_{B'} = Z_A + L \times P_1 = 133.437 + 971.366 \times 0.0177 = \mathbf{150.630m}\end{cases}$$

➢ **Calcul de la tangente :**

- $T=(R/2) \times (P_1+P_2)$
- $T= (4089.767/2) \times (0.0247+0.0177) = \mathbf{86.7\ m}$

➢ **Calcul des coordonnées de sommet (s) :**

$$S\begin{cases}X_S = \dfrac{(L \times m)}{m+n} + X_A = \dfrac{971.366 \times 12.18}{29+12.18} + 1326.569 = \mathbf{1613.87\ m}\\ Z_S = Z_A - P_1 \times X_S = 133.437 - 287.3 \times 0.0177 = \mathbf{138.522\ m}\end{cases}$$

➢ **Calcul des coordonnées des points de tangentes :**

- $C\begin{cases}X_C = X_S - T = 1613.87 - 86.7 = 1527.17\ \mathbf{m}\\ Z_C = Z_S + T \times P_1 = 138.522 + 86.7 \times 0.0177 = \mathbf{140.056\ m}\end{cases}$
- $D\begin{cases}X_D = X_S + T = 1613.87 + 86.7 = \mathbf{1700.57\ m}\\ Z_D = Z_S - T \times P_2 = 138.522 - 86.7\text{x}0.047 = \mathbf{136.380m}\end{cases}$

➢ **Calcul de la longueur de raccordement :**

$L=2\times T =2\times 86.7=\mathbf{173.4m}$

➢ **Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (J) :**

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

$$\begin{cases} X_{J/A} = 4089.767 \times 0.0177 = \mathbf{72.39\ m} \\ Z_{J/A} = 72.39 \times 0.0177 - \dfrac{(72.39)^2}{2 \times 4089.767} = \mathbf{0.64\ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_J = X_S + X_{J/A} = 1613.87 + 72.39 = \mathbf{1686.26m} \\ Z_J = Z_S - Z_{J/A} 138.522 - 0.64 = \mathbf{137.882m} \end{cases}$$

IV.3.8.2. Cas d'un rayon concave :

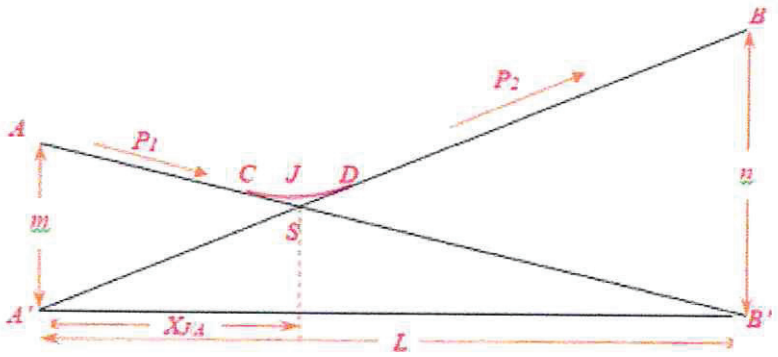


Figure IV. 7: Paramètres de la parabole concave

$$A \begin{cases} X_A = 675.00m \\ Z_A = 158.133m \end{cases} \quad B \begin{cases} X_B = 1613.758\ m \\ Z_B = 138.513\ m \end{cases} \quad \begin{cases} P_1 = -3.79\% \\ P_2 = 1.77\% \end{cases}$$

R=2973m L=938.758m

$$\begin{cases} Z_{A'} = Z_B - L \times P_2 = 138.513 - 938.758 \times 0.0177 = \mathbf{121.896\ m} \\ Z_{B'} = Z_A - L \times P_1 = 158.133 - 938.758 \times 0.0379 = \mathbf{122.554m} \end{cases}$$

➢ **Calcul de la tangente :**

- $T=(R/2) \times (P_1+P_2)$
- $T= (2973/2) \times (0.0177+0.0379) = \mathbf{82.6494\ m}$

➢ **Calcul des coordonnées de sommet (s) :**

- $S \begin{cases} X_S = X_A + L = \dfrac{(L \times m)}{m+n} + L = \dfrac{938.758 \times 36.237}{36.237+15.959} + 675 = \mathbf{1326.731\ m} \\ Z_{S/A} = Z_A - P_1 \times X = 158.133 - 651.731 \times 0.0379 = \mathbf{133.433\ m} \end{cases}$

➢ **Calcul des coordonnées des points de tangentes :**

- C $\begin{cases} X_C = X_S - T = 1326.731 - 82.6494 = \mathbf{1244.087\ m} \\ Z_C = Z_S - T \times P_1 = 133.433 + 82.6494 \times 0.0379 = \mathbf{136.565\ m} \end{cases}$

- D $\begin{cases} X_D = X_S + T = 1326.731 + 82.6494 = \mathbf{1409.3804\ m} \\ Z_D = Z_S + T \times P_2 = 133.433 + 82.6494 \times 0.0177 = \mathbf{134.895 m} \end{cases}$

➢ **Calcul de la longueur de raccordement :**

L=2×T =2×82.6494=**165.2988 m**

➢ **Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (J):**

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

$$\begin{cases} X_{J/A} = 2973 \times 0.0379 = \mathbf{112.6767\ m} \\ Z_{J/A} = 112.6767 \times 0.0379 - \dfrac{(112.6767)^2}{2 \times 2973} = 2.135\ \text{m} \end{cases}$$

$$J \begin{cases} X_J = X_C + X_{J/A} = 1244.087 + 112.6767 = \mathbf{1356.7637 m} \\ Z_J = Z_C - Z_{J/A} = 136.565 - 2.135 = \mathbf{134.43 m} \end{cases}$$

Les résultats obtenus sont compatibles avec ceux qui sont faits par le logiciel **(voir le listing dans l'Annexe)**.

IV.4. PROFIL EN TRAVERS

IV.4.1. Définition :

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. Différents types de profil en travers

IV.4.2.1. Profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou d'aménagement des routes existantes.

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais).

IV.4.2.2. Profil en travers courant :

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

Cependant des aménagements de court terme doivent être envisagés pour améliorer la sécurité, ces aménagements prioritaires sont :

- L'élimination ou l'isolement des obstacles agressifs situés dans la zone de sécurité de 4 m en général, et la suppression de tous les obstacles situés dans la bande dérasée,
- La reconstitution d'une bande dérasée au moins stabilisée de 1,75 m à 2 m de large dans le cas général ; lorsque les coûts d'élargissement de la plate-forme sont prohibitifs, on peut utiliser des largeurs de bande dérasé inférieures, mais il faut alors éviter d'élargir la chaussée en compromettant l'équilibre nécessaire entre chaussée et bandes dérasées.

IV.4.3. Les éléments du profil en travers :

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

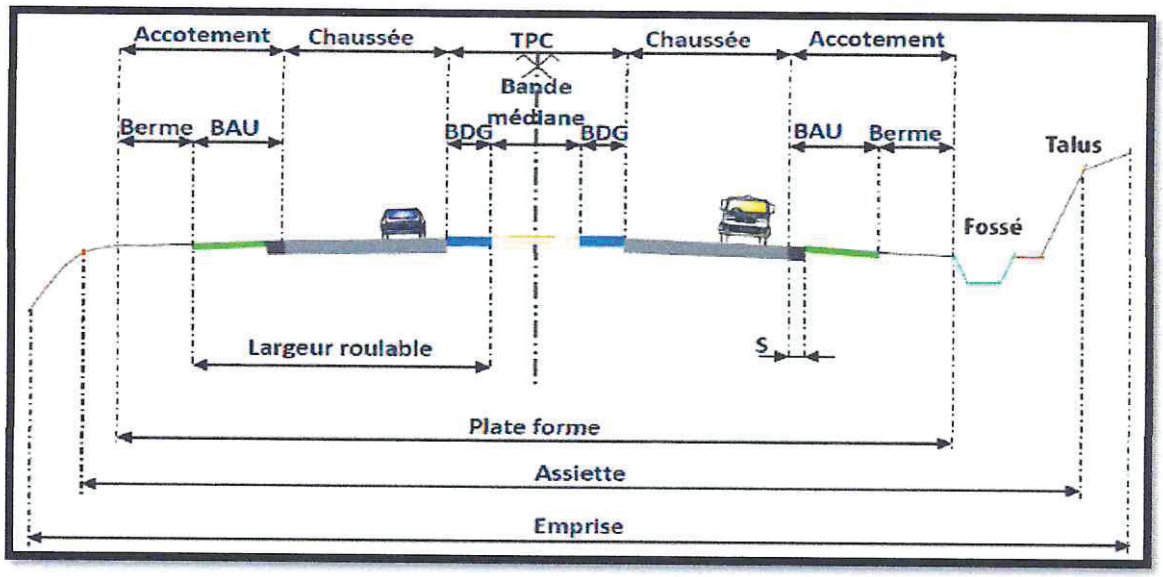


Figure IV. 8: Eléments constitutifs du profil en travers

IV.4.4. Zone urbain :

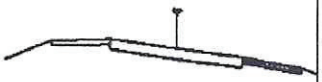
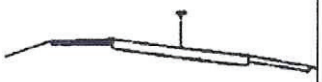
Les dimensions du profil en travers d'une VRU et plus spécifiquement de chacun de ses constituants doivent être choisies de façon à satisfaire à un certain nombre de fonctions et de conditions (sécurité des usagers, implantation, assainissement, équipements) :

- La largeur normale de 3,50 m peut être réduite à 3,00 m, notamment sur les voies de type U60 et en particulier à l'approche des carrefours.
- D'un trottoir de service ou d'une berme (ou terre-plein latéral) ; en général, il ne comporte pas de bande d'arrêt d'urgence.
- La largeur minimale de la bande médiane est fixée à 0,60 m (afin de pouvoir éventuellement y implanter ultérieurement une barrière en béton de type DBA).
- Qu'il soit prévu ou non un système de retenue en terre-plein central, la largeur normale de la BDG est de 0,50 m ; elle comprend le marquage latéral de la chaussée.

IV.4.5. Pentes transversales :

Le tableau suivant résumera les pentes transversales dans un profil en travers type selon la norme de l'Aménagement des Routes Principales.

Tableau IV. 11: Pentes transversales

Pentes transversales	Pente(s) de la chaussée et de la sur largeur structurelle	Accotements		Bandes dérasées de gauche éventuelles
		Bande(s) dérasée(s)	Bermes	
En alignement et courbe non déversée	2,5% 	4 % (stabilisée) 2,5 à 4 % (revêtue) 	8%	2,5 % 
En courbe avec devers < à 4%	P% < 4 % 	4 % (stabilisée) 2,5 à 4 % (revêtue) 	8%	P% 
En courbe avec dévers > à 4% - Côté intérieur	P% > 4 % 	P% 	8%	P% 
- Côte extérieur		1,5 % (revêtue) 2,5 % (stabilisée) vers l'extérieur 	8%	P% 

IV.4.6. Application au projet :

D'après les normes de **l'ARP** et **l'ICTAVRU**, les éléments du profil en travers type du projet seront comme suit :

Tableau IV. 12:caractéristique de profil en travers type(zone interurbain)

Description	Largeur (mètre)	Nombre	Largeur totale (mètre)
Voie de circulation (2 x 2 - phase initiale)	3,5	4	14
Bande dérasée de gauche (B.D.G.)	0,5	2	1,0
Bande Médian (B.M.)	0.6	1	0,6
Terre-plein central (T.P.C.)	1,6	1	1,6
Accotement	2,0	2	4,0

- Une chaussée de 2*2 voies avec la largeur d'une voie est de 3.5 m.
- Un accotement de 2 m.
- La largeur totale de la plate-forme de la route et égale à 19.6 m.

Tableau IV. 13:caractéristique de profil en travers type(zone urbain)

Description	Largeur (mètre)	Nombre	Largeur totale (mètre)
Voie de circulation (2 x 2 - phase initiale)	3	4	12
Bande dérasée de gauche (B.D.G.)	0,5	2	1,0
Bande médiane (B.M.)	0.6	1	0,6
Terre-plein central (T.P.C.)	1,6	1	1,6
Trottoire	2,0	2	4,0

- La largeur totale de la plate-forme de la route et égale à 17.6 m.

CHAPITRE V

ETUDE GEOTECHNIQUE

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.

Les études géotechniques sont nécessaires pour mesurer dès l'avant-projet sommaire et détaillé, L'incident des choix de profil en long et d'une manière générale du tracé en termes de coût.

V.2. OBJECTIF DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE

Les objectifs d'une étude géotechnique se résument en :

- **Au mode des études :**
- Optimisation du mouvement des terres
- Choix des matériaux
- La stabilité des pentes de talus de déblai et de remblai
- L'extraction et la réutilisation des matériaux de déblais.

- **Au mode de l'exécution :**
- Choix des moyens et des matériels adaptés à la nature de terraine.
- Choix d'une bonne méthode d'exécution.
- L'extraction et la réutilisation des matériaux de déblais.

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 au 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 visites 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. La première reconnaissance visuelle, permet d'arrêter un premier programme de reconnaissance « **in-situ** ».
Cependant, les essais « **in-situ** » permettent de :

- 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.3.3. Les essais au laboratoire

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. ➢ Teneur en eaux ; ➢ Essai au bleu méthylène ; ➢ Analyse chimique du sol ;	➢ Essai PROCTOR ; ➢ Essai CBR ;

Les principaux essais in-situ et au laboratoire sont indiqués dans l'**annexe 1.**

V.4. APPLICATION AU PROJET

Dans le cadre d'une étude de modernisation de la route nationale N° 16, les travaux de reconnaissance géotechnique ont été entrepris par le LTP-Est conformément au programme géotechnique établit conjointement avec la société des études techniques Sétif (SETS) et validé par la DTP de Guelma [18] [19].

Le présent rapport géotechnique assemble tous les points évoqués dans l'intervention, notamment on cite :

- Détermination de la nature du sol,
- Détermination des caractéristiques géotechniques du sol,

V.4.1. Reconnaissance in-situ

Dans le cadre de la réalisation de ce dédoublement, il a été prévu et réalisé 6 puits de reconnaissance à la pelle mécanique de profondeur variant de 2.50m à 3.00m avec prélèvements d'échantillons de sol qui ont été soumis aux différents essais physiques, chimiques et mécaniques. (**Voir l'Annexe 2 : Tab 1**)

Interprétation des résultats :

- Les puits de reconnaissance ont mis en évidence la présence d'une formation d'**argile limoneuse** dont l'épaisseur varie entre 1.50m et 2.70m, avec la présence de blocs et de galets gréseux par endroits.
- Le toit de ces formations est recouvert par une couche de terre végétale.

V.4.2. Essais au laboratoire

Les échantillons prélevés au droit des puits de reconnaissance ont été soumis aux essais physiques, mécaniques et chimiques réalisés conformément aux exigences du bureau d'étude selon les normes en vigueurs au LTP/Est, afin de déterminer les propriétés suivantes :

V.4.2.1. Essais d'identification des puits

V.4.2.1.1. Teneur en eau :

Tableau V. 2:la teneur en eau

Puits	K1	K2	K3	K5	K6
W(%)	11.7	12.3	6.4	9.5	14.7

Le pourcentage de l'eau dans le sol, est un facteur important pour la classification de sol selon l'état hydrique

V.4.2.1.2. Essai granulométrique (NFP 94-056) :

Tableau V. 3:Résultat de l'essai granulométrique

Puits	Profondeur(m)	< 50mm	< 31.5mm	< 20mm	< 10mm	< 0.4mm	< 0.2mm	< 0.08mm
K1	2.20-2.50	100	100	100	100	83	72	63
K2	2.20-2.60	100	100	100	100	49	42	37
K3	2.30-2.60	100	100	100	100	95	71	48
K5	2.30-2.50	100	100	100	100	76	68	62
K6	2.30-2.50	100	100	100	100	86	74	67

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 37% à 63 %.

D'après ces résultats, la forte présence des sols fins est remarquée dans le sol.

V.4.2.1.3. Limites d'Atterberg (NFP 94-051)

Les résultats obtenus sont représentés comme suit :

Tableau V. 4: Limites d'Atterberg

Puits	Profondeur(m)	WL(%)	WP(%)	IP(%)
K1	2.20-2.50	37.83	18.72	19.11
K2	2.20-2.60	37.15	16.46	20.69
K3	2.30-2.60	30.83	16.34	14.48
K5	2.30-2.50	27.51	17.53	09.97
K6	2.30-2.50	49.30	26.61	22.69

Interprétation des résultats :

Tableau V. 6: Classification de sol par la valeur de bleu

Valeur de bleu de méthylène	Catégorie de sol
$V_{BS} < 0,1$	sol insensible à l'eau
$0,2 \leq V_{BS} < 1,5$	sol sablo limoneux, sensible à l'eau
$1,5 \leq V_{BS} < 2,5$	sol sablo argileux, peu plastiques
$2,5 \leq V_{BS} < 6$	sol limoneux de plasticité moyenne
$6 \leq V_{BS} < 8$	sol argileux.
$V_{BS} > 8$	sol très argileux.

Les valeurs au bleu de méthylène V_{BS} sont comprises entre $1.5 \leq VBs \leq 6$ ce qui représente des sols sableux argileux peu plastique, limoneux de plasticité moyenne qui sont caractérisés par des sols sensibles à l'eau.

V.4.2.2. Essais mécaniques des puits

Les résultats des essais Proctor normal, Proctor modifié et des essais CBR imbibés sont englobés dans le tableau suivant :

Tableau V. 7:Résultats des essais mécaniques des puits

Essais	N° Puits				
	K1	K2	K3	K5	K6
Teneur en eau optimale (%)	11.40	7.42	11.62	11.52	9.69
Densité sèche maximale (t/m^3)	1.78	1.88	1.90	1.83	1.76
CBR de 95% à l'OPM (%)	3.39	1.99	3.48	5.23	1.10

Interprétation des résultats :

- Les teneurs en eau optimal varient entre 7.42 et 11.62 % et les densités sèches maximales varient entre 1.76 et 1.9 t/m^3.
- Les valeurs de l'indice CBR varient entre 1.99 et 5.23avec une valeur moyenne de 3. D'après le catalogue algérien de dimensionnement chaussées neuves on conclut que la classe de portance de sol est de classe **S4** (une faible portance)
  La réalisation d'une couche de forme s'avère nécessaire avant la réalisation du corps de chaussée.

V.4.2.3. Essais chimiques des sondages

Les échantillons prélevés au droit des puits de reconnaissance ont été soumis aux essais chimiques, les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau V. 8:Résultat des essais chimiques

Puits	Profondeur(m)	Teneure exprimé en % par rapport au matériaux sec		
		insolubles	carbonates	Sulfates(SO_4^{-2})
K1	2.30-2.50	87.69	08.15	Néant
K2	2.30-2.60	34.65	62.22	Néant
K3	2.30-2.60	16.79	80.74	Néant
K5	2.30-2.50	58.48	34.07	Néant

Interprétation des résultats :

Tableau V. 9:classification des mâtereaux en fonction du pourcentage massique en carbonate

Teneur en carbonate(%)	classification	Exemple
<10	Non calcaire	Argile, sable siliceux
10 a 29	Peu calcaire	Marne
30 a 69	Moyennement calcaire	Marne
70 a 89	Fortement calcaire	Calcaire marneux
>90	Calcaire	Calcaire

Le taux de carbonates qui varie entre 8.15 % et 80.74%, ce qui confirme la nature argileuse marneuse du sous-sol.

V.4.3. 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 [20].

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

Exemple :

- **Granulométrie :**
  - Dmax = **31.5mm**
  - % des passants < 80.00µ **: 63%**

- **Conditions d'utilisation en remblai :**

Tableau V. 11: Conditions d'utilisation en remblai

sol	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai
A1m	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes.
	Pluie faible	**E** : extraction frontale **C** : compactage moyen **H** : remblai de hauteur moyenne ($\leq$ 10m)
	Ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen
	Evaporation importante	**Solution 1 : arrosage superficiel** **W** : arrosage superficiel pour maintien de l'état **C** : compactage moyen **Solution 2 : utilisation en l'état** **C** : compactage intense **H** : remblai de hauteur moyenne ($\leq$ 10m) **Solution 3 : extraction frontale** **E** : extraction frontale **C** : compactage intense
A2m	Pluie forte	**Mêmes conditions d'utilisation que la sous classe A1**
	Pluie faible	
	Ni pluie, ni évaporation importante	
	Evaporation importante	
A_2th		**Sols normalement inutilisables**

- **Conditions d'utilisation en couche de forme :**

Tableau V. 12: Conditions d'utilisation en couche de forme

sol	Observation générale	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme
A_{1m}	La grande sensibilité à l'eau des sols de cette classe implique de les traiter avec liant hydraulique associes éventuellement a de la chaux, ces sols se traitent généralement en place .	**Pluie faible**	Situation météorologique ne garantissant pas une maitrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol +liants
		Pas de pluie	**W** : Arrosage pour maintien de l'état hydrique. **T** : Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux. **S** :Enduit de cure gravillonné éventuellement clouté.
A_{2m}	La sensibilité a l'eau des sols de cette classe implique de les traiter le plus souvent en associant chaux plus liant hydraulique étant donne l'importance de la fraction argileuse ,traitent généralement en place.	**Pluie faible**	Situation météorologique ne garantissant pas une maitrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol +liants
		Pas de pluie	**W** : Arrosage pour maintien de l'état hydrique. **T** : Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux. **S** :Enduit de cure gravillonné éventuellement clouté.
A_{2th}			**Sols normalement inutilisables**

V.5. CONCLUSION

➢ **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 A ; qui sont des sables argileux et limoneux moyennement sensible à l'eau avec une variété de présence des fines.

➢ **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 et couche de forme :**

La classification des matériaux de déblais permet de déduire que les matériaux des déblais sont relativement réutilisables en remblais et en couche de forme avec un traitement selon la situation météorologique avec la nécessité d'utiliser les matériaux des gites d'emprunt.

CHAPITRE VI

DIMENSIONNEMET DE CORPS DE CHAUSSEE

VI.1. INTRODUCTION

Le dimensionnement des structures de chaussée (neuve ou renforcement) constitue une étape importante de l'étude d'un projet routier. Il s'agit simultanément de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Afin d'assurer de bonnes caractéristiques mécaniques qui lui permettra de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

VI.2. DEFINITION DE LA CHAUSSEE

- **Au sens géométrique :** C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.
- **Au sens structurel :** C'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges.

VI.3. LES DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEE

Selon (Guide Pratique SETRA) les chaussées peuvent se diviser en trois types :

VI.3.1. Les chaussées souples :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs

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

VI.3.2. Les chaussées semi –rigides :

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

VI.3.3. Les chaussées rigides :

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

VI.4. FACTEURS DE DIMENSIONNEMENT

Le nombre des couches, leurs épaisseurs et les matériaux d'exécution, sont conditionnées par plusieurs facteurs tels que :

VI.4.1. Trafic :

Le trafic est essentiellement lié aux poids lourds (véhicules supérieurs à 3,5 tonnes), « catalogue CTTP 2001 » Il intervient comme paramètre d'entré dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèques des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée.

VI.4.2. Le climat et l'environnement :

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations.

L'amplitude des variations de température et la température maximum interviennent dans le choix du liant hydrocarboné.

Les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol-support et donc sa portance ainsi que les possibilités de réemploi des matériaux de déblai en remblai

VI.4.3. Le sol support :

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate–forme support de chaussée » constituer 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.4.4. Les matériaux :

Les matériaux utilisés doivent être conformes aux exigences en fonction de la couche de chaussée concernée et du trafic.

VI.5. APPLICATION DU PROJET

VI.5.1. PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT

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

- La méthode de C.B.R (Californie -Baring - Ratio)
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.

VI.5.2. Méthode de C.B.R

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

L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

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

- N: Désigne le nombre moyen de camion de plus de 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.5.2.1. L'épaisseur équivalente :

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$E_q = \sum e_{réelle} \times a_i$$

- $e_1 \times a_1$: 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 utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobé dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concassé 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

Pour ce projet on a :

- PL =18 %
- Le taux d'accroissement T =4%.
- CBR de sol =3
- $TJMA_{2021}$=11146 v/j.
- Durée de vie 20 ans.
- $TJMA_{2021\ (par\ sens)}$ = 11146x (2/3) =**7430 V /J/sens.**
- PL_{2021} = 7430×0.18 = **1338 PL/j/sens.**
- PL_{2041} =1338 × $(1 + 0.04)^{20}$ = **2932 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

$N_{PL\ 2041}$= 2932x0.9=**2639 PL/j/sens par la voie la plus chargée.**

Donc l'épaisseur équivalente :

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

N= 2639PL//j/sens.

I_{CBR}=3

$$\mathbf{Eeq} = \frac{\mathbf{100 + \sqrt{6.5}(75 + 50\log\frac{2639}{10})}}{\mathbf{3 + 5}}$$

Eeq≈75cm

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;

- **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)** **$\Rightarrow c_2 = 1,6$**

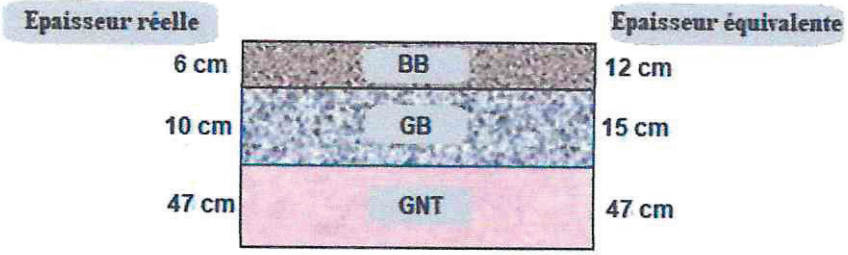
- **Couche de fondation**

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

$75=6\times2 + 10\times1.6 + e_3\times1 \Rightarrow e_3=75-6x2-10x1.5 =$**47cm**

Donc on prend **48cm** de GNT,

On aura :



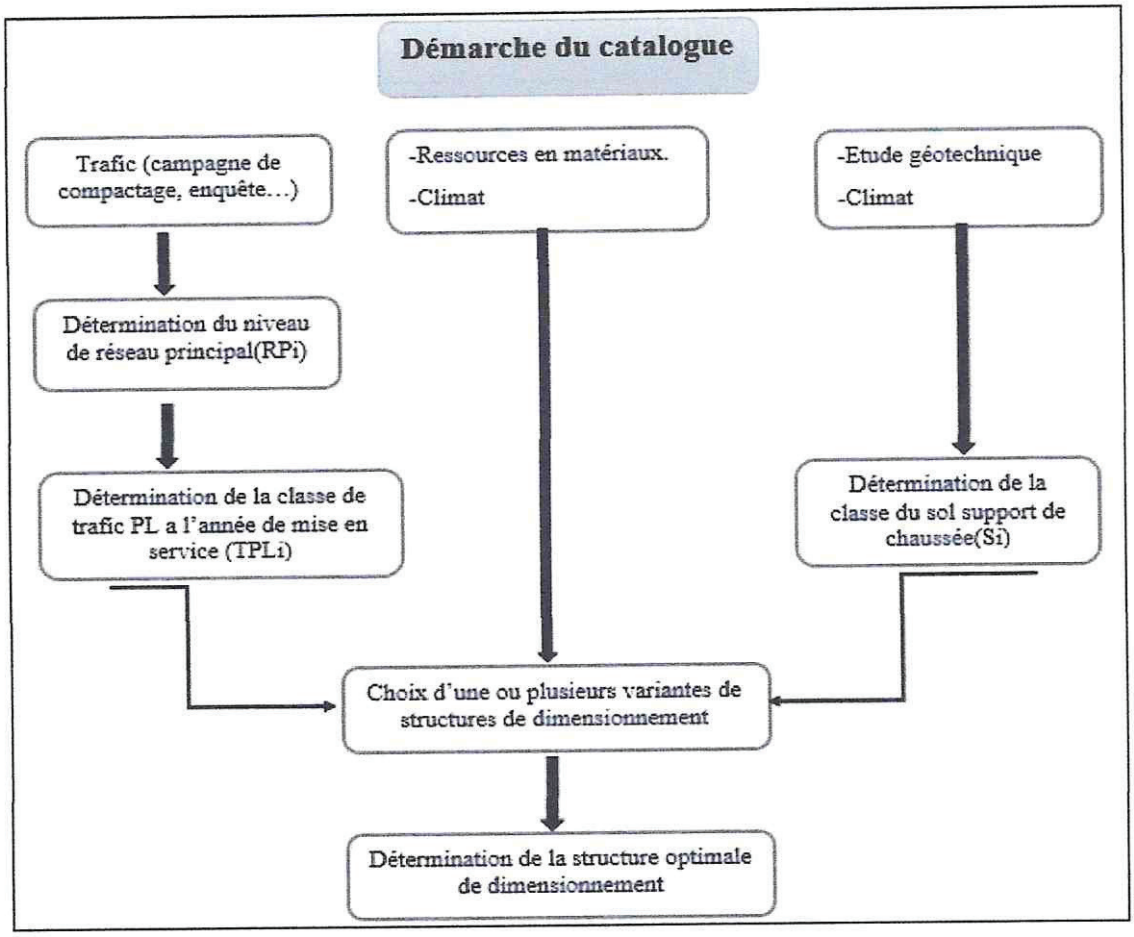
C'est-à-dire : Épaisseur réelles est de

6(BB) + 10(GB) +47 (GNT) = 63cm

VI.5.3. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelle qui se base sur deux approches [21] :

- Approche théorique.
- Approche empirique.



Les données de base pour le dimensionnement de chaussée sont :

- Les données climatiques.
- Le trafic.
- La durée de vie.
- Le sol support de chaussée.
- Le risque de calcul considéré.
- Les caractéristiques des matériaux.

VI.5.3.1. Trafic

VI.5.3.1.1. Détermination du réseau principal

D'après le catalogue on a la classification suivante :

Tableau VI. 2: Choix du type de réseaux principal

Réseau principal	Trafic
RP1	>1500 v/j
RP2	<1500 v/j

On a **TJMA2020**=11146v/j > 1500

Donc : **Le réseau principal est RP1**

VI.5.3.1.2. Détermination de la classe de trafic (TPLi)

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.

L'évaluation du trafic sur la section s'exprime comme suit :

- Le Pourcentage de poids lourds : Z =18% ;
- La durée de vie est de 20 ans ;
- Taux de croissance de poids lourds : τ= 4% ;
- TJMA (2018) =9908 V/j ;
- TJMA (2021) =11146 V/j ;
- TPL (2021) (mise en service) =0.18 x 11146=2007 PL/j
- TPL (2021) =2007× (1/2) =1003.5 PL/j/sens.

➢ **Répartition du trafic**

Nous avons une chaussée unidirectionnelle (2 voies) :

D'après le catalogue du dimensionnement algérien, la répartition du poids lourd est de 90% sur la voie de droite la plus chargée.

Donc : TPL_{VPL} (2021) = 1003.5×0.9 = 903.15(PL/j/voie plus chargée).

➢ **Classe TPL_i pour RP1 :**

Tableau VI. 3: Classes de trafic du poids lourd

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 $=TPL_{2021}$ =903.15 PL/J/sens.

Donc on a **600< 903.15 < 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

$$TCi = [903.15x365((1+0.04)^{20}-1)] / 0.04=9816336.15$$

$$TCi=9.8\times10^6$$

✓ **Calcul le trafic cumulé équivalent**

$$TCEi =TCi. A$$

A : coefficient d'agressivité de PL par rapport à l'essieu de référence de 13t en fonction de réseau principal RPi

Tableau VI. 4: Valeur du coefficient d'agressivité « A » (Fascicule 2)

Niveau de réseau principal (RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume :GB/GB,GB/Tuf, GB/SG,GB/GNT.	0.6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL, BCg/GC	1

Pour notre cas, la structure type sera en matériaux traités au bitume, et d'après le tableau de « catalogue du dimensionnement algérien » Le coefficient **A = 0,6.**

Donc : TCEi=9.8 10^6×0.6 **=5880000** essieux équivalents de 13t.

VI.5.3.1.3. Détermination de la classe de portance de sol-support :

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 sols-supports de chaussée

Tableau VI. 5: La portance de sol support

Portance(Si)	S4	S3	S2	S1	S0
E(MPa)	<25	25-50	50-125	125-200	>200

Le sol doit être classé selon le module du sol support (E=5×CBR), CBR=3 ➡ E=15

Donc d'après le tableau de la portance du sol support est de **S4.**

Le catalogue algérien ne prend pas de fiche de dimensionnement pour une structure de TPL5, S4 et la zone I, à cet effet il est nécessaire de surclasser de S4 à S2 avec la mise en place de couche de forme de 60cm (TUF).

On a un sur classement de sol support, le tableau suivant donne des indications sur le choix de la couche de forme à réaliser.

Tableau VI. 6: Sur classement avec couche de forme en mâtereau non traité

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

VI.5.3.1.4. La zone climatique :

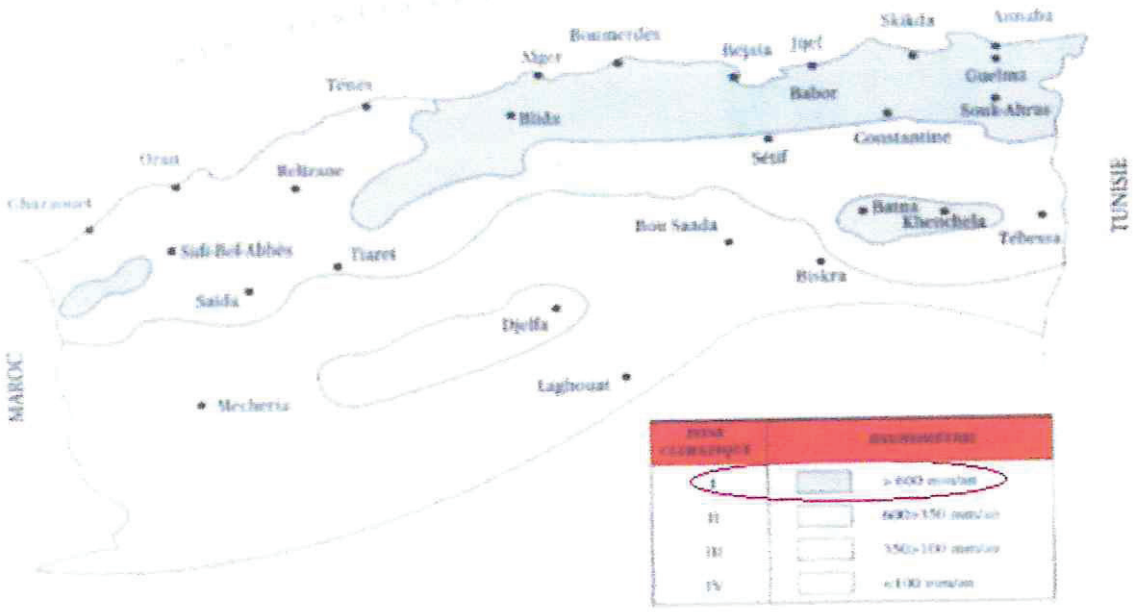


Figure VI. 1: Carte climatique de l'Algérie

D'après le «catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (2001CTTP) », le site de projet est classé en **zone I.**

VI.5.3.1.5. La température équivalente :

Tableau VI. 7: Choix de la température équivalente (Fascicule 2)

Zone climatique	I et II	III	IV
Température équivalente θeq	20°c	25°c	30°c

Donc :

$$\theta eq=20°c.$$

VI.5.3.1.6. Le risque de calcul :

Le réseau RP1 et classe trafic TPL5, d'après le catalogue de dimensionnement algérien nous avons :

$$R=10\%$$

VI.5.3.1.7. Détermination le dimensionnement du corps de chaussée

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

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

- Réseau principal niveau 1 (RP1) GB /GNT
- Zone climatique I
- Durée de vie 20 ans et le taux d'accroissement 4%
- TPL5
- Classe de portance : S4

Avec les données citées ci-dessus et la classe visée S2, le catalogue de dimensionnement algérien (fascicule3) préconise une structure de :

6(BB) +20(GB) +30(GNT)

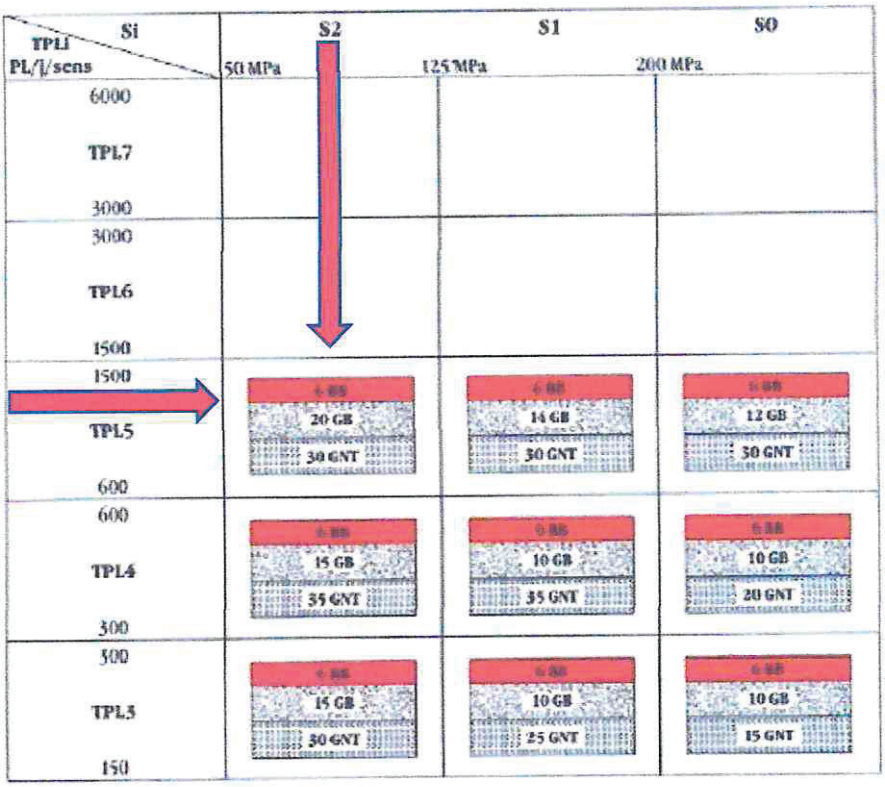


Figure VI. 2: Catalogue des chaussées

VI.6. VERIFICATION DES CONTRAINTES DE DIFFERENTES COUCHES

- Risque de calcul : **r = 10%.**
- Température équivalente : **θeq = 20°C.**
- Sol support : classe de sol support S4 : **E=5 x3= 15Mpa, ν=0.35**
- Condition aux interfaces : toutes les couches sont collées.
- Donnée de calage : **Kc=1.3**
- **TCEi=5.8x10^6** essieu équivalents de 13t.

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

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

$\varepsilon_{z.ad} = 22.10^{+3} x (9.8x10^{6})^{-0.235} = \mathbf{467.75}$

$$\boxed{\varepsilon_{z.ad} = 500{,}59.10^{-6}}$$

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

Avec :

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

- $\varepsilon_{6(10°C\ ,\ 25Hz}$: déformation limite détenue au bout de 106 cycle.
- Kne : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.
- Kθ : facteur lié à la température.
- Kr : facteur lié au risque et aux dispersion.
- Kc : facteur lié au calage.

Tableau VI. 8: Performances mécaniques des matériaux bitumineux

Matériau	E(30°, 10HZ) (MPa)	E(25°,10 HZ) (MPa)	E(20°,10H Z) (MPa)	E(10°,10H Z) (MPa)	ε_6(10°c,25 hZ)10^{-6}	-1/b	SN	S_H	ν	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 le Catalogue de Dimensionnement Algérien et les tableaux ci-dessus on résume les paramètres suivant :

- ✓ θ_{eq} = température équivalent (θ_{eq} = 20c°) => E (20°,10Hz)=7000 MPa.
- ✓ C : coefficient égal 0.02
- ✓ -1/b=6.84 ; b=-0.146
- ✓ r= 10%, d'ou t = 1.282
- ✓ Kc = 1.3

- $\mathbf{Kne} = \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b$ $\qquad$ $\mathbf{Kne} = \left(\frac{5.8x\ 10^6}{10^6}\right)^{-0.146}$

$$\mathbf{Kne = 0.74}$$

- $\mathbf{K\theta} = \left(\frac{E(10°C,10Hz)}{E(\theta eq,10Hz)}\right)^{0.5}$ $\qquad$ $\mathbf{K\theta} = \left(\frac{12500}{7000}\right)^{0.5}$

$$\mathbf{K\theta = 1.336}$$

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

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

- $\mathbf{Kr} = 10^{-1.282x0.146x0.61} = 0.769$

$$\mathbf{Kr = 0.769}$$

D'ou :

$\varepsilon_{t.ad} = 100.10^{-6} \times 0.769 \times 1.3 \times 0.74 \times 1.336 = \mathbf{98.83x10^{-6}}$

$$\boxed{\varepsilon_{t.ad} = 98.83.10^{-6}}$$

VI.6.3. Vérification de l'Alizé-LCPC

➢ Pour une structure de **6BB+20GB+30GNT**

épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0	0,350	0,000	45,6	0,369	20,2	0,660
	collé		0,060	21,1	0,289	65,4	0,603
0,100	7000,0	0,350	0,060	21,1	0,488	25,1	0,603
	collé		0,160	-21,8	-0,099	43,1	0,254
0,100	7000,0	0,350	0,160	-21,8	-0,099	43,1	0,254
	collé		0,260	-81,6	-0,750	76,0	0,050
0,050	400,0	0,350	0,260	-81,6	-0,018	149,3	0,050
	collé		0,310	-86,0	-0,026	141,1	0,042
0,250	250,0	0,350	0,310	-86,0	-0,008	180,0	0,042
	collé		0,560	-83,9	-0,020	138,8	0,022
6,000	100,0	0,350	0,560	-83,9	-0,001	219,9	0,022
	collé		6,560	0,0	0,000	5,8	0,001
infini	10000,0	0,250	6,560	0,0	0,000	0,1	0,001

Grandeurs affichées: ○ tableau 1 ○ tableau 2 ○ tableau 3 ○ tableau 4 ○ tableau 5 ○ tableau 6 ○ tableau 7 ○ tableau 8

Déflexion =27,9 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 918,2 m

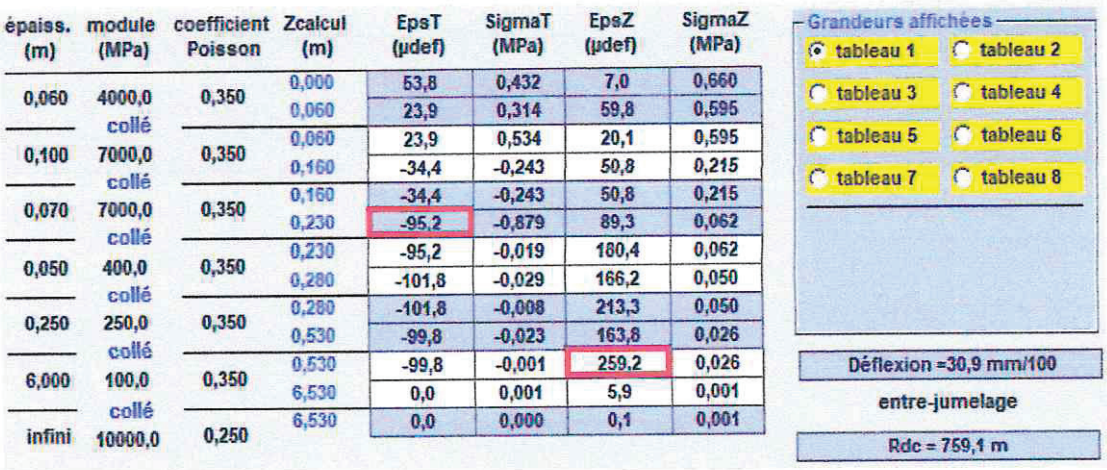
Figure VI. 3:Vérification de l'Alizé-LCPC

Tableau VI. 9:valeurs des déformations

	Déformation calculées	Déformations admissibles
ε_z	$219.9\ 10^{-6}$	$500.59\ 10^{6}$
ε_t	$81.6\ 10^{-6}$	$98.83\ 10^{-6}$

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

➢ Pour une structure de **6BB+17GB+30GNT**



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0	0,350	0,000	53,8	0,432	7,0	0,660
	collé		0,060	23,9	0,314	59,8	0,595
0,100	7000,0	0,350	0,060	23,9	0,534	20,1	0,595
	collé		0,160	-34,4	-0,243	50,8	0,215
0,070	7000,0	0,350	0,160	-34,4	-0,243	50,8	0,215
	collé		0,230	-95,2	-0,879	89,3	0,062
0,050	400,0	0,350	0,230	-95,2	-0,019	180,4	0,062
	collé		0,280	-101,8	-0,029	166,2	0,050
0,250	250,0	0,350	0,280	-101,8	-0,008	213,3	0,050
	collé		0,530	-99,8	-0,023	163,8	0,026
6,000	100,0	0,350	0,530	-99,8	-0,001	259,2	0,026
	collé		6,530	0,0	0,001	5,9	0,001
infini	10000,0	0,250	6,530	0,0	0,000	0,1	0,001

Figure VI. 4:Vérification de l'Alizé-LCPC

Tableau VI. 10:valeurs des déformations

	Déformation calculées	**Déformations admissibles**
ε_z	$259.2\ 10^{-6}$	$500.59\ 10^{-6}$
ε_t	$95.2\ 10^{-6}$	$98.8\ 10^{-6}$

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

Pour un aspect économique, il est recommandé d'optimiser la structure donc on a une structure de 6BB+17GB+30GNT cette structure est vérifiée par **l'Alizé-LCPC.**

VI.7. CONCLUSION

Le dimensionnement du corps de la chaussée par les deux méthodes (CBR et catalogue de chaussée Neuve) donne les résultats suivants :

Tableau VI. 11: Structure retenue par les deux méthodes (CBR et catalogue de chaussée neuve)

Structure A Méthode CBR	**Structure B Méthode du catalogue de chaussée neuve**
6 cm BB	6 cm BB
10cm GB	17 cm GB
47cm GNT	30 cm GNT

Dû à la petite différence entre les corps de chaussée obtenus par les deux méthodes (CTTP, CBR)

On se propose de faire le choix de celui élaboré par le catalogue algérien pour les raisons suivant :

- Une vérification a été effectuée en termes de déformations verticales et horizontales (traction) les résultats obtenus par Alize montrent que les déformations restent dans les limites admissibles.
- La méthode de CTTP prend en considération plusieurs paramètres qu'influence le comportement du corps de chaussée tels que (la zone climatique, le nombre de trafic cumulé de la route, la durée de vie, type de réseaux…).
- Le catalogue algérien des chaussées neuves est un guide élaboré par l'organisme algérien CTTP et agrée par le ministère des travaux publics. Il a été élaboré en fonction données liées aux : trafic, climat et matériaux de l'Algérie.
- Le corps de chaussée adopte pour le présent projet est celui de la méthode catalogue CTTP : **6 BB + 17 GB + 30 GNT** avec une couche de forme **(60TUF sur 2 couches).**

CHAPITRE VII

ETUDE HYDRAULIQUE ET ASSAINISSEMENT

VII.1. INTRODUCTION

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines, C'est-à-dire :

- L'assèchement de la surface de circulation par des pentes transversale et longitudinale, vers des fossés, caniveaux, cunettes, rigoles, gondoles, etc…
- Les drainages : *ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines* (tranchées drainant et canalisations drainant).
- Les canalisations : ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambre, cheminées, sacs, …).

VII.2. OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT

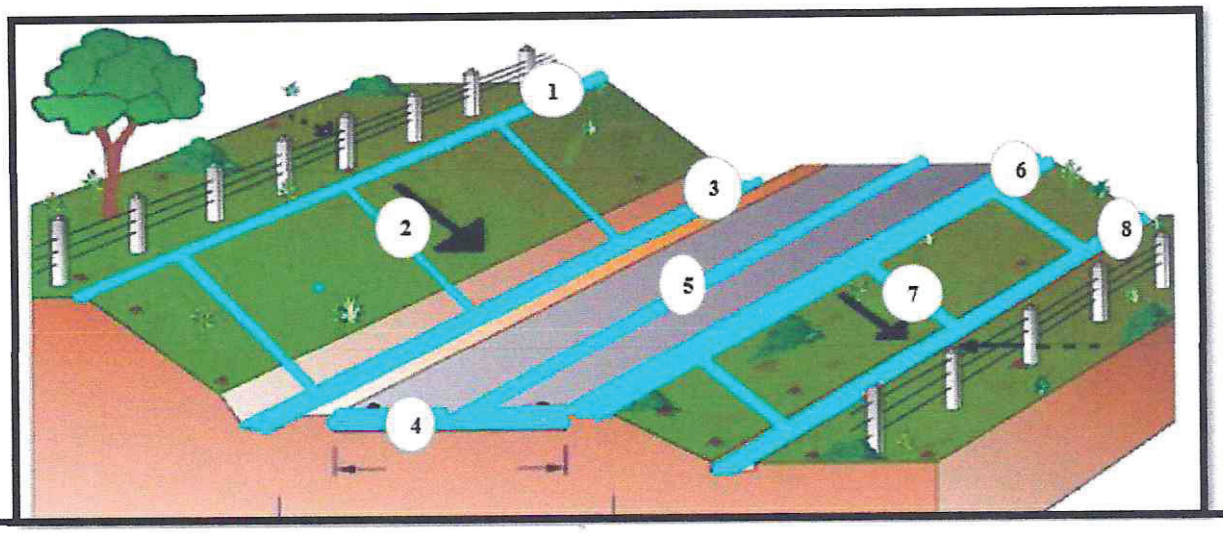
L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux de ruissellement de surface de chaussée (danger d'aquaplaning).
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à traverse de corps de la chaussée (danger de ramollissement du terrain sous -jacent et effet de gel.
- Éviter les problèmes d'érosions.
- Garantir la stabilité de l'ouvrage pour toute sa durée de vie.
- La sauvegarde de l'ouvrage routier (car l'eau accélère la dégradation de la surface, augmente la teneur en eau du sol support, entraînant par la suite des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée).

VII.3. NATURE DES RESEAUX ASSAINISSEMENT ROUTIER

Un réseau est constitué d'un assemblage d'ouvrages élémentaires, linéaires ou ponctuels superficiels ou enterrés. Son rôle est de collecter les eaux superficielles ou internes et de les canaliser vers un exutoire, point de rejet hors de l'emprise routière; il peut également contribuer au rétablissement d'un écoulement naturel de faible importance, coupé par la route. Il s'agit définir les réseaux constitue l'ouvrage :

- Ouvrage de collecte (caniveaux, fosse…).
- Ouvrage de concentration des eaux (regards, avaloirs…).
- Ouvrage d'évacuation (Tête de buses, Collecteurs...).



①Le réseau de crête de talus de déblais

②Les descentes d'eau sur talus de déblais

③Le réseau de pied de talus de déblais

④Les traversées sous chaussées

⑤Le réseau de terre-plein central

⑥Le réseau de crête de talus de remblais

⑦Les descentes d'eau sur talus de remblais

⑧Le réseau de pied de talus de remblais

VII.4. 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).

VII.4.1. Situation Climatologie

Le territoire de la Wilaya de Guelma se caractérise par un climat subhumide au centre et au Nord et semi-aride vers le Sud. Ce climat est doux et pluvieux en hiver et chaud en été dû au facteur de l'altitude de la wilaya

La température qui varie de 4° C en hiver à plus de 35° C en été est en moyenne de 17,3° C.

La pluviométrie varie de 400 à 500 mm/an au Sud jusqu' 'à près de 1000 mm/an au Nord. Près de 57 % de cette pluviométrie est enregistrée pendant la saison humide (Octobre –Mai)

VII.4.1.1. Les précipitations mensuelles :

Les données de précipitation mensuelle couvrent une période de 34 ans (1975 -2009), elles sont résumées dans le diagramme suivant :

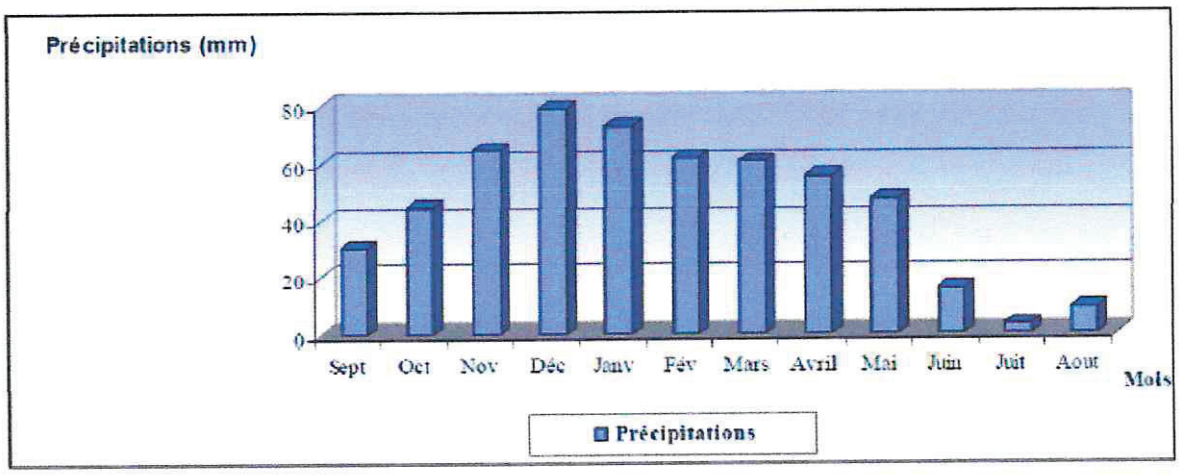


Figure VII. 1: Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Guelma(1975-2009) [24].

VII.4.1.2. Les pluies torrentielles :

Les pluies torrentielles ont des conséquences néfastes à plusieurs égards :

- Elles accélèrent les phénomènes d'érosion, surtout sur les terrains nus à pente forte ou moyenne ;
- Elles sont à l'origine de la dégradation des infrastructures routières, notamment les routes de montagne réalisées sur terrains marneux.
- Elles constituent un facteur de risque aux inondations, pour les populations résidant aux abords des oueds ou dans les dépressions dépourvues d'exutoires. Au niveau du périmètre d'étude, ces pluies torrentielles se manifestent durant toute l'année, à l'exception du mois de Juillet.

VII.4.1.3. La température :

La température est le deuxième facteur dans l'étude climatique, car elle agit directement sur le phénomène d'évapotranspiration et par conséquent le déficit d'écoulement annuel et saisonnier. On dispose des données de températures moyennes mensuelles de la station d'Annaba période de (1972-2009) et la station de Guelma durant la période (1985-2009).

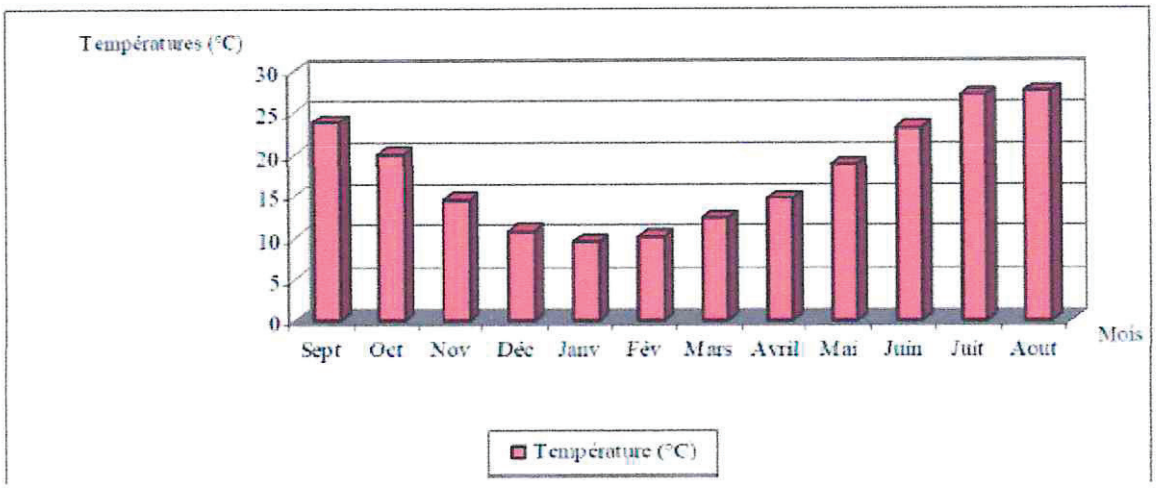


Figure VII. 2: Variation des températures moyennes mensuelles dans la station de Guelma durant la période (1985-2009).

VII.4.2. Bassins versants :

VII.4.2.1. *La délimitation des bassins versants :*

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).

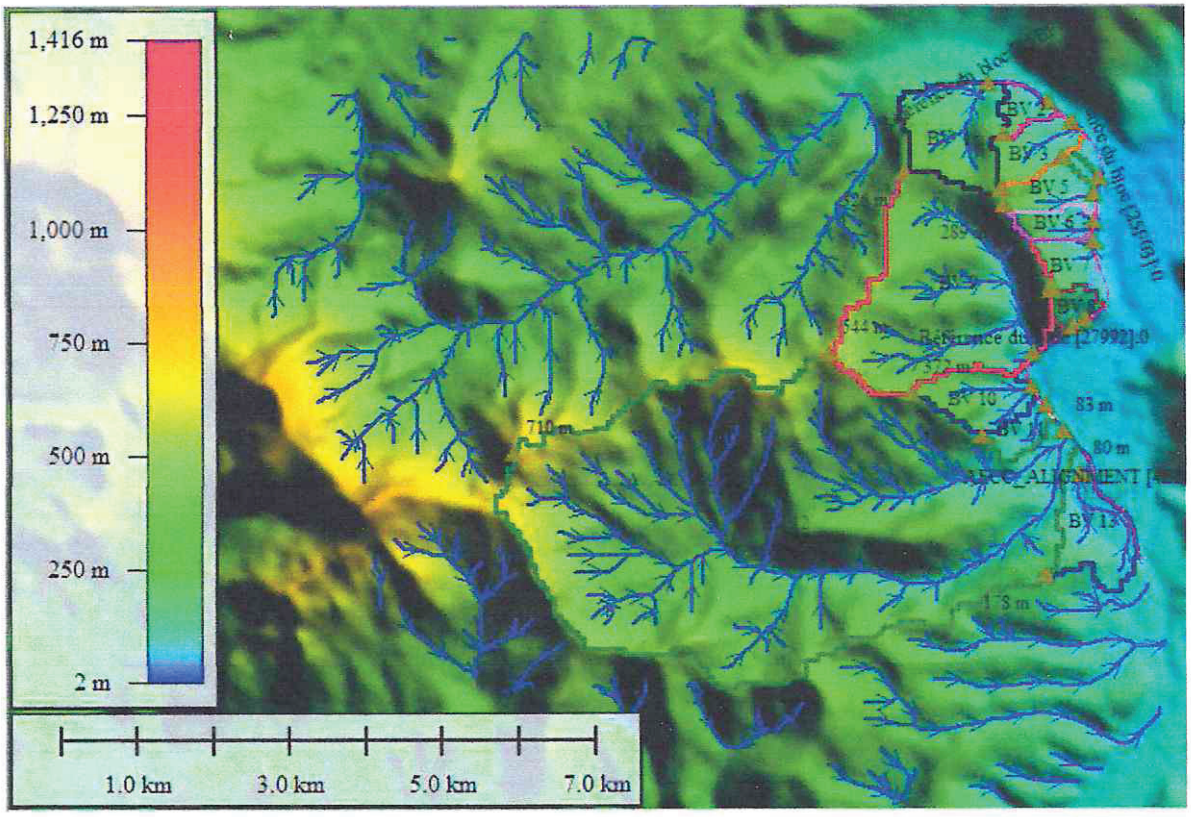


Figure VII. 3:Délimitation des bassins versants par Globale Mapper

- **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.

- **Surface du bassin versant :**

La surface du bassin versant est la projection de la surface sur un plan horizontal, elle est mesurée par planimétrie, dans notre cas, les surfaces des bassins versants sont mesurées à l'aide du logiciel Global Mapper.

- **La longueur principale de thalweg :**

Les longueurs des thalwegs sont mesurées par curvimètre numérique à l'aide du logiciel Global Mapper.

VII.4.2.2. Caractéristiques des sous bassins versants (BV) :

Un traitement cartographique approprié a permis de déterminer les principales caractéristiques morpho métriques des sous bassins versant.

VII.4.2.2.1. La pente moyenne du thalweg :

La pente du thalweg est exprimée par le rapport suivant :

$$I = (H_{max} - H_{min}) / l_{c.e}$$

Avec :

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

VII.4.2.2.2. Indice de compacité Kc :

L'indice de compacité, ou indice de Graveluis est un paramètre indicateur de la forme du bassin versant ; il renseigne aussi sur la vitesse de concentration des débits, la puissance des crues et l'importance de l'activité de l'érosion du sol.

$$Kc = 0{,}28 \times P/\sqrt{S}$$

Plus ce coefficient s'approche de 1, plus la forme du bassin versant sera ramassée et plus le temps de concentration des eaux seront court.

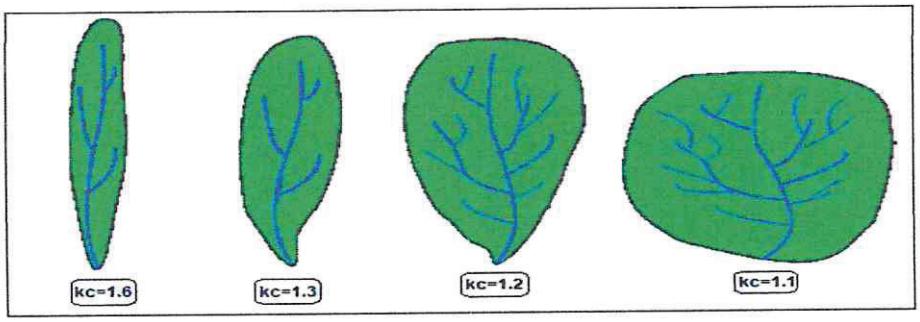


Figure VII. 4: Indice de compacité

Exemple :

Pour BV 1 :(P=6.619km, S=1.602km$^{2)}$, donc:

$$Kc = 0{,}28 \times 6.619/\sqrt{1.602}$$

$$K_c = 1.47$$

Tableau VII. 1: Caractéristiques principales des bassins versants

Bassin Versant	PK	Surface A (km^2)	Perimetre (km)	Kc	Hmax (m)	Hmin (m)	Longueur Lc.e (km)	Pente moy (P) %
BV1	40+600	1.602	6.619	1,475	326	117	1.274	16.41
BV2	41+340	0.3159	3.139	1,576	221	90	0.828	15.82
BV3	41+900	0.695	4.417	1,495	292	86	1.288	16.00
BV4	42+770	0.1028	2.064	1,816	128	79	0.520	9.43
BV5	42+980	0.564	4.133	1,552	292	80	1.213	17.48
BV6	43+350	0.4004	3.446	1,536	289	78	1.220	17.29
BV7	43+820	0.4461	3.007	1,270	218	78	0.764	18.33
BV8	45+180	0.2865	2.377	1,253	216	79	0.619	22.13
BV9	45+640	5.719	11.961	1,411	544	77	2.426	19.25
BV10	46+260	0.925	5.067	1,486	372	78	1.489	19.74
BV11	46+460	0.3674	3.501	1,629	193	81	1.156	9.69
BV12	46+940	22.154	26.729	1,602	710	83	3.356	18.68
BV13	48+240	1.22	6.381	1,630	178	80	1.191	8.23

VII.4.3. Calcul hydraulique :

VII.4.3.1. Estimation du temps de concentration :

Le temps de concentration est une caractéristique importante dans la formation de la crue pluviale et son débit de pointe. Il intègre l'influence complexe des processus hydrauliques et hydrologiques sur les versants et dans le lit de l'oued. Pour les crues, cette variable caractérise la vitesse de propagation de la phase maximale, 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.

- **Temps de concentration tc :**

✓ $t_c = 0{,}127.\sqrt{\frac{A}{P}} \Rightarrow$ Si A < 5 km², selon **VENTURA.**

✓ $t_c = 0{,}108.\frac{\sqrt[3]{A.L}}{\sqrt{P}} \Rightarrow$ Si 5 km²≤A< 25 km², selon **PASSINI**

✓ $t_c = \frac{4\sqrt{A}+1{,}5.L}{0{,}8.\sqrt{H}} \Rightarrow$ Si 25km²≤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 13) : (A = 1.22 Km², P= 8.23 %, L=1.191km) A < 5 km² : donc on applique la formule heures de Ventura

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

$$tc=0{,}127 \times \sqrt{(1.22 \div 0.0823)}=0.490\text{heures}$$

Pour (BV 12) : (A =22.154Km², P= 18.68%, L=3.356km)5 km² <A <25 km² : donc on applique la formule heures de Passini

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

$$tc = 0{,}108 \times \sqrt[3]{(22.154 \times 3.356)} \div \sqrt{0.1868}=1.051\text{heures}$$

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

VII.4.3.2. 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=0.63 ;

a(t) : coefficient de Montana ;

Tableau VII. 2: Coefficient de Montana.

T (années)	2	5	10	20	50	100
a(t)	15.1	21.2	25.2	29.1	34	37.8

Exemple :

Pour (BV 01) :(tc= 0.397 h, b= 0.63, a(t)10 ans=25.2, a(t)50 ans=34, a(t)100 ans=37.8)

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

Donc :

I(t) 10ans = $25.2\times 0.397^{-0.63} = 45.099$ mm /h

I(t) 50ans = $34 \times 0.397^{-0.63} = 60.85$mm/h

I(t) 100ans = $37.8\times 0.397^{-0.63} = 67.65$ mm/h

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

VII.4.3.3. Coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement C signifie le pourcentage des eaux écoulées sur la terre saturée de pluies par rapport à la quantité totale des eaux courantes, il dépend de :

- La nature du sol.
- L'état de végétalisation sur la terre écoulée.
- La pente P de l'isohypse.

- ❖ Les valeurs des coefficients de ruissellements sont représentées dans

L'Annexe 2 Tab 4.

Application au projet :

- ➢ Couverture : pâturage
- ➢ 10 < P< 30 ⇨ montagne
- ➢ Argile

D'après le tableau : **C=0.6**

VII.4.3.4. Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue):

Pour estimer les débits de crue des différents bassins versant obtenus par délimitation, on utilise plusieurs méthodes qui sont élaborées en fonction de la pluie et des caractéristiques physiques des bassins versants.

Pour évaluer le débit maximal des bassins versants, on a utilisé les formules suivantes :

- **Formule rationnelle : (A <10 km2) :**

$$Q_T = (C \times I \times A) / 3.6$$

Tel que :

- Q_T : débit maximal de la crue de période de retour voulue (m^3/s).
- **C** : coefficient de ruissellement.
- **I** : intensité de pluie (mm /h) pour le temps de concentration du BV et la récurrence souhaitée.
- **A** : la surface du bassin versant (km^2).

Exemple :

Tenant compte le bassin versant N° 1:

A = 1.602 km^2 <10 km^2

I (10 ans) =45.099mm/h, I (10 ans) =60.85 mm/h,I(10 ans)=67.65 mm/h

C=0.6

Donc :

Q_{10}=(0.6x45.099x1.602) /3.6=12.041m^3/s

Q_{50}= (0.6x60.85x1.602)/3.6=16.25 m^3/s

Q_{100}= (0.6x67.65x1.602)/3.6=18.06 m^3/s

- **Formule de transition : (10 Km^2 < A < 50 Km^2) :**

$$Q_T = \alpha\, Q_{(RT)} + \beta\, Q_{(CT)}$$

Tel que :

- Q_T: débit de projet de période de retour T.
- **$Q_{(RT)}$:** débit fourni par la formule rationnelle, période de retour T.
- **$Q_{(CT)}$:** débit fourni par la formule Crupédix, période de retour T.
- **α, β** : coefficients de pondération : $\alpha = (50-A)/40$, $\beta = 1 - \alpha$.

Exemple :

Tenant compte le bassin versant N° 12:

Calcule de Q(c) :

- ✓ A=22.154km^2 (10 Km^2 < A < 50 Km^2)
- ✓ P_J=80.9 mm/j
- ✓ R=1.5
- ✓ b'=2 pour A> 20 km^2
- ✓ Q_R=121.67 m^3/s

$$Q_C = 2x\,(22.154^{0.8}) \times (80.9/80) \times 1.5$$

$$Q_C = 36.58 m^3/s$$

Valeur de α et β :

$\alpha = (50-22.154)/40 = 0.67$
$\beta = 1 - \alpha = 0.33$

Donc : $Q_T = (0.67 \times 121.67) + (36.58 \times 0.33) = 93.59 m^3/s$

- **Formule Crupedix :(A >50 Km2) :**

$$Q_{100} = b' \times Q_{10}$$

$$Q_{10} = A^{0.8} \times (P_J/80) \times R$$

Tel que :

- A [km2] : surface du bassin versant.
- P_J [mm / j] : Précipitation journalière maximale décennal.
- R: coefficient régional :
  - ✓ R = 0,2 pour des terrains perméables.
  - ✓ R = 1,5 à 1,8 pour des terrains imperméables.
  - ✓ R = 1 pour des terrains intermédiaires.

Avec : $1,4 \leq b' \leq 4$

Le paramètre b' est dépendant de la superficie du bassin versant :

- Jusqu'à 20 km2, b' est déterminé en appliquant la formule rationnelle (calcul de Q 10 et Q 100 comme si la formule rationnelle était applicable).
- Au-delà de 20 km2, b' est déterminé à partir des données provenant des cours d'eau jaugés sur des bassins versants représentatifs à proximité du projet. A défaut, b' = 2 au minimum.

❖ Les valeurs des débits d'apport sont représentées dans **l'Annexe 2 Tab 5.**

VII.4.3.5. Période de récurrence de la crue de projet :

Pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques de franchissement du tracé de la pénétrante, 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 …

VII.4.3.6. 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.

VII.5. 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).

VII.5.1. 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
- ***2.5m/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 (la pente minimale de l'ouvrage doit être supérieure à 0,1 %) 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.

VII.5.2. 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.

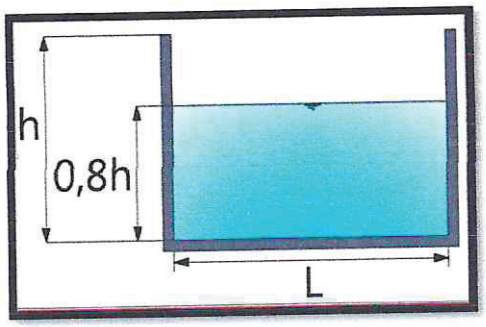


Figure VII. 5: Dimensions des dalots

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

Avec:

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

Sm : Surface mouillée = L × (0,8 h) ;

Rh : Rayon mouillé = Sm / Pm.

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

$$Q_{\bar{a}} = Q_{\bar{s}} \Rightarrow Q_{\bar{a}} = S_{\bar{m}} \cdot K_{ST} \cdot R_{\bar{H}}^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

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

VII.5.3. 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

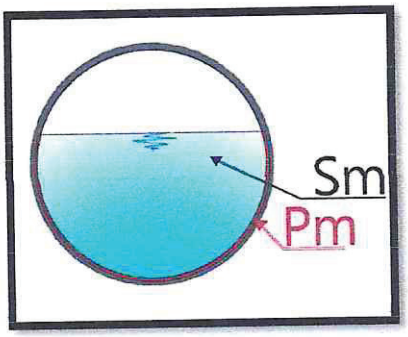


Figure VII. 6: Dimensions des buses

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

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

- Sm: section mouilléeS$_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$
- 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.

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

- 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 VII. 3: Calcul des dimensions des ouvrages dalots

N°BV	Qa (m^3/s) (50ans)	Nbr cellules	L(m)	H(m)	Sm (m^2)	Pm(m)	Rh(m)	I (%)	Qs (m^3/s)	V écoul (m/s) <4
BV01	16,25	1	2	3	4,8	6,8	0,71	0,5	18,84	3,92
BV02	5,27	1	2	1,5	2,4	4,4	0,55	0,5	7,93	3,30
BV03	9,09	1	2	2	3,2	5,2	0,62	0,5	11,46	3,58
BV05	8,09	2	1	2	1,6	4,2	0,38	0,5	8,32	2,60
BV06	6,38	1	2	1,5	2,4	4,4	0,55	0,5	7,93	3,30
BV07	7,01	1	2	1,5	2,4	4,4	0,55	0,5	7,93	3,30
BV08	5,48	1	2	1,5	2,4	4,4	0,55	0,5	7,93	3,30
BV09	45,14	3	2	3	4,8	6,8	0,71	0,5	56,51	3,92
BV10	11,82	2	2	1,5	2,4	4,4	0,55	0,5	15,86	3,30
BV11	5,01	1	2	1,5	2,4	4,4	0,55	0,5	7,93	3,30
BV12	93,59	1	5	4	16	11,4	1,4	0,5	99,27	6,20
BV13	10,84	1	2	2	3,2	5,2	0,61	0,5	11,45	3,58

Tableau VII. 4: Calcul des sections des ouvrages busés pour les sous bassins

N°BV	Q_a(m/s)	Nbr cellules	R(m)	P(m)	I (%)	Qs (m^3/s)	V écoule (m/s) <4	Diamètre normaliser Ø
BV 04	2,08	1	0,18	5,024	1,5	2,47	2,73	1Ø1500

VII.5.4. Dimensionnement des fossés :

VII.5.4.1. 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).

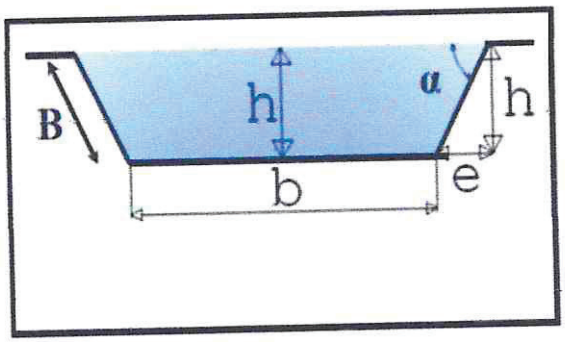


Figure VII. 7: Dimensions de fossé

VII.5.4.2. La section mouillée :

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

Avec :

$1/tg\ \alpha=m$, d'où : $e= m.h$

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

VII.5.4.3. Le périmètre mouillé :

$Pm= b + 2.B$

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

Avec : $\bar{P}_m = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$

VII.5.4.4. Le Rayon hydraulique :

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

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.

VII.5.4.5. 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 VII. 5: 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

VII.5.4.6. 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.

VII.5.4.6.1. Calcul de la surface :

Le dimensionnement de fossé se fait en tenant compte le talus de PK 4+890 au PK 5+420 avec une hauteur maximale de 7m et une pente de1 H/1V.

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

$$A_p = L_p \times l_p.$$

Tableau VII. 6: Calcul des surfaces de la plateforme et de talus

S.B.V.	Largeur (m)	Longueur (m)	Surface (m^2)
Chaussée revêtement en enrobés	7.5	530	3975
Accotement (Berme)	2	530	1060
Talus	/	530	10058
A_{total}	/	/	15093

L'intensité de l'averse It :

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

Avec : a (10) = 25.2 et b= 0.63

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

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

$$I_t = 25.2 \times 0.33^{-0.63}$$
$$I_t = 50.67 \text{ mm/h}$$

Tableau VII. 7: 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	50.67	0.003975	0,0531549708
Accotement	0.2778	0.40	50.67	0.00106	0,0059682774
Talus	0.2778	0.30	50.67	0.010058	0,0424733026
Qa_{total}					0,10159655

Donc : Qa = 0,10159655

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=0.5%(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:

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

$Q_a = \frac{1}{n} \times I^{\frac{1}{2}} \times [\frac{(H \times (b + m\,h)}{(b + 2h\sqrt{1+m^2})}]^{2/3} \times h\,(b + m\,h)$ 0.1472297

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 :

$$H = [\frac{0.10159655}{70 \times 0.5 \times \sqrt{0.005}}]^{\frac{3}{5}} \times [\frac{1 + 2\sqrt{2} \times \frac{h}{0.5}}{1 + \frac{h}{0.5}}]^{\frac{2}{5}}$$

D'après le calcul itératif on a trouvé la hauteur H= 0.17 m.

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

VII.6. L'État d'assainissement existe :

Les dimensions obtenues ont été comparé aux dimensions des ouvrages existants :

- Diamètre calcule est inférieur au diamètre existant, nous prolongerons l'ouvrage avec le diamètre de l'existant.
- Diamètre calcule est supérieur à l'existant, nous projetant de réaliser un ouvrage neuf sur tout la largeur (démolition de l'ancien).
- Les résultats complets de calcul sont joints dans **l'annexe 2 Tab 6**.

VII.7. 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.

CHAPITRE VIII

CONCEPTIONS DES CARREFOURS

VIII.1. INTRODUCTION

Un carrefour est un lieu d'intersection de deux ou plusieurs routes au même niveau. Le bon fonctionnement d'un réseau de voirie, dépend essentiellement de la performance des carrefours car ceux-ci présentent des lieux d'échanges et de conflits où la fluidité de la circulation et la sécurité du trafic sont indispensables.

L'analyse des carrefours sera basée sur les données recueillies lors des enquêtes directionnelles, qui doivent fournir les éléments permettant de faire le diagnostic de leur fonctionnement.

L'intersection de plusieurs voies routières peut être une source grave d'insécurité. Le tiers des accidents et 40 % des décès sur les routes nationales se produisent au niveau des carrefours. L'aménagement des carrefours a pour but de réduire cette insécurité.

VIII.2. CHOIX DE TYPE DE L'AMENAGEMENT

Pour le présent projet le choix du type d'aménagement est basé essentiellement sur les critères suivant :

- ✓ L'environnement et la topographie du terrain d'implantation.
- ✓ L'intensité et la nature du trafic d'échange dans les différents sens de parcours.
- ✓ Objectif de fonctionnement privilégié pour un type d'usager.
- ✓ Objectif de la capacité choisie.
- ✓ Objectif de sécurité.

VIII.3. LES PRINCIPAUX TYPES DE CARREFOUR

VIII.3.1. Carrefour à trois branches (en T) :

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires. Le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.

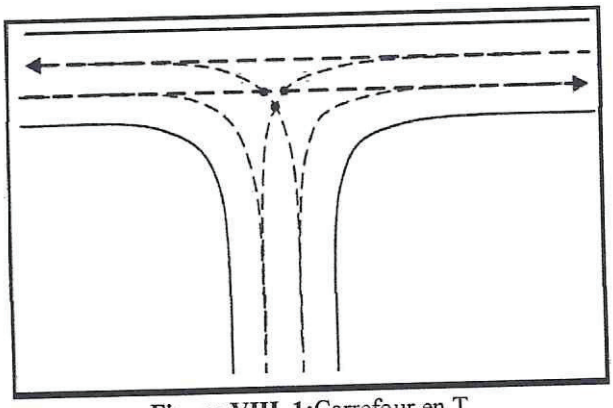


Figure VIII. 1: Carrefour en T.

VIII.3.2. Carrefour à trois branches (en Y) :

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principal est oblique (s'éloignant de la normale de plus 20°).

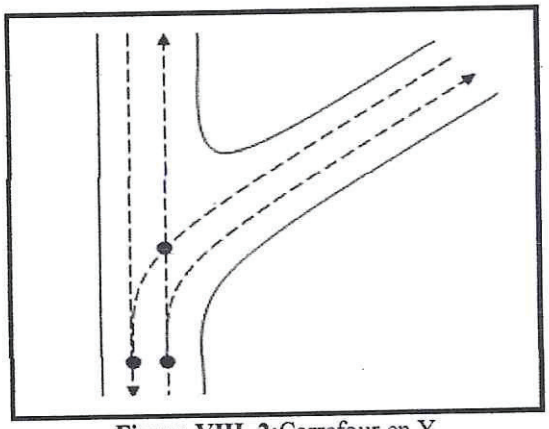


Figure VIII. 2: Carrefour en Y.

VIII.3.3. Carrefour à quatre branches (en croix) :

C'est un carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées (ou quasi)

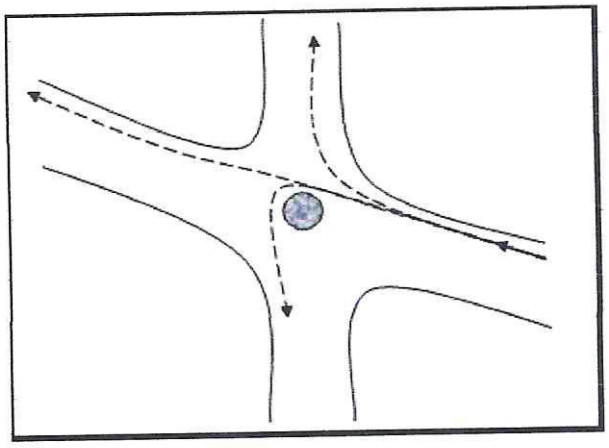


Figure VIII. 3: Carrefour en croix.

VIII.3.4. Carrefours urbains

VIII.3.4.1. Le choix du type de carrefour

Le choix du type de carrefour se fait en fonction de multiples critères :

- Contexte urbain (position dans le réseau hiérarchisé, dans le quartier) ;
- Cohérence (sur l'axe, dans l'agglomération) ;
- Fonctions urbaines (repère, paysage) déterminées dans les objectifs ;
- Emprises disponibles ;
- Objectifs de sécurité ;

➢ **Carrefour plan sans feux :**

Ce type de carrefour est considéré comme l'aménagement de base d'une intersection sans problème particulier, dans la mesure où la somme des trafics entrants ne dépasse pas 1 500 uvp/h environ.

➢ **Carrefour giratoire :**

Le giratoire s'accommode mal des emprises classiques de carrefours en croix ; il peut par contre convenir parfaitement aux places. En milieu urbain dense, la composition architecturale de l'aménagement sera cependant très importante pour assurer la cohérence entre la forme bâtie et la géométrie des voies.

➢ **Carrefour à feux :**

Il est difficile de donner un seuil de trafic au-delà duquel les feux sont nécessaires. Le carrefour à feux est adapté aux axes à fort trafic car sa capacité augmente en fonction du nombre de voies.

La capacité peut être d'environ 1 500 véhicules/ heure pour un carrefour à deux voies de 7 m (en double sens) dans la mesure où les tourne-à-gauche peuvent se stocker à l'intérieur du carrefour.

Le carrefour à feux n'exige pas de place supplémentaire par rapport à l'emprise d'un carrefour plan ordinaire, excepté pour l'implantation des feux tricolores

VIII.3.4.2. Principes géométriques

➢ **Largeur des voies**

D'une manière générale, la largeur des voies est la même aux intersections qu'en section courante, Il est cependant possible de réduire leur largeur à l'approche d'un carrefour (zone de 10-20 m) pour augmenter le nombre de voies ou pour insérer un aménagement complémentaire au droit de l'intersection : îlot refuge, voies spécifiques...

Tableau VIII. 1: Largeurs des voies

Largeur des voies	
Exceptionnel	Entre 2 m et 2,50 m
Minimum normal	2,50 m
Voie normale	Entre 2,50 m et 3 m
Voie large	Entre 3 m et 3,50 m

➢ **Îlot refuge**

La fonction d'un refuge central sur chaussée est de protéger les traversées piétonnes rendues difficiles par la largeur et le nombre de voies à traverser, ou par l'exploitation du trafic par feux.

➢ **Giration des véhicules**

On utilisera les rayons les plus faibles possibles, qui ne présentent en fait que des avantages :

- Réduction de la zone des conflits, donc des temps de dégagement entre véhicules ;
- Réduction des longueurs de traversées piétonnes;

12,50 m de rayon extérieur ;

5,30 m de rayon intérieur.

VIII.3.4.3. Application au projet

Les intersections de la RN16 avec les routes secondaires au niveau du village d'Oued Fragha sont des carrefours à feux ou carrefours sans feux.

Le choix du type des carrefours se fait par l'application des recommandations du guide **Carrefours Urbains** [26].

- **Les carrefours à feux :**

Le choix du type carrefour à feux est préférable pour assurer la sécurité des usagers et des piétons ainsi que la fluidité de trafic au niveau des intersections.

Ce sont des carrefours a quatre branches (en croix) correspondant aux PK suivants :

- PK 2+260
- PK 2+500

- **Les carrefours sans feux :**

1eme carrefour :

C'est un carrefour qui se situe au niveau du croisement entre la RN16 et les trois branches qui mène à Oued Fragha au **PK 2+060.** C'est un carrefour sans feux.

2eme carrefour :

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec la RN16 est oblique correspondant au **PK 2+400.**

3eme carrefour :

Carrefour sans feux à trois branche (en Y), correspondant au **PK 2+580.**

4er carrefour :

Un carrefour plan sans feux est prévu à la sortie d'Oued fragha se situe au niveau du croisement entre la RN16 et la RN 16A correspondant au **PK 2+640.**

5eme carrefour :

Carrefour sans feux à trois branche (en Y), correspondant au **PK 3+400.**

VIII.3.5. Carrefour giratoire :

Le carrefour giratoire est le carrefour plan qui offre le meilleur niveau de sécurité.
Toutefois, cette performance peut être dégradée si certaines précautions ne sont pas prises tant au niveau de la conception générale (le choix de la dimension et de la position du giratoire, le soin apporté aux conditions de lisibilité et de visibilité, le tracé des différentes branches, le dessin des différents éléments qui constituent l'aménagement, etc.), que de la réalisation de détail (l'aménagement de l'îlot central, le choix et le positionnement de la signalisation, etc.).

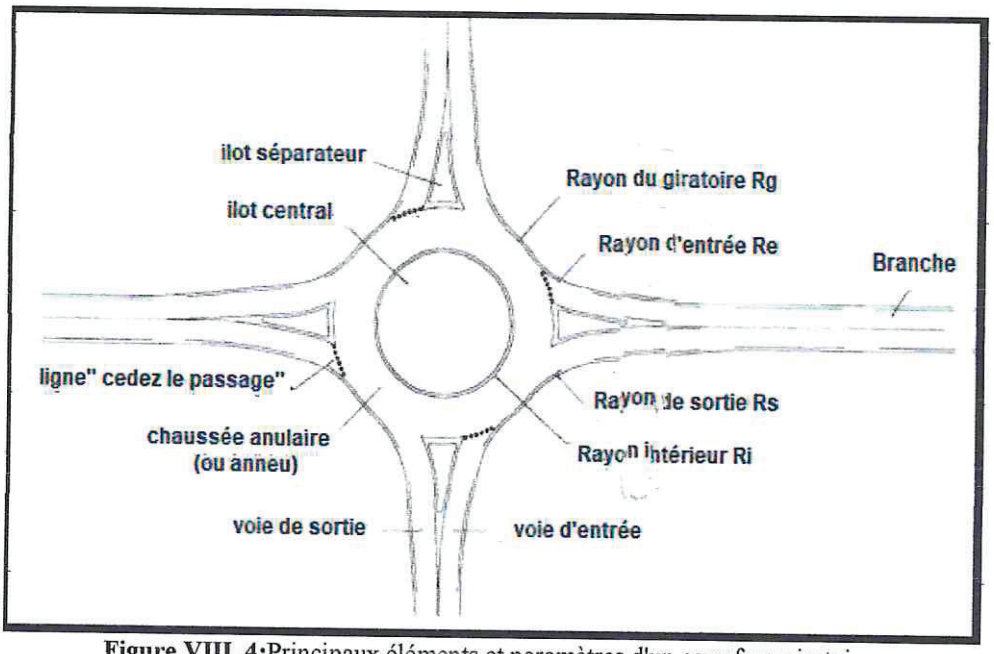


Figure VIII. 4: Principaux éléments et paramètres d'un carrefour giratoire.

VIII.3.5.1. Principes d'aménagement :

L'aménagement d'un giratoire appelle les recommandations particulières suivantes :

- Préférer un aménagement simple
- Préférer un aménagement simple
- Donner à l'usager une bonne perception d'approche
- Eviter de surdimensionné les composants de l'aménagement
- Ne pas hésiter à dimensionner faiblement l'îlot central

VIII.3.5.2. Caractéristiques géométriques des carrefours giratoires :

Le tableau ci-dessous récapitule toutes les caractéristiques géométriques des carrefours giratoires selon le guide Aménagement Des Carrefours Interurbains [27].

Tableau VIII. 2: Valeurs des caractéristiques géométriques des carrefours giratoire.

	Notations	Paramétrage
Rayon du giratoire	**Rg**	12≤Rg ≤30m
Largeur de l'anneau	**La**	6≤la≤9m
Surlargeur franchissable	**Slf**	1.5m si Rg≤15m
Rayon intérieur	**Ri**	Rg-la- Slf
Rayon d'entrée	**Re**	10≤Re≤15m
Largeur de la voie entrante(1voie)	**Le**	4m
Largeur de la voie entrante(2voie)	**Le**	5≤le≤7m
Rayon de sortie	**Rs**	15≤Rs≤30m e

Largeur de la voie sortante(1voie)	**Ls**	4m≤Ls≤5m
Largeur de la voie sortante(2voie)	**Ls**	7m
Rayon de raccordement	**Rr**	Rr=4Rg

- **Les îlots séparateurs :**

L'îlot séparateur a généralement la forme d'un triangle, les îlots séparateurs remplissent diverses fonctions principales comme :

- Offrent une surface séparant les mouvements entrants et sortants permettant d'éviter les collisions entre les deux sens de circulation des branches.
- Limiter le risque de « prise à contresens » de l'anneau.
- Permettre l'implantation de la signalisation de direction.

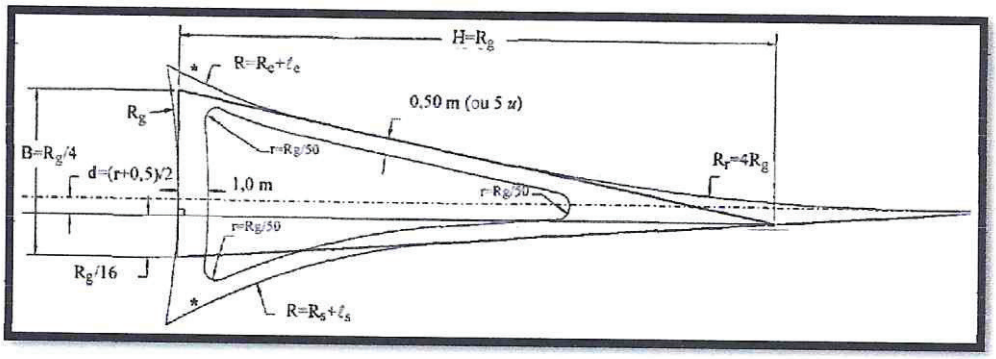


Figure VIII. 5:Caractéristiques de l'ilot séparateur.

Le tableau ci-après récapitule les différents paramètres de construction des ilots séparateurs pour un rayon Rg :

Tableau VIII. 3: Paramètres des ilots séparateur.

	Notations	Paramétrage	Valeurs courantes (en m)		
Rayon giratoire	**Rg**		**Rg=15**	**Rg=20**	**Rg=25**
Hauteur du triangle de construction	**H**	H=Rg	15	20	25
Base de triangle de construction	**B**	B=Rg/4	3.75	5.00	6.25
Départ de l'ilot sur l'axe	**d**	d=(0. 5+Rg/50) /2 ou0	0. 40	0. 45	0. 50
rayon des raccordements de bordures	**r**	r=Rg/50	0. 30	0. 40	0. 50

CHAPITRE IX

CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

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.

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.

Le but d'un échangeur est d'assurer la continuité des réseaux autoroutiers et de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans le sens considéré selon l'ordre d'importance et dans des bonnes conditions de confort et de sécurité.

IX.2. AVANTAGES DE L'ECHANGEUR :

Les avantages de l'échangeur sont :

- Facilité aux usagers un déplacement dans de bonne conditions de confort et de sécurité.
- Evite les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- Evite les points d'arrêts qui provoquent des pertes de temps considérables.
- Evite les contraintes d'arrêt et de reprise.
- Assure la continuité du réseau autoroutier.

IX.3. INCONVENIENTS DE L'ECHANGEUR :

L'inconvénient majeur, entraîne un investissement financier volumineux, c'est pourquoi son utilisation comme solution aux problèmes d'un carrefour doit être pleinement justifiée.

IX.4. 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.5. 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 [28].

Les types les plus connus sont :

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

Il est utilisé pour les raccordements d'une autoroute « route principale » et une route ordinaire « route secondaire ».

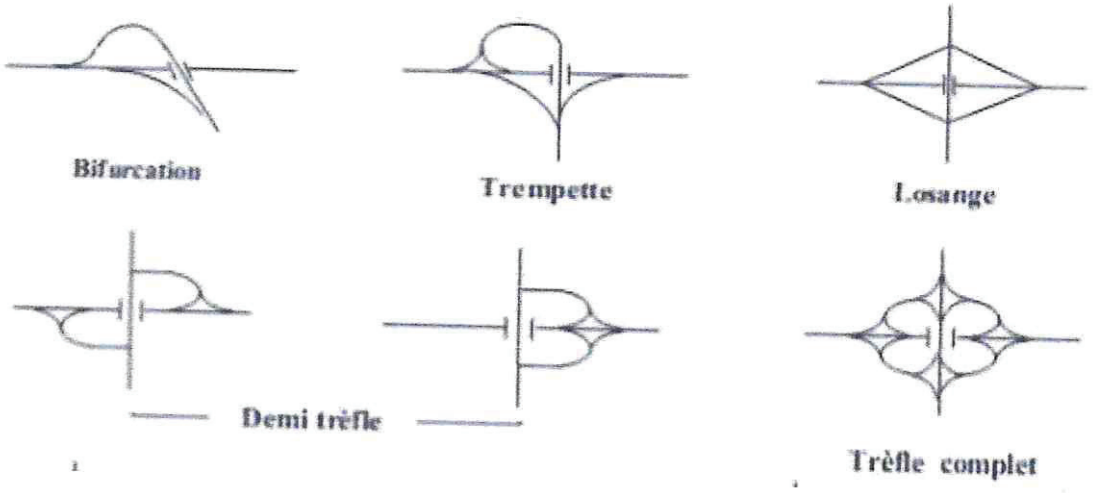


Figure IX. 1: Différents types des échangeurs

IX.5.1. 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.5.2. 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.5.3. 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.5.4. 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.6. 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.6.1. 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.6.2. 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.6.3. 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.

- **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.

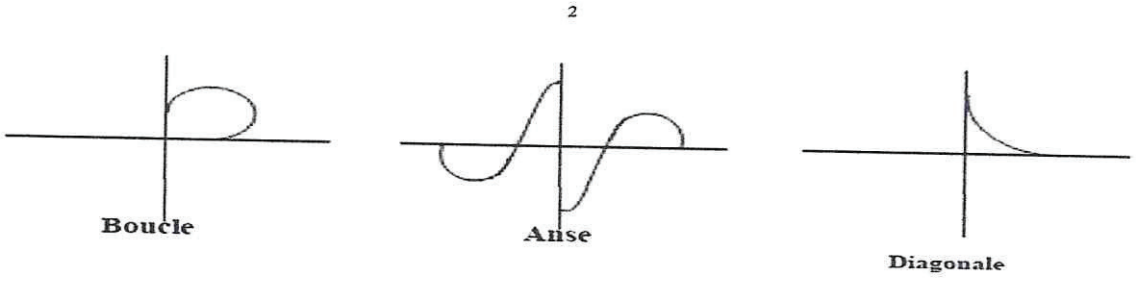


Figure IX. 2: Différents types des bretelles

IX.7. 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 :

IX.7.1. Présentation du site d'implantation de l'échangeur:

Le site d'implantation de l'échangeur se situe à l'intersection entre l'évitement de la ville de **Bouchegoufe** et la RN16 au Pk 8+460.

Le terrain devant recevoir le futur échangeur est un terrain agricole plat avec une faible pente.

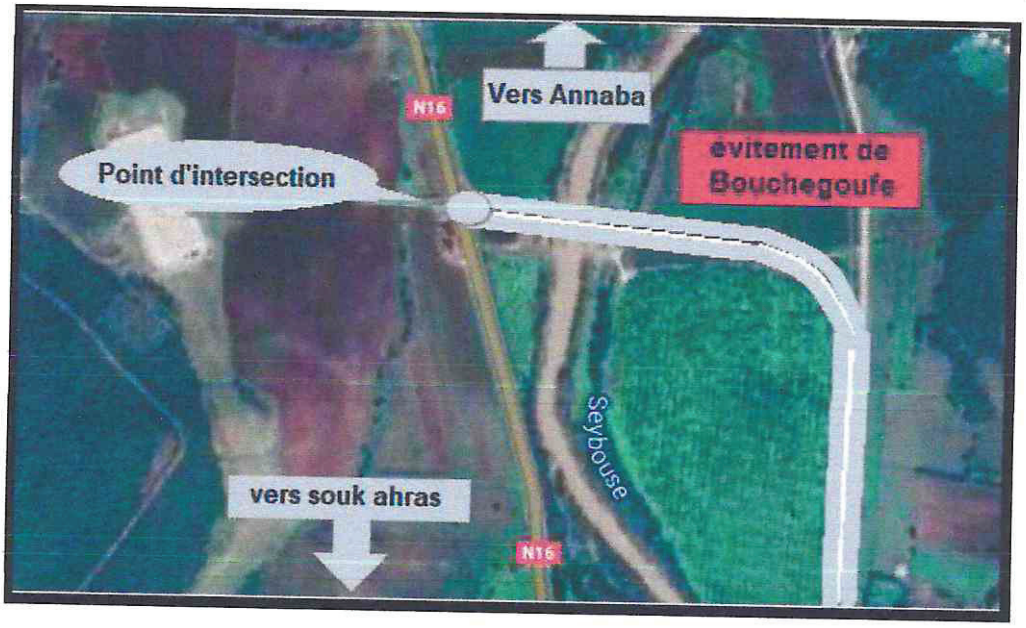


Figure IX. 3: Le site de l'échangeur

IX.7.1.1. Types de routes à raccorder :

L'échangeur à concevoir doit assurer un raccordement entre l'évitement de la ville de Bouchegoufe et la RN16.

- ✓ La RN16 a un profil de 2x2voies de 7m avec un accotement de 2 m et un TPC de 1.6m
- ✓ L'évitement de la ville a un profil de 2x2 voies de 7 m.

IX.7.1.2. Distribution du trafic :

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

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

IX.7.2. Analyse :

- L'échangeur qui raccorde la RN 16 avec l'évitement de la ville de **Bouchegouf** est un échangeur mineur.
- La présence d'oued Seybouse et le chemin de fer exige l'implantation d'un ouvrage d'art
- Le type trompette ou bifurcation nécessite l'implantation des bretelles qui traversent l'oued et le chemin de fer aux plusieurs points.

IX.7.3. Conclusion :

Apres l'analyse des obstacles et des types de raccordement, la présence d'oued et le chemin de fer exigent un passage supérieur pour assurer le raccordement et pour démunie le cout de la réalisation.

On a trouvé que l'échangeur le plus avantageux c'est un échangeur compose de deux carrefour giratoire et d'un passage supérieur pour assurer :

- L'échange entre la RN 16 et l'évitement
- La sécurité de conduite
- La fluidité de trafic

IX.7.4. Description de l'échangeur de notre projet :

C'est un échangeur comporte un carrefour giratoire au niveau de la RN16 au PK 8+460 qui raccorde la boucle pour accéder à l'ouvrage d'art qui traverse la RN 16, le chemin de fer et oued Seybouse, puis il continue son chemin jusqu'à l'évitement de la ville de **Bouchegouf**

IX.7.4.1. Les éléments constitutifs de l'échangeur:

IX.7.4.1.1. Les carrefours :

Deux carrefours giratoire qui sont présenté dans le chapitre précédent.

IX.7.4.1.2. La boucle :

Tableau IX. 1: Les caractéristique de la boucle

Caractéristiques	Les recommandations	Application au projet
Vitesse	40 km/h	/
Rayon minimal au niveau de la boucle	60m	50m
Déclivité maximale Imax	7%	6.36%
Rayon minimale en angle saillant	1500 m	2788m
Largeur de chaussée	/	19.6m
Pente transversale entre R_{dn} et R_m	Pour R≤125 m, d =7 %	/

IX.7.4.1.3. L'ouvrage d'art :

C'est un pont de longueur de 320 mètres entre **PK 0+290** et **PK 0+610** d'une chaussée de 7 mètres de largeur par sens, et de deux trottoirs de 1,20 mètre chacun.

Le choix du type d'ouvrage dépend des contraintes imposées dont les principales conditions sont de deux sortes :

- Données naturelles : qu'il faut nécessairement respecter et qu'il n'est pas possible de modifier.
- Données fonctionnelles : qui sont fixées par le maitre de l'ouvrage, en tenant compte de ce qui est impose ou souhaite par les différents services concernes.

IX.7.4.1.4. Données relatives à la voie portée :

- **Tracé en plan :**

Le tracé en plan est la ligne définissant la géométrie de l'axe de la voie portée, dessinée sur un plan de situation et repérée par les coordonnées de ses points caractéristiques.

- **Profil en long :**

Présente une longueur de 320m longitudinalement, le tracée de la voie routière unidirectionnelle présente une pente de 1.01%, La hauteur libre comprise entre 7,00 et 16m.

- **Profil en travers :**

Le profil en travers de notre chaussée est défini par :

- Largeur roulable : Lr = 7m x 2.
- Largeur utile : Lu = 17.4m.
- Largeur des trottoirs : Lt = 1,20m.
- Nombre de voies de circulations : N = 2x2 voies.
- Profil en toit de 2,5%, et -2,5%

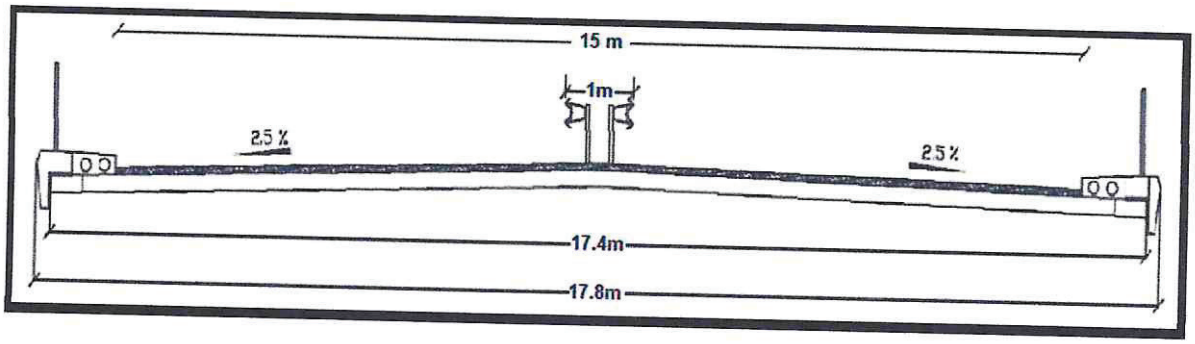


Figure IX. 4:profil en travers

CHAPITR X

IMPACT SUR L'ENVIRONNEMET

X.1. INTRODUCTION

Malgré tous les aspects positifs des projets routiers, ils peuvent aussi avoir des impacts négatifs sur les communautés riveraines et l'environnement naturel. Les personnes et les biens peuvent se trouver sur le chemin direct des travaux routiers et être considérablement affectés. Les répercussions sur l'environnement naturel peuvent comprendre l'érosion des sols, les changements dans les cours d'eau et les eaux souterraines, et les contraintes causées à la flore et la faune... Les nouvelles routes peuvent amener le développement de zones non encore développées, ce qui risque d'affecter considérablement les environnements fragiles et les moyens d'existence des autochtones. Les routes sont des agents de changement, et peuvent entraîner des avantages et des inconvénients à l'équilibre existant entre les personnes et l'environnement.

X.2. CADRE JURIDIQUE

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n° 90-78 du 27 février 1978, 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. IDENTIFICATION DES IMPACTS :

L'identification des impacts du projet est basée sur l'analyse des relations conflictuelles possibles entre le milieu traversé et l'infrastructure à réaliser.

Cette analyse permet de mettre en relation les sources d'impact associées aux phases de pré-construction, de construction et d'exploitation de la nouvelle infrastructure et les différentes composantes du milieu susceptibles d'être affectées.

X.4.1. Les impacts positifs:

L'Amélioration des conditions économiques de la population de la zone du projet. En effet, la mobilité des travailleurs sera nettement améliorée et l'activité de la population sera probablement développée.

X.4.2. Les impacts négatifs:

Les principaux impacts négatifs générés par la réalisation du projet peuvent être résumés comme suit :

X.4.2.1. Impact sur le paysage

Défiguration du paysage causé par le passage de la voie.

X.4.2.2. Impact sur Les ressources en eau :

Les routes peuvent contribuer à la modification des écoulements et à la qualité des eaux de surface et souterraines, entrainants parfois un risque accru d'inondation, d'érosion, de dépôts, ou une modification brutale de la dynamique de la nappe phréatique, et La pollution de cette dernière, par le déversement des sédiments et des matières polluantes.

X.4.2.3. 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 la principale source de CO et contribue largement à l'accumulation de photo-oxydants dans certaines zones urbaines

X.4.2.4. Impact sur La faune

Au niveau des animaux, leur contamination par les métaux lourds accumulés dans la végétation des abords routiers, constitue le principal impact négatif important relié à la pollution générée par le transport routier, le bruit et la lumière artificielle affectent également certaines formes de vie sauvage.

Le premier, réduit les populations d'oiseaux vivant dans les abords routiers et crée des perturbations comportementales et la seconde contribue à étendre la durée de la reproduction chez certaines espèces Précisons, également qu'une grande partie des collisions des animaux sauvages contre les véhicules est causée par la lumière des phares.

X.4.2.5. Impact sur La flore :

- Le projet aura un impact sur la végétation car il y a des espèces végétales sensibles ou protégés dans la zone du projet.
- Les terrassements du sol conduit à un déséquilibre dans l'aération des racines et empêche ainsi leur développement ;
- Désorganisation du territoire agricole ;
- Diminution du couvert végétal.

X.4.2.6. Impact sur le sol :

D'une façon générale, les impacts seront liés à la hauteur des terrassements (déblais et remblais). L'effet notable sera l'apparition du phénomène d'érosion mécanique par les eaux pluviales et donc nécessité d'une végétation et de mise en place d'un réseau de cunettes et de descentes d'eau.

X.4.2.7. Impact su 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.

- **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.

- **Les remèdes :**

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

- **Mesures préventives :**

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

- **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.4.2.8. 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.

- **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.

- **Le bruit :**

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.4.3. Impacts temporaires:

Les impacts négatifs générés par le projet sont essentiellement persistants durant la phase de chantier.

Ces impactes sont temporaires, et disparaissent après l'achèvement des travaux, les plus importants sont définis comme suit :

- Perturbation de la circulation automobile (embouteillage).
- Dégagement de poussières dans l'atmosphère.
- Déversement de boues (bentonite) dans l'espace urbain.
- Emission de bruit lors des travaux, Cette nuisance est due à l'usage des engins.
- Opposition des propriétaires des terrains agricole face à la destruction de leur bien agricole ce qui engendre un retard dans l'avancement des travaux.

X.5. MESURES PRISES POUR MINIMISER LES IMPACTS :

Des mesures ont été envisagées visant à maitriser et à réduire les impacts sur l'environnement sont résumées dans le tableau suivant :

Les mesures que ces impacts sont susceptibles d'entraîner sont résumées dans **l'Annexe 2 Tab 7.**

CHAPITRE XI

SIGNIALISATION ET ECLAIRAGE

XI.1. INTRODUCTION

Parmi, les principales composantes de l'environnement routier, on trouve la signalisation.

Cette dernière fait partie intégrante du paysage routier, elle est un outil de communication essentiel pour l'usager de la route.

XI.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.3. CRITERES A RESPECTER POUR LES SIGNALISATIONS

Il est indispensable avant d'entamer la conception de la signalisation de respecter certains critères, afin que celle-ci soit bien vue, lue, et comprise :

- Homogénéité entre la géométrie de la route et la signalisation.
- Respecter les règles d'implantation.
- Cohérence entre les signalisations verticales et horizontales.
- Eviter les panneaux publicitaires irréguliers.

XI.4. 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.5. TYPE DE SIGNALISATION

On distingue deux familles de signalisation :

- Signalisation horizontale.
- Signalisation verticale.

XI.5.1. Signalisations horizontales :

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation.

Elle se divise en deux types :

XI.5.1.1. Lignes longitudinales :

- **Les lignes continues :**

Les lignes continues sont annoncées à ceux des conducteurs auxquels il est interdit de les franchir par une ligne discontinue éventuellement complétée par des flèches de rabattement.

- **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.5.1.2. Lignes transversales

- **Lignes transversales continues** : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient marquer un temps d'arrêt.
- **Lignes transversales discontinues** : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.
- **Passage piétons** : En rase campagne ou petite agglomération la longueur minimale d'une bande blanche peut être de 4 à 6 mètres contre 2,50 mètres en ville. La largeur des bandes doit être de 0,50 mètres et l'inter-distance entre 0,50 et 0,80 mètres.

XI.5.1.3. Autres signalisations

- **Les flèches de rabattement**

Une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.

- **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.

XI.5.1.4. 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

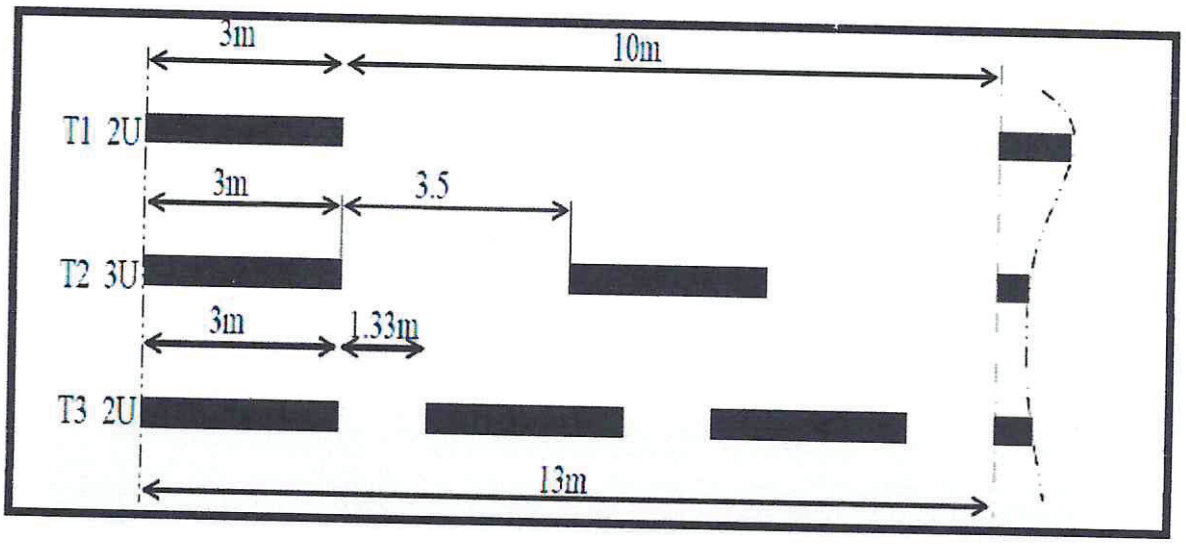


Figure XI. 1: Types de modulation

XI.5.2. 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, on distingue :

- **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.

- **Signalisation de position**

Le signal de type B2 « arrêt obligatoire » est placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt.

- **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.5.3. La signalisation par feux :

Sont utilisés presque partout de par le monde y compris en Algérie. Ils se présentent sous la forme de trois couleurs : le rouge, le vert et le jaune (ou l'orange). Chaque couleur transmet un message spécifique aux usagers de la route

- **Rouge :** Tout conducteur doit marquer l'arrêt absolu devant un feu de signalisation rouge, fixe ou clignotant.
- **Vert :** Le feu vert autorise le passage des véhicules. Toutefois, sous certaines conditions (priorité aux piétons, passage dégagé, autres véhicule).
- **Jaune :** Tout conducteur doit marquer l'arrêt devant un feu de signalisation jaune fixe, sauf dans le cas où, lors de l'allumage dudit feu, le conducteur ne peut plus arrêter son véhicule dans des conditions de sécurité suffisantes. Il est recommandé que le feu jaune dure entre trois et cinq secondes.

Pour des raisons de sécurité, les services de voirie imposent que les feux de signalisation doivent être placés assez haut de manière qu'elles permettent le passage d'un véhicule haut de 2 mètres 10.

XI.6. SIGNALISATION DES CARREFOURS GIRATOIRE

XI.6.1. Signalisation de priorité :

Un carrefour giratoire est annoncé par des panneaux de type A25 implantés à environ 150 m du carrefour sur chacune de ses branches, l'implantation sur chaque voie d'accès d'un panneau de type A23 et du marquage de sa ligne transversale de type T2 de 0,50 m est fortement recommandée.

XI.6.2. Signalisation de prescription :

Sur l'îlot central, le seul signal de prescription à implanter en face de chaque entrée est un panneau du type J5 (direction obligatoire).

XI.6.3. Signalisation de direction :

La pré signalisation des carrefours giratoires est assurée par des panneaux de type D42, bien que leur implantation ne soit pas rendue obligatoire par la réglementation en vigueur, ces panneaux sont bien perçus par les usagers (ils sont très visibles de jour comme de nuit et ils fournissent les principales informations avant d'aborder le giratoire).

XI.7. 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.
- Feux de signalisation.

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 et des signalisations horizontales sont représentées dans **l'annexe 3.**

XI.8. ECLAIRAGE

XI.8.1. 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.

XI.8.2. Classe d'éclairage :

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.8.3. 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.8.4. Paramètres 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.

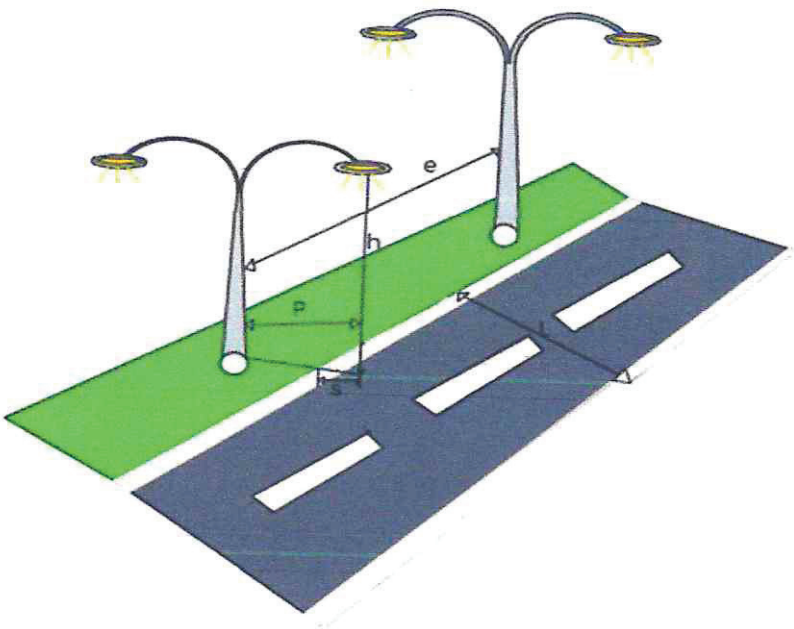


Figure XI. 2: Paramètre d'implantation des luminaires

XI.8.5. 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.

- **Eclairage de la voie (le long de projet) :**

Les lampadaires sont implantés dans l'accotement avec un foyer porté par un support de 12m de hauteur, éclairant la chaussée, espacés de 30 m.

- **Eclairage carrefour :**

Pour les carrefours dont les îlots centraux sont importants, on place en retrait de leurs courbures des foyers A, dans l'alignement de foyers B sur la bordure extérieure, pour que les usagers identifient les différentes voies d'accès (appareil défilé).

- **Eclairage dans la zone urbaine :**

Les lampadaires sont implantés dans le TPC avec deux foyer porté par un support de 12m de hauteur, éclairant la chaussée, espacés de 25 m.

XI.9. CONCLUSION :

Le présent chapitre se veut une contribution à l'ensemble de connaissances sur la sécurité routière. Il est à souhaiter qu'il inspire, favorisera une coopération et une innovation accrues et incitera à s'investir davantage dans la prévention des accidents de la circulation dans notre projet.

Les accidents de la circulation sont prévisibles, ce qui veut aussi dire qu'il est possible de les prévenir.

CHAPITRE XII

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

100	INSTLLATION DE CHANTIER				
N°	DESIGNATIONS	UNITE	Quantité	PRIX UNIT	MONTANTS
101	Installation de chantier y compris amenée et repli du matériel.	F	1	1 000 000,00	1 000 000,00
200	PREPARATION DU TERRAIN				
N°	DESIGNATIONS	UNITE	Quantité	PRIX UNIT	MONTANTS
201	Scarification de la chaussée existante y compris mise en dépôt et toutes sujétions sur les couche de noir.	M^2	63168	100,00	6 316 800,00
202	Débroussaillage et abattage d'arbres	U	30	600,00	18 000,00
300	TERRASSEMENT				
N°	DESIGNATIONS	UNITE	Quantité	PRIX UNIT	MONTANTS
301	Décapage de la terre végétale (ep=30cm) , y compris élimination des racines, réglage et compactage du fond de forme et toutes sujétions de bonne exécution	M^2	80 000	100,00	8 000 000,00
302	Déblais en terrain meuble mise en dépôt, y compris toutes sujétions de bonne exécution	M^3	205400	300,00	61 620 000,00
303	Remblais en tout venant provenant d'une zone d'emprunt sur un rayon de 20 km y compris arrosage compactage, et toutes sujétions de bonne exécution.	M^3	22744	750,00	11 372 000,00
400	CONSTRUCTION DU CORPS DE CHAUSSEE				
N°	DESIGNATIONS	UNITE	Quantité	PRIX UNIT	MONTANTS
401	F.T.M.O du TUF pour couche de forme, ep=(60cm) plus rechargement des accotements ; avec toutes sujétions de bonne exécution	M^3	57287.268	1 100,00	63 015 995,00
402	F.T.M.O d'une couche de fondation en GNT (0/31.5), e = 30 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	39535.48	2 100,00	83 024 508,00
403	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	M^2	14000	100,00	1 400 000,00
404	F.T.M.O d'une couche de base en grave bitume (0/20), e=17cm, y compris toutes sujétions de bonne exécution, selon CPS	T	54 740	5 000,00	273 700 000,00
405	Fourniture et pose d'une couche d'accrochage en émulsion cationique dosée à 0,3 Kg/ m2.	T	14 700	80,00	11 760 000,00
406	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	19585.44	6 000,00	117 510 000,00

500	ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE				
N°	DESIGNATIONS	UNITE	Quantité	PRIX UNIT	MONTANTS
501	Démolition des ouvrages busés et dalots existants.	U	13	12 000,00	156 000,00
502	Réalisation Fossé trapézoïdale "1,5/0,5/0,5"en béton légèrement armé dosé 350kg/m3.	ML	7008	3 500,00	24 528 000,00
503	F.T.M.O des buses Ø800 y compris : Ouverture du tranché de toutes natures, remblai compacté en matériau sélectionné ; avec toutes sujétions de bonne exécution.	ML	40	15 000,00	1 000 000,00
504	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	21	35 000,00	735 000,00
505	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	145	20 000,00	2 900 000,00
506	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	64	60 000,00	3 840 000,00
507	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	84	55 000,00	4 620 000,00
508	Béton arme dosé à 350 kg/m3 Pour dalots.	M3	250	30 000,00	7 500 000,00
509	F.T.M.O bordures préfabriquées type T2 avec toutes sujétions de bonne exécution	ML	2350	1 100,00	2 585 000,00

600	SIGNALISATION HORIZONTALE ET VERTICALE				
N°	DESIGNATIONS	UNITE	Quantité	PRIX UNIT	MONTANTS
601	Bande axiale continue et discontinue et toute sujétions de bonne exécution.	ML	54150	135,00	7 310 250,00
602	Fourniture et pose des panneaux de présignalisassions y compris toute sujétion de bonne exécution	U	30	30 000,00	900 000,00
603	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

700	EQUIPEMENT				
N°	DESIGNATIONS	UNITE	Quantité	PRIX UNIT	MONTANTS
701	Réalisation d'un Séparateur double en béton armé (DBA) dosé à 350 kg/M3,	ML	9200	2 500,00	23 000 000,00

702	Réalisation d'un mini Séparateur simple en béton armé pour giratoire et ilots dosé à 350 kg/M3, 15 cm en tête et 40 cm de base et 50 cm de hauteur avec un socle en béton sous séparateur y compris cataphotes et toutes sujétions de mise en œuvre.	ML	332	3 500,00	1 162 000,00
800	Ouvrage d'art				
801	Construction d'un ouvrage d'art de 320m y compris : Ouverture du tranché de toutes natures, remblai compacté en matériau sélectionné ; avec toutes sujétions de bonne exécution.	M²	5440	200 000,00	1 088 000 000,00
900	IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT				
N°	DESIGNATIONS	UNITE	Quantité	PRIX UNIT	MONTANTS
901	Protection de l'environnement	%	1	21 420 681,00	21 420 681,00
MONTANT TOTAL EN HT					1 539 234 460,00
TVA 19 %					292 454 547,00
MONTANT TOTAL EN TTC					1 931 689 007,00

- Le devis a été estimé à une somme de :

Un milliard neuf cent trente et un million six cent quatre-vingt-neuf mille sept Dinar Algérien

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Dans notre projet de dédoublement de la **RN16** nous avons suivi le tracé de la route existante et renforcer la chaussée (cette route présente d'ailleurs de bonnes caractéristiques géométriques). Nous avons introduit le long du tracé des courbes de raccordement en respectant les normes imposées par l'ARP, l'ICTAVRU et pour les aménagement des carrefours nous avons respecté le guide d'aménagement des carrefours urbains et les carrefours interurbains pour assurer la sécurité et le confort de l'usager, d'autre part nous avons évité au maximum les contraintes existantes à savoir les réseaux divers, les arbres, les surfaces bâties… tout ceci en tenant compte de l'aspect économique du projet.

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.

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels Civil 3D, AUTO CAD, COVADIS, 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.

Nous espérons acquérir plus dans notre vie professionnelle et toucher les grands projets et surtout voir tout cela de près.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

[1] Livre « La mise en œuvre des enrobés » de *Bitume Québec guide pratique.*

[2] Livre « formulation des enrobé à chaud »de DELORME JEAN-LUC Laboratoire central des ponts et chaussées LCPC (2005).

[3] Article « les types du bitume » Site Wikipédia.

[4] Thèse de magister « Les enrobé bitumineux à froid influence du temps de murissement en laboratoire »de Mme Bennour.

[5] Article « fabrication des enrobé »de Pierre T. DORCHIES.

[6] Article « La chimie des polymères » de P. WEISS.

[7] Livre « Propriété des polymère »de D. W. Van Krevelen (1990).

[8] Site « emmanuel.hourdequin.free.fr/documents/BTS_BAT_TP » sur les polymères.

[9] Photo tiré de « Généralités sur les polymères de Julien PINAUD ».

[10] Mémoire de Master « CARACTERISATION DES ENROBES BITUMINEUX RECYCLES » de DJABRI Alla & HAMMANA Abdelhalim Mémoire de Master Académique, Université de Tébessa, Département de Génie Civil.

[11] Tous les documents du Lucobit sont tiré des fiches techniques procurer par la société Lucobit Ag.

[12] ANIREF : Agence nationale d'intermédiation et de régulation foncière 2011.

[13] RGPH : recensement générale de population et d'Habitat 2008.

[14] ARP : Aménagement des routes principal.

[15] ICTAVRU : Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines.

[16] B40 : normes techniques d'aménagement des routes, 1977 directions des études générales et du règlement technique (MTP).

[17] Manuel de projet de routes ; KALLI.F et GOUMETTRE.A, 2011

[18] LTP-EST : Laboratoire des Travaux Publics de l'Est

[19] DTP : Détraction de travaux publics.

[20] GTR : guide des terrassements routiers 2000.

[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] Rapport hydraulique tire par la SETS.

[25] SETS : société d'étude technique SETIF.

[26] Carrefours urbains Guide 'Version mise à jour en 2010'

[27] Aménagement des carrefours interurbains sur les routes principales carrefours plans 'décembre 1998'

[28] Conception des échangeurs autoroutiers SETRA 2013.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Site internet :

- www.wikipidia.com
- www.situation de wilaya de GUELMA.com

Logiciels utilisés :

- Auto CAD 2019
- Civil 3D 2019
- Global mapper
- Covadis
- Alise

ANNEXES

ANNEXE 1

I. ETUDE GEOMETRIQUE

I.1 Dispositifs de clothoïde

- A = Constante de la clothoïde
- R = Rayon de courbe (m)
- L = Longueur de la clothoïde

La longueur L est égale à la plus grande des deux valeurs.
L =14 (d1 – d0) condition de gauchissement.
La condition l = R/9 équivalent à A= R/3 (d1 – d0) = différence de dévers algébriques en pourcentage.
Avec :

d0 : Pente transversale initiale.
d1 : Pente transversale au niveau de la courbe.

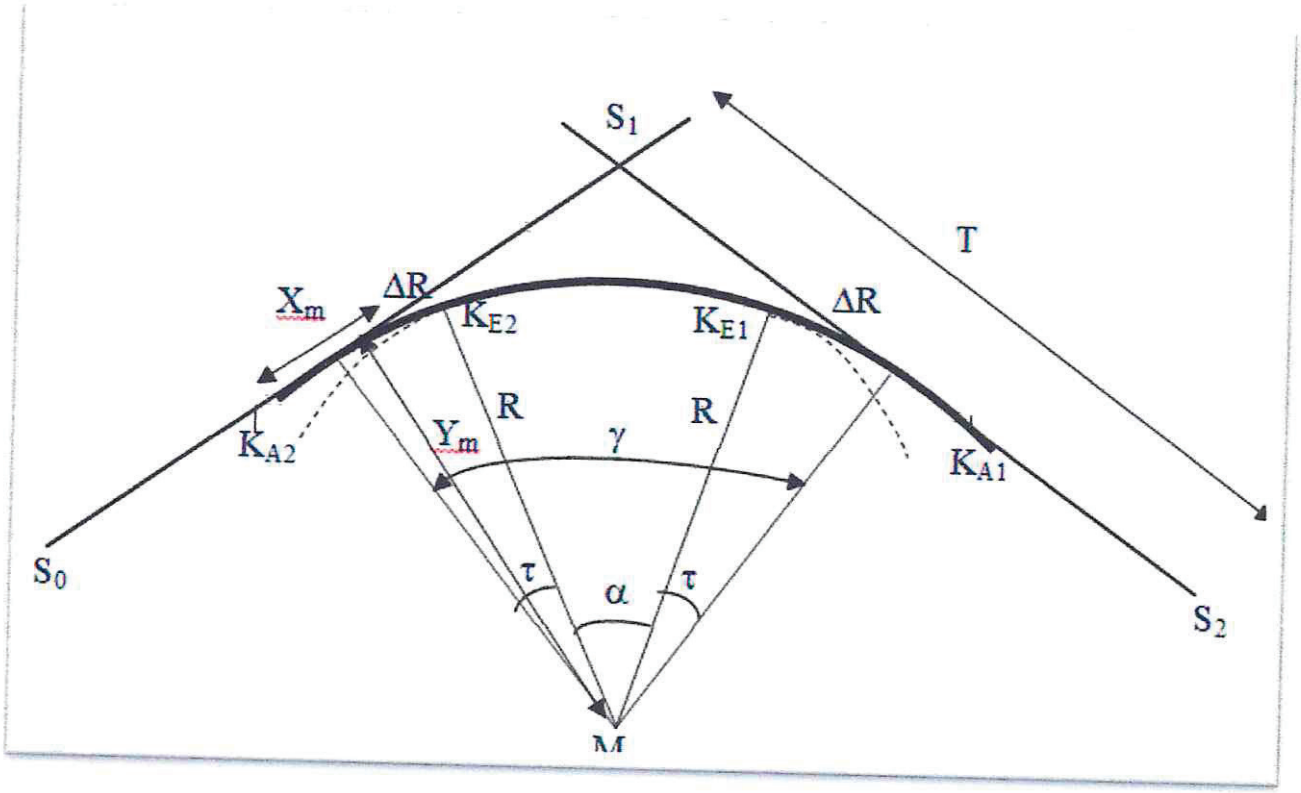


Figure 1 : Eléments de clothoïde

Les éléments de la clothoïde :

- A : Paramètre de la clothoïde
- M : Centre de cercle
- R : Rayon de cercle
- KA : Origine de la clothoïde
- KE : Extrémité de la clothoïde

- L : longueur de la branche de la clothoïde
- DR: Mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage)
- Xm : Abscisse du centre du cercle
- S : Angle polaire (angle de corde avec la tangente)

I.2 Les éléments de profil en travers

- **L'emprise :** C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc....) limitée par le domaine public.
- **L'assiette :** C'est la surface totale de terrain nécessaire à la réalisation de la route délimitée par les terrassements.
- **Plate-forme :** C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblais, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.
- **Chaussée :** Au sens géométrique du terme c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules.
- **Accotement :** Ce sont les zones latérales de la plateforme que bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasées ou surélevés.
- **Fossé :** Ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement recueillies par la route et les talus.
- **Terre-plein central (TPC) :** Le terre pleine centrale, s'étend entre les limites intérieures de deux chaussées (au sens géométrique) du point de vue structural, il comprend :
  - Les deux surlargeurs de chaussées supportant des bandes de guidages.
  - Une partie centrale.
- **Bande Dérasée :** Bande contiguë à la chaussée, stabilisée, revêtue ou non, dégagée de tout obstacle ; elle comporte le marquage en rive
- **B.D.G :** Bande dérasée à gauche d'une chaussée unidirectionnelle.
- **Bande médiane :** Partie non roulable du terre-plein central comprise entre les deux bandes dérasées de gauche.
- **Berme :** Partie latérale non rouable de l'accotement, bordant une B.A.U ou une bande dérasée, est généralement engazonné.
- **Bonde d'arrêt d'urgence (B.A.U) :** C'est une partie de l'accotement, contiguë à la chaussée, dégagée de tout obstacle et revêtue, aménagée pour permettre l'arrêt d'urgence des véhicules hors de la chaussée, elle inclue la surlargeur structurelle de la chaussée.
- **Surlargeur (S) :** C'est la surlargeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.
- **Trottoir** : Partie latérale d'une rue, surélevée par rapport à la chaussée et réservée à la circulation des piétons

ANNEXE 1

II. ETUDE GEOTECHNIQUE

II.1 ESSAIS PHYSIQUES

II.1.1 Masse volumique et teneur en eau

- **Teneur en eau :** exprime, pour un volume de sol donné, le rapport du poids de l'eau au poids du sol sec, soit $\omega = W_w/W_s$
- **Masse volumique :** (γ) est la masse d'un volume unité de sol : $\gamma = W / V$.

  On calcule aussi la masse volumique sèche : $\gamma_d = W_s / V$
- **Principe de l'essai :** on utilise le principe de la poussée d'Archimède. En effet, on mesure le volume d'eau déplacé hors de l'introduction d'un certain poids de sol sec, la connaissance du poids des grains solides et de leur volume permet de calculer le poids volumique des grains solides.
- **But de l'essai :** le but de cet essai est de déterminé expérimental au laboratoire de certaine caractéristique physique des sols.
- **Domaine d'utilisation :** cet essai utilise pour classer les différents types de sols.

II.1.2 Analyses granulométriques

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique et construite emportant sur un graphique cette analyse se fait en générale par un tamisage.

- **Principe d'essai :** l'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis et passoires reposants sur un fond de tamis un matériau en plusieurs classes de tailles décroissantes.
- **But de l'essai :** c'est un essai qui a pour objet de la détermination en poids des éléments d'un sol (matériau) suivant leurs dimensions (cailloux, gravier, gros sable, sable fin, limon et argile).
- **Domaine d'utilisation :** la granulométrie est utilisée pour la classification des sols en vue de leur utilisation dans la chaussée.

II.1.3 Limites d'Atterberg

II.1.3.1 Limite de plasticité (wp) :

Caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plasticité.

Elle varie de **0%** à **100%,** mais elle demeure généralement inférieure à **40%**.

II.1.3.2 Limite de liquidité (wl) :

Caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide

- $wl = \omega\ (n/25)^{0.121}$
- ω : teneur en eau au moment de l'essai donnant n coups

- **n**: nombre de coups

II.1.3.3 L'indice de plasticité (ip), $i_p = w_l - w_p$

- **Principe de l'essai :** la détermination de w_l et w_p nous donnent une idée approximative des propriétés du matériau étudie, elle permette de le classé grâce à l'abaque de plasticité de Casa-grande.
- **But de l'essai :** cet essai permet de prévoir le comportement des sols pendant les opérations de terrassement, en particulier sous l'action de la teneur en eau, il se fait uniquement sur les éléments fins du sol (caractériser les sols fins).
- **Domaine d'application :** l'essai s'applique aux sols fins pendant les opérations de terrassement dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de forme)

II.1.4 Essai au bleu de méthylène (ou à la tache)

Les molécules de bleu de méthylène ont pour propriété de se fixer sur les surfaces externes et internes des feuillets d'argile, la quantité de bleu adsorbée par **100gramme** de sol s'appelle **« valeur au bleu »** du sol et est notée **VBS**, la **vbs** reflète globalement :

- La teneur en argile (associée à la surface externe des particules).
- L'activité de l'argile (associée à la surface interne).

L'essai consiste à mettre en suspension une fraction de sol **(0/d)** avec **d≤10mm** et à ajouter à cette suspension des doses successives **de 5 ml** d'une solution de bleu de méthylène jusqu'à apparition d'une auréole bleue autour de la tâche constituée par le sol, l'auréole bleue indique l'excès de cette solution dans les particules d'argile.

La valeur **vbs** est alors calculée à l'aide de la relation :

vbs = vbs (0/d) xc (0/d)/100c (0/d) étant le pourcentage de la fraction **0/d** du sol étudié.

II.1.5 La teneur en carbonate de calcium « CaCo3 »

Cette analyse a été réalisé au calcimètre Dietrich-Fruhling suivant les principes de la norme NF P 94-048. La détermination se fait par dissolution du carbonate de calcium ($CaCO_3$) contenu dans le sol avec l'acide chlorhydrique. L'acide étant en excès dans la réaction, le volume de gaz carbonique (CO_2) dégagé est proportionnel à la quantité de $CaCO_3$ contenu dans l'échantillon.

$$2HCl + CaCO_3 \longrightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

La teneur pondérale en carbonate est le rapport entre la masse de carbonate contenu dans ce sol à sa masse sèche totale. Du point de vu mécanique, elle est un bon indice de la résistance du sol, et de la sensibilité à l'eau. Trois déterminations ont été faites sur chaque couche de sol.

ANNEXE 1

II.2 ESSAIS MECANIQUES

II.2.1 Essai Proctor

L'essai Proctor est un essai routier, il s'effectue à l'énergie dite modifiée, il y a aussi l'énergie normale.

- **Principe de l'essai** : l'essai consiste à mesurer le poids volumique sec d'un sol disposer en trois couches dans un moule Proctor de volume connu, dans chaque couche étant compacter avec la dame Proctor, l'essai est répété plusieurs fois et on varie à chaque fois la teneur en eau de l'échantillon et on fixe l'énergie de compactage.
- Les grains passants par le tamis de **5 mm** sont compactés dans le moule Proctor.
- **But de l'essai :** l'essai Proctor consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage (la réduction de son volume par réduction des vides d'air) et une teneur en eau c'est-à-dire la détermination de la teneur en eau optimale et la densité sèche maximale, pour un compactage bien défini.
- **Domaine d'utilisation :** cet essai est utilisé pour les études de remblai en terre, en particulier pour les sols de fondations (route, piste d'aérodromes).

II.2.2 Essai C.B.R (californien-bearing - ratio)

On réalise en général trois essais : **« CBR standard », « CBR immédiat », « CBR imbibé ».**

On s'intéresse actuellement au **« CBR imbibé ».**

- **Principe de l'essai :** on compacte avec une dame standard dans un moule standard, l'échantillon de sol recueilli sur le site, selon un processus bien déterminé, à la teneur en eau optimum **(Proctor modifié)** avec trois **(3)** énergies de compactage **25 c/c** ; **55 c/c** ; **10 c/c** et imbibé pendant quatre **(4)** jours.

  Les passants sur le tamis inférieur à **20 mm** dans le moule **CBR**.
- **But de l'essai :** l'essai a pour but de déterminer pour un compactage d'intensité donnée la teneur en eau optimum correspondant, elle permet d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement.
- **Domaine d'utilisation :** *cet essai est utilisé pour dimensionnement des structures des* chaussées et orientation les travaux de terrassements.

ANNEXE 2

ETUDE GEOTECHNIQUE

Tableau 1: Description lithologique des puits de reconnaissance.

Profil N°	PK	Profondeurs (m)	Lithologie
K1	40+100	00.00 – 00.80	Terre végétale
		00.80 – 02.50	Argile
K2	42+550	00.00 – 01.10	Terre végétale
		01.10 – 02.70	Argile limoneuse jaunâtre à gros blocs gréseux
K3	45+500	00.00 – 01.00	Terre végétale
		01.00 – 02.70	Argile limoneuse jaunâtre à gros blocs gréseux à concrétions carbonatées
K4	46+750	00.00 – 01.00	Remblai d'accès de la ligne ferroviaire.
K5	48+225	00.00 – 01.00	Terre végétale
		01.00 – 03.00	Limon sableux argileux
K6	48+400	00.00 – 01.50	Terre végétale.
		01.50 – 02.80	Argile limoneuse marneuse

ANNEXE 2

ETUDE HYDRAULIQUE ET ASSINAISSEMENT

Tableau 2:Résultats de calcul de Tc

N° de BV	**Méthode de calcul**	**Tc (h)**
BV01	Méthode de Ventura	0,397
BV02	Méthode de Ventura	0,180
BV03	Méthode de Ventura	0,265
BV04	Méthode de Ventura	0,133
BV05	Méthode de Ventura	0,229
BV06	Méthode de Ventura	0,194
BV07	Méthode de Ventura	0,198
BV08	Méthode de Ventura	0,145
BV09	Méthode de Passini	0.591
BV10	Méthode de Ventura	0,275
BV11	Méthode de Ventura	0,248
BV12	Méthode de Passini	1.051
BV13	Méthode de Ventura	0,490

ANNEXE 2

Tableau 3: Les valeurs des intensités obtenues.

N° BV	tc(h)	b	a(t) 10 ans	a(t) 50 ans	a(t) 100ans	I(t) (mm/h) 10 ans	I(t) (mm/h) 50 ans	I(t) (mm/h) 100ans
BV01	0,397	0,63	25,2	34	37.8	45,099	60,85	67,65
BV02	0,180	0,63	25,2	34	37.8	74,230	100,15	111,34
BV03	0,265	0,63	25,2	34	37.8	58,178	78,49	87,27
BV04	0,133	0,63	25,2	34	37.8	89,820	121,19	134,73
BV05	0,229	0,63	25,2	34	37.8	63,783	86,06	95,67
BV06	0,194	0,63	25,2	34	37.8	70,809	95,54	106,21
BV07	0,198	0,63	25,2	34	37.8	69,904	94,31	104,86
BV08	0,145	0,63	25,2	34	37.8	85,063	114,77	127,59
BV09	0.591	0,63	25,2	34	37.8	35,099	47,36	52,65
BV10	0,275	0,63	25,2	34	37.8	56,836	76,68	85,25
BV11	0,248	0,63	25,2	34	37.8	60,659	81,84	90,99
BV12	1.051	0,63	25,2	34	37.8	24,423	32,95	36,63
BV13	0,490	0,63	25,2	34	37.8	39,498	53,29	59,25

Tableau 4: Valeurs du Coefficients de ruissellement

Couverture	Morphologie	Pente	Sable gros	Argile Limon	Argile
Bois	Presque plat	0 – 5	0.10	0.30	0.40
	Ondulé	5 = 10	0.25	0.35	0.50
	Montagne	10 - 30	0.30	0.50	0.60
Pâturage	Presque plat	0 – 5	0.10	0.30	0.40
	Ondulé	5 - 10	0.15	0.36	0.55
	Montagne	10 - 30	0.22	0.42	0.60
Culture	Presque plat	0 – 5	0.30	0.50	0.60
	Ondulé	5 - 10	0.40	0.60	0.70
	Montagne	10 - 30	0.52	0.72	0.82

ANNEXE 2

Tableau 5: Les valeurs des débits d'apport.

N : BV	A (Km^2)	C	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	Formule débit
BV01	1.602	0,60	45,099	60,85	67,65	12,041	16,25	18,06	Rationnelle
BV02	0.3159	0,60	74,230	100,15	111,34	3,908	5,27	5,86	Rationnelle
BV03	0.695	0,60	58,178	78,49	87,27	6,739	9,09	10,11	Rationnelle
BV04	0.1028	0,60	89,820	121,19	134,73	1,539	2,08	2,31	Rationnelle
BV05	0.564	0,60	63,783	86,06	95,67	5,996	8,09	8,99	Rationnelle
BV06	0.4004	0,60	70,809	95,54	106,21	4,725	6,38	7,09	Rationnelle
BV07	0.4461	0,60	69,904	94,31	104,86	5,197	7,01	7,80	Rationnelle
BV08	0.2865	0,60	85,063	114,77	127,59	4,062	5,48	6,09	Rationnelle
BV09	5.719	0,60	35,099	47,36	52,65	33,456	45,14	50,18	Rationnelle
BV10	0.925	0,60	56,836	76,68	85,25	8,762	11,82	13,14	Rationnelle
BV11	0.3674	0,60	60,659	81,84	90,99	3,714	5,01	5,57	Rationnelle
BV12	22.154	0,60	24,423	32,95	36,63	18.29	93.59	102.7	Transition
BV13	1.22	0,60	39,498	53,29	59,25	8,031	10,84	12,05	Rationnelle

ANNEXE 2

Tableau 6: Ouvrages existant

	PK	Type d'ouvrage	Dimension	Etat	observation
OR 01	40+020	Buse	1Ø800	Bon	À conserver et entretenir
OR 02	40+140	Buse	1Ø800	Bon	À conserver et entretenir
OR 03	40+600	Dalot	(2x3)	Bon	À conserver et entretenir
OR 04	41+340	Buse	1Ø800	Mauvais	À démolir et remplacé par dalot(2x1.5)
OR 05	41+380	Buse	1Ø800	Moyen	À conserver et entretenir
OR 06	41+900	Dalot	(2x2)	Bon	À conserver et entretenir
OR 07	42+770	Dalot	(1x1)	Mauvais	À démolir et remplacé par buse1Ø1500
OR 08	42+980	Dalot	(1x1)	Mauvais	À démolir et remplacé par dalot (2x1)
OR 09	43+350	Dalot	(1x1)	Mauvais	À démolir et remplacé par dalot (2x1.5)
OR 10	43+440	Dalot	(1x1)	Mauvais	À démolir et remplacé par buse1Ø1000
OR 11	43+580	Dalot	(1x1)	Mauvais	À démolir et remplacé par buse1Ø1000
OR 12	43+820	Dalot	(2x2)	Bon	À conserver et entretenir
OR 13	44+480	Dalot	(1x1)	Mauvais	À démolir et remplacé par buse1Ø1000
OR 14	44+720	Dalot	(1x1)	Mauvais	À démolir et remplacé par buse1Ø1000
OR 15	44+840	Dalot	(1x1)	Mauvais	À démolir et remplacé par buse1Ø1000
OR 16	44+960	Dalot	(1x1)	Mauvais	À démolir et remplacé par buse1Ø1000
OR 17	45+180	Dalot	(2x2)	Bon	À conserver et entretenir
OR 18	45+640	Dalot	(5x4)	Bon	À conserver et entretenir
OR 19	45+800	Dalot	(2x2)	Bon	À conserver et entretenir
OR 20	45+980	Dalot	(1x1)	Bon	À démolir et remplacé par buse1Ø1000
OR 21	46+260	Dalot	(1x1)	Mauvais	À démolir et remplacé par dalot (2x1.5)
OR 22	46+460	Buse	1Ø800	Bon	À démolir et remplacé par dalot (2x1.5)
OR 23	46+880	Dalot	(3x3)	Bon	À conserver et entretenir
OR 24	46+940	Dalot	(5x5)	Bon	À conserver et entretenir
OR 25	47+340	Buse	1Ø800	Bon	À conserver et entretenir
OR 26	48+240	Buse	1Ø800	Moyen	À démolir et remplacé par dalot (2x2)

ANNEXE 2

Impact sur l'environnement

Tableau 7:Différents Impacts et leurs mesures

Impacts	Mesures
Eaux superficielles	- Etanchéifications des fossés - Etanchéifications de la plateforme - Construction de bassins de traitement des eaux de chaussée
Eaux souterraines	- Etanchéifications de la plateforme - Construction de bassin de traitement des eaux de chaussée
Sécurité	- Rétablissement des cheminements - Installation des clôtures - Construction des chemins
Bruit	- Butte antibruit
Patrimoine naturel	- Installation de clôture de limitation de chantier - Rétablissement des cheminements de la faune
Patrimoine archéologique	- Périmètre de protection
Forêt	- Reboisements
Agriculture	- Rétablissement des réseaux d'irrigation ou de drainage
Paysage	- Plantation des abords et aménagements esthétiques - Traitement architectural des ouvrages d'art.

ANNEXE 3

DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

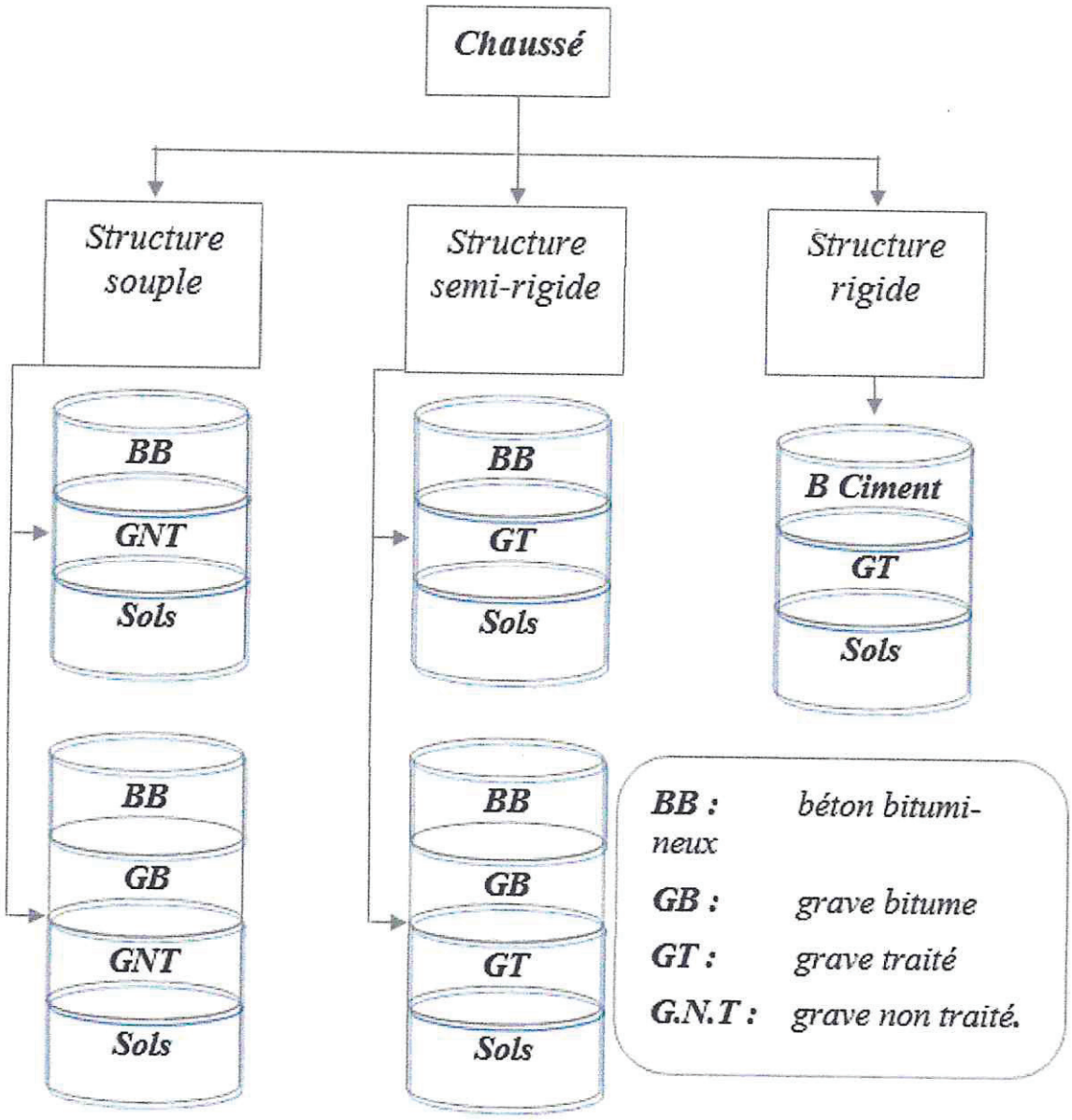
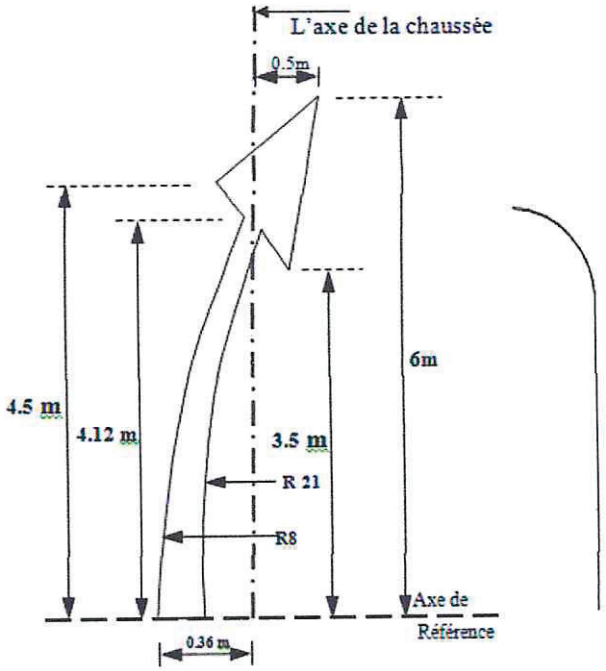


Figure 1:différents types de chaussées

ANNEXE 3

SIGNALISATION



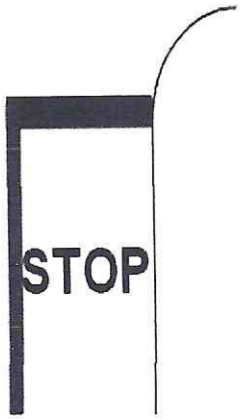


Figure 2: Schéma de signalisation STOP

Figure 3: Flèche de rabattement

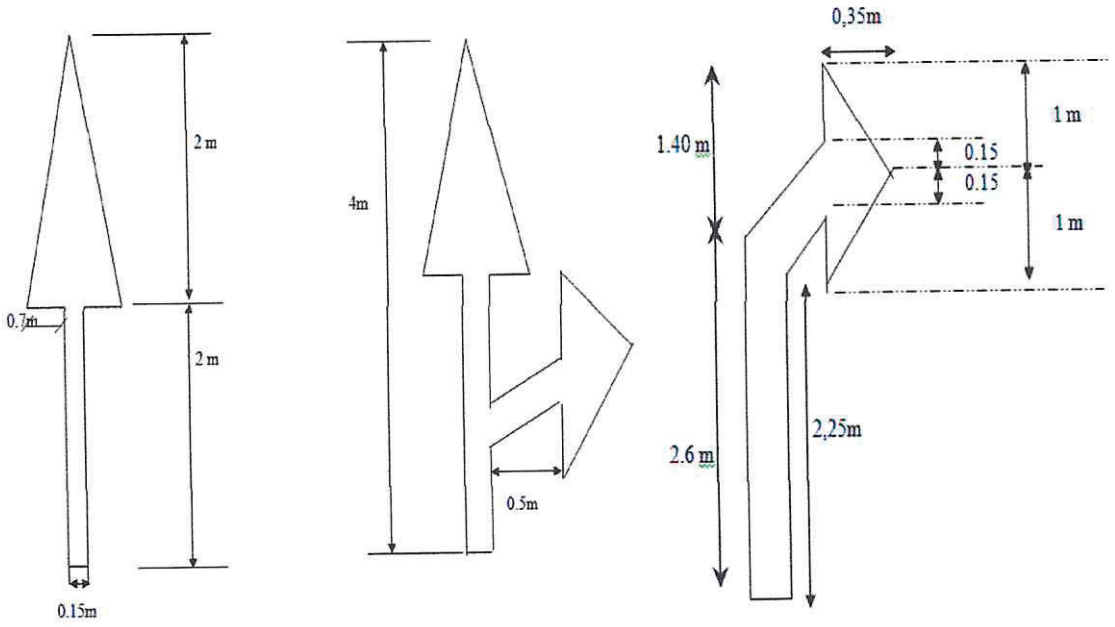


Figure 4: Flèches de sélection

ANNEXE 3

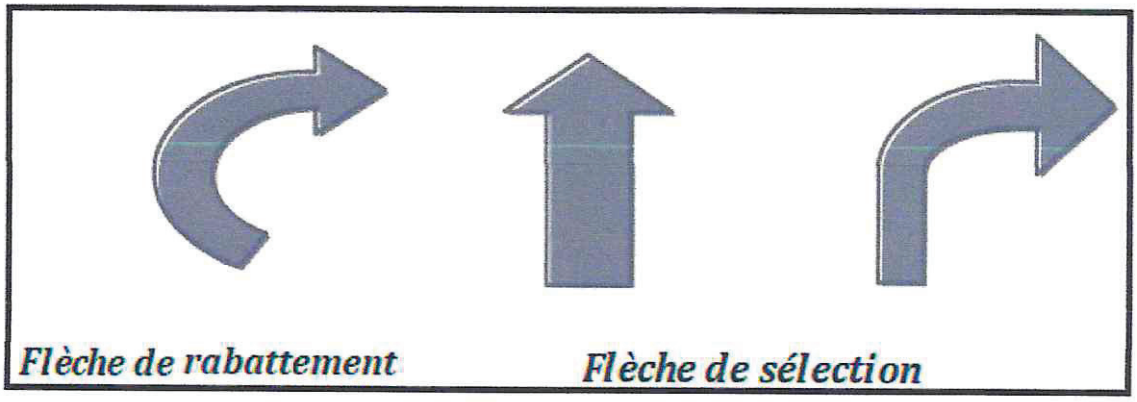


Figure 7: Fleche de rabattement

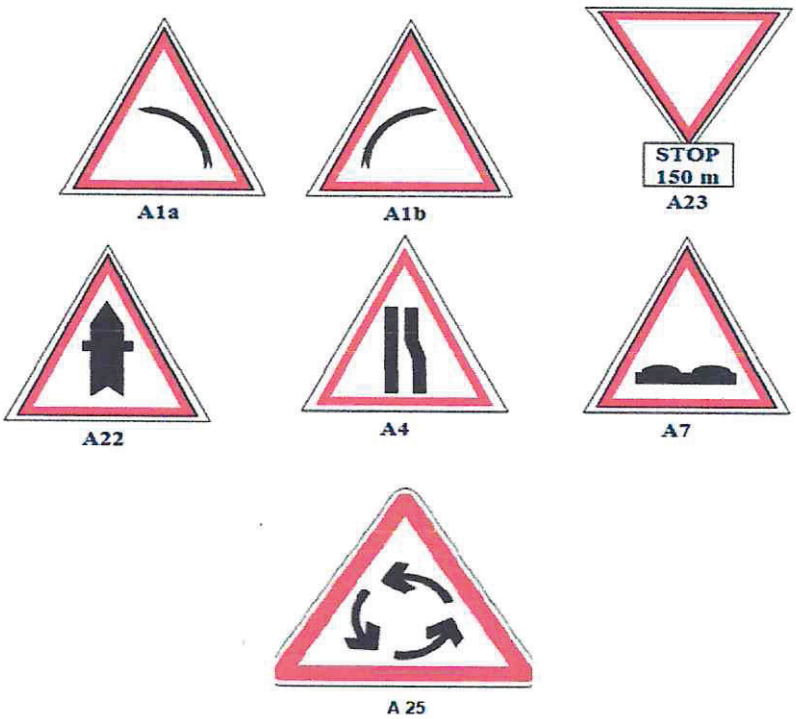


Figure 8: Signalisations Type A



Figure 9: Signalisations Type B

ANNEXE 3



Figure 10: Signalisations Type C

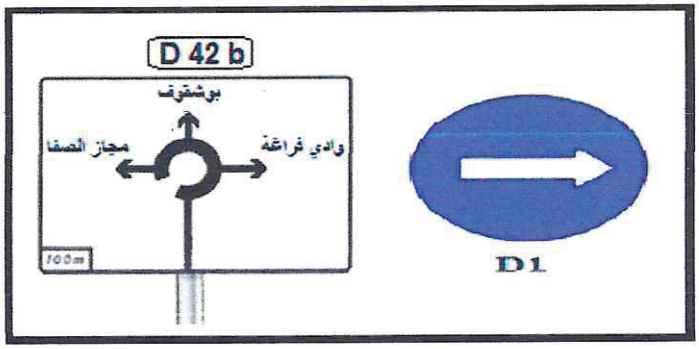


Figure 11: Signalisations Type D

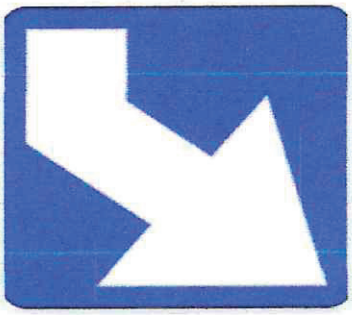


Figure 12:signalisation J5



Figure 13: Signalisations de direction Type E

ANNEXE 3

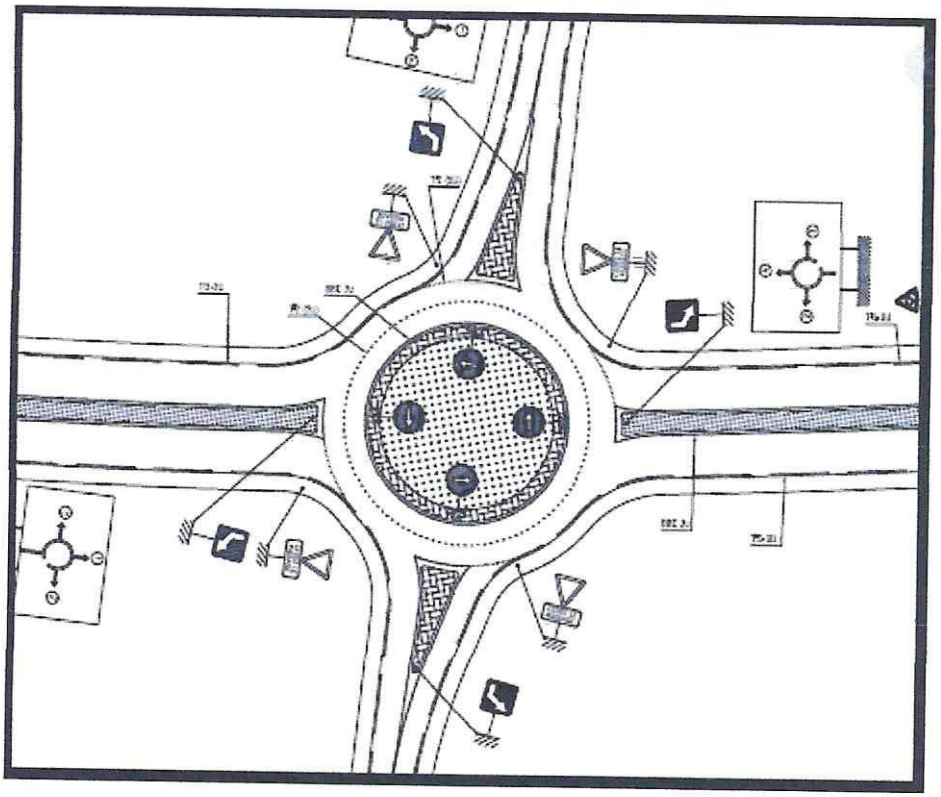


Figure 14: Signalisations de carrefour giratoire

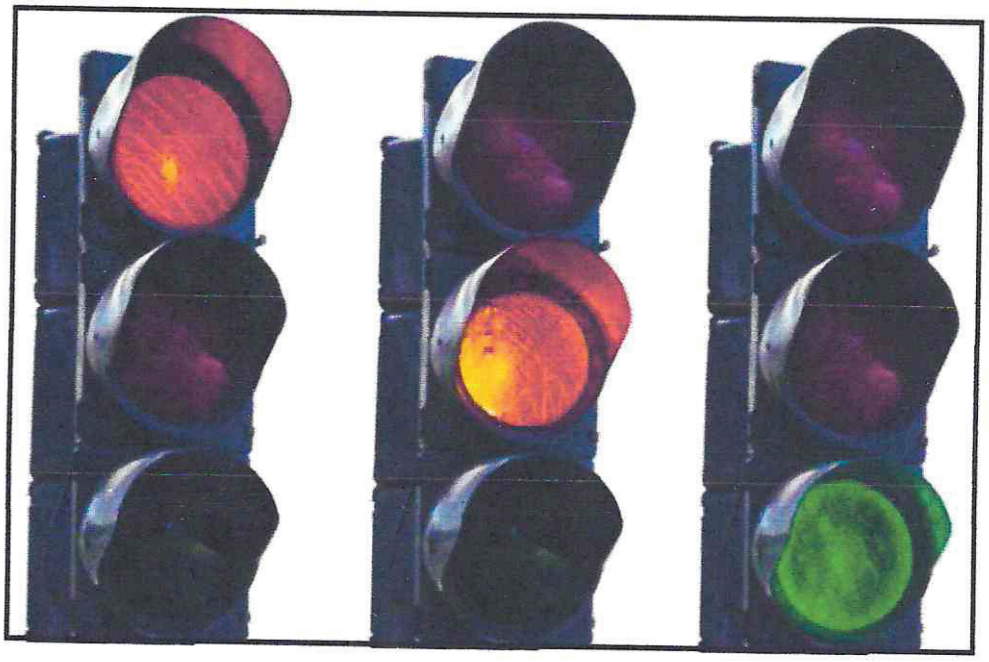


Figure 15:*Feu de circulation*

LISTINGS

Listing de la géométrie de l'axe en plan

Axe en plan: anneau011
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+157.09

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			-0+000.00	385213.2856	4041416.2463
ARC1	XC=385188.2846				
	YC=4041416.2463				
	R=25.001	78.543			
			0+078.54	385163.2836	4041416.2463
ARC2	XC=385188.2846				
	YC=4041416.2463				
	R=25.001	78.543			
			0+157.09	385213.2856	4041416.2463

Axe en plan: anneau021
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+157.08

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000.00	385834.6625	4041356.8285
ARC1	XC=385809.6625				
	YC=4041356.8285				
	R=25.000	78.540			
			0+078.54	385784.6625	4041356.8285
ARC2	XC=385809.6625				
	YC=4041356.8285				
	R=25.000	78.540			
			0+157.08	385834.6625	4041356.8285

Axe en plan: Axe de projet - (1)
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 9+024.38

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000.00	382780.4591	4047351.1764
DR1	ANG=98.8280 (g)	731.523			

			0+731.52	383511.8585	4047364.6432
CLO2	A=275.155				
	R=670.000	113.000			
			0+844.52	383624.8175	4047363.5478
ARC3	XC=383580.6844				
	YC=4046695.0029				
	R=670.000	351.000			
			1+195.52	383953.3343	4047251.8081
CLO4	A=275.155				
	R=670.000	113.000			
			1+308.52	384043.5347	4047183.8021
DR5	ANG=142.9163 (g)	11.781			
			1+320.30	384052.7384	4047176.4485
ARC6	XC=383428.5227				
	YC=4046395.1964				
	R=1000.000	65.319			
			1+385.62	384102.4019	4047134.0380
DR7	ANG=147.0746 (g)	629.165			
			2+014.79	384567.2554	4046710.0565
ARC8	XC=385908.4538				
	YC=4048180.5472				
	R=1990.265	51.524			
			2+066.31	384605.7684	4046675.8323
DR9	ANG=145.4266 (g)	18.384			
			2+084.70	384619.6677	4046663.7992
ARC10	XC=384185.8851				
	YC=4046162.7425				
	R=662.741	108.724			
			2+193.42	384695.6748	4046586.2275
DR11	ANG=155.8705 (g)	32.570			
			2+225.99	384716.4866	4046561.1745
ARC12	XC=384322.7826				
	YC=4046234.1225				
	R=511.826	156.706			
			2+382.70	384796.7538	4046427.2988
DR13	ANG=175.3619 (g)	0.322			
			2+383.02	384796.8755	4046427.0002
ARC14	XC=384305.9268				

	YC=4046226.9044				
	R=530.159	154.521			
			2+537.54	384833.6678	4046277.4854
DR15	ANG=193.9169 (g)	68.226			
			2+605.77	384840.1770	4046209.5705
ARC16	XC=384453.1001				
	YC=4046172.4713				
	R=388.851	146.760			
			2+752.53	384826.6058	4046064.3124
DR17	ANG=217.9443 (g)	198.373			
			2+950.90	384771.4282	4045873.7672
ARC18	XC=385080.1140				
	YC=4045784.3787				
	R=321.368	147.902			
			3+098.80	384763.8444	4045727.3632
DR19	ANG=188.6453 (g)	24.614			
			3+123.42	384768.2113	4045703.1396
CLO20	A=159.499				
	R=240.000	106.000			
			3+229.42	384779.2735	4045597.9492
ARC21	XC=384539.4899				
	YC=4045608.1400				
	R=240.000	22.411			
			3+251.83	384777.2785	4045575.6350
CLO22	A=159.499				
	R=240.000	106.000			
			3+357.83	384747.7325	4045474.0751
DR23	ANG=222.7075 (g)	20.429			
			3+378.26	384740.5991	4045454.9316
CLO24	A=159.499				
	R=240.000	106.000			
			3+484.26	384711.0531	4045353.3716
ARC25	XC=384948.8417				
	YC=4045320.8666				
	R=240.000	28.314			
			3+512.57	384708.8801	4045325.1580
CLO26	A=159.499				
	R=240.000	106.000			

			3+618.57	384722.5256	4045220.2714
DR27	ANG=187.0797 (g)	115.641			
			3+734.21	384745.8343	4045107.0042
ARC28	XC=385915.0723				
	YC=4045347.6158				
	R=1193.738	123.535			
			3+857.75	384776.9452	4044987.5073
DR29	ANG=180.4915 (g)	141.621			
			3+999.37	384819.6671	4044852.4842
ARC30	XC=392700.4898				
	YC=4047346.0119				
	R=8265.897	232.655			
			4+232.02	384892.9631	4044631.6844
DR31	ANG=178.6997 (g)	4.571			
			4+236.59	384894.4641	4044627.3669
CLO32	A=159.499				
	R=240.000	106.000			
			4+342.59	384921.7582	4044525.1788
ARC33	XC=384683.3093				
	YC=4044497.9374				
	R=240.000	218.377			
			4+560.97	384851.1801	4044326.4166
CLO34	A=159.499				
	R=240.000	106.000			
			4+666.97	384765.5524	4044264.3256
DR35	ANG=264.7433 (g)	41.421			
			4+708.39	384730.3231	4044242.5412
ARC36	XC=382626.5943				
	YC=4047644.6472				
	R=4000.000	67.142			
			4+775.53	384672.9231	4044207.7098
DR37	ANG=265.8119 (g)	115.911			
			4+891.44	384573.3285	4044148.4119
ARC38	XC=385596.4929				
	YC=4042429.9432				
	R=2000.000	173.507			
			5+064.95	384428.2802	4044053.2974
DR39	ANG=260.2890 (g)	227.408			

			5+292.36	384243.6982	4043920.4669
ARC40	XC=383718.0024				
	YC=4044650.9763				
	R=900.000	136.148			
			5+428.51	384127.6072	4043849.5875
DR41	ANG=269.9195 (g)	74.484			
			5+502.99	384061.2840	4043815.6885
CLO42	A=175.713				
	R=325.000	95.000			
			5+597.99	383978.9767	4043768.4299
ARC43	XC=384167.4576				
	YC=4043503.6660				
	R=325.000	401.154			
			5+999.15	383855.3112	4043413.1694
CLO44	A=175.713				
	R=325.000	95.000			
			6+094.15	383890.4823	4043325.0168
DR45	ANG=172.7314 (g)	90.221			
			6+184.37	383927.9560	4043242.9469
CLO46	A=213.307				
	R=500.000	91.000			
			6+275.37	383968.2316	4043161.3823
ARC47	XC=384402.3064				
	YC=4043409.5337				
	R=500.000	27.442			
			6+302.81	383982.4982	4043137.9438
CLO48	A=213.307				
	R=500.000	91.000			
			6+393.81	384036.4493	4043064.7032
DR49	ANG=157.6508 (g)	46.008			
			6+439.82	384064.8472	4043028.5046
ARC50	XC=384772.9503				
	YC=4043584.0135				
	R=900.000	56.034			
			6+495.85	384100.7828	4042985.5229
DR51	ANG=153.6872 (g)	77.492			
			6+573.34	384152.3142	4042927.6479
ARC52	XC=383405.4615				

	YC=4042262.6583				
	R=1000.000	42.287			
			6+615.63	384179.7583	4042895.4809
DR53	ANG=156.3793 (g)	648.124			
			7+263.75	384589.9058	4042393.6405
CLO54	A=187.617				
	R=400.000	88.000			
			7+351.75	384643.0306	4042323.5446
ARC55	XC=384307.3957				
	YC=4042105.9459				
	R=400.000	136.813			
			7+488.57	384696.5720	4042198.3678
CLO56	A=187.617				
	R=400.000	88.000			
			7+576.57	384710.5692	4042111.5360
DR57	ANG=192.1593 (g)	70.989			
			7+647.56	384719.2902	4042041.0848
CLO58	A=159.499				
	R=240.000	106.000			
			7+753.56	384739.9658	4041937.3549
ARC59	XC=384965.9053				
	YC=4042018.2950				
	R=240.000	96.953			
			7+850.51	384789.9677	4041855.0592
CLO60	A=159.499				
	R=240.000	106.000			
			7+956.51	384872.5053	4041788.9159
DR61	ANG=138.3243 (g)	176.543			
			8+133.05	385018.0133	4041688.9414
CLO62	A=176.125				
	R=330.000	94.000			
			8+227.05	385092.8083	4041632.1453
ARC63	XC=384869.2181				
	YC=4041389.4367				
	R=330.000	137.580			
			8+364.63	385171.9380	4041520.8166
CLO64	A=176.125				
	R=330.000	94.000			

			8+458.63	385200.9907	4041431.5081
DR65	ANG=182.9995 (g)	565.750			
			9+024.38	385350.2812	4040885.8108

Axe en plan: AXE PASSAGE
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+866.69

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000.00	385164.1767	4041409.6237
ARC1	XC=385181.3693				
	YC=4041347.0460				
	R=64.896	36.191			
			0+036.19	385133.6646	4041391.0439
DR2	ANG=247.2662 (g)	36.192			
			0+072.38	385109.1956	4041364.3776
CLO3	A=45.277				
	R=50.000	41.000			
			0+113.38	385086.0172	4041330.9291
ARC4	XC=385133.2793				
	YC=4041314.6108				
	R=50.000	80.768			
			0+194.15	385119.0830	4041266.6685
CLO5	A=45.277				
	R=50.000	41.000			
			0+235.15	385159.7733	4041266.0842
DR6	ANG=92.2261 (g)	494.069			
			0+729.22	385650.1632	4041326.2661
ARC7	XC=385542.9055				
	YC=4042200.2511				
	R=880.542	77.947			
			0+807.17	385727.0090	4041339.1705
DR8	ANG=86.5906 (g)	59.519			
			0+866.69	385785.2122	4041351.6146

Axe en plan: branche01G02
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+090.94

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000.00	385814.1797	4041241.1836
DR1	ANG=1.5176 (g)	39.255			
			0+039.25	385815.1154	4041280.4271
ARC2	XC=385455.0931				
	YC=4041289.0207				
	R=360.125	51.683			
			0+090.94	385812.6433	4041332.0068

Axe en plan: branche01G1
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+082.50

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000.00	385171.9380	4041520.8166
DR1	ANG=176.0711 (g)	24.623			
			0+024.62	385180.9767	4041497.9127
ARC2	XC=385058.3089				
	YC=4041449.5433				
	R=131.860	57.880			
			0+082.50	385189.9041	4041441.1948

Axe en plan: branche02G02
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+092.74

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			-0+000.00	385805.8243	4041381.5321
ARC1	XC=384826.6076				
	YC=4041229.3910				
	R=990.965	77.113			
			0+077.11	385791.0340	4041457.1934
DR2	ANG=385.2334 (g)	15.624			
			0+092.74	385787.4423	4041472.3995

Axe en plan: branche02G1
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+083.73

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			-0+000.00	385201.2859	4041394.8918
ARC1	XC=384968.8432				
	YC=4041257.9615				
	R=269.777	73.299			
			0+073.30	385229.5070	4041327.4877
DR2	ANG=183.3445 (g)	10.433			
			0+083.73	385232.2055	4041317.4097

Listing de la géométrie du profil en long

Profil en long : Ligne Rouge anneau011
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+157.09
LONGUEUR DE L'AXE : 157.090m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+000.00	132.000
D1	PENTE= 0.00%	157.086		
			0+157.09	132.000

Profil en long : Ligne Rouge anneau021
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+157.08
LONGUEUR DE L'AXE : 157.080m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+000.00	134.500
D1	PENTE= 0.00%	157.080		
			0+157.08	134.500

Profil en long : LIGNE ROUGE
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 9+024.38
LONGUEUR DE L'AXE : 9024.380m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+000.00	185.331
D1	PENTE= -3.84%	178.323		
			0+178.32	178.477
PAR1	S= 0+250.38 Z=175.707			
	R= 48853.426	144.113		
			0+322.44	172.725
D2	PENTE= -4.14%	288.652		
			0+611.09	160.778
PAR2	S= 0+675.00 Z=158.133			
	R= 36676.072	127.823		
			0+738.91	155.711

D3	PENTE= -3.79%	505.035		
			1+243.95	136.569
PAR3	S= 1+326.57 Z=133.437			
	R= 2973.305	165.246		
			1+409.19	134.898
D4	PENTE= 1.77%	117.938		
			1+527.13	136.982
PAR4	S= 1+613.76 Z=138.513			
	R= 4089.767	173.255		
			1+700.39	136.375
D5	PENTE= -2.47%	550.736		
			2+251.12	122.778
PAR5	S= 2+297.94 Z=121.622			
	R= 6089.010	93.627		
			2+344.75	121.186
D6	PENTE= -0.93%	68.214		
			2+412.96	120.551
PAR6	S= 2+445.79 Z=120.245			
	R= 3693.538	65.661		
			2+478.62	120.523
D7	PENTE= 0.85%	89.433		
			2+568.06	121.280
PAR7	S= 2+717.64 Z=122.546			
	R= 80641.347	299.167		
			2+867.22	123.257
D8	PENTE= 0.48%	159.190		
			3+026.41	124.014
PAR8	S= 3+106.52 Z=124.395			
	R= 12482.011	160.217		
			3+186.63	123.748
D9	PENTE= -0.81%	97.416		
			3+284.05	122.961
PAR9	S= 3+354.93 Z=122.388			
	R= 9502.819	141.774		
			3+425.82	122.873
D10	PENTE= 0.68%	582.536		
			4+008.36	126.856
PAR10	S= 4+075.69 Z=127.317			

	R= 8968.695	134.671		
			4+143.03	128.788
D11	PENTE= 2.19%	185.615		
			4+328.64	132.844
PAR11	S= 4+368.42 Z=133.714			
	R= 4930.622	79.557		
			4+408.20	133.941
D12	PENTE= 0.57%	155.836		
			4+564.04	134.832
PAR12	S= 4+652.31 Z=135.337			
	R= 4667.536	176.548		
			4+740.58	132.503
D13	PENTE= -3.21%	44.884		
			4+785.47	131.062
PAR13	S= 4+838.36 Z=129.364			
	R= 3901.125	105.776		
			4+891.24	129.100
D14	PENTE= -0.50%	199.243		
			5+090.49	128.105
PAR14	S= 5+186.81 Z=127.625			
	R= 16401.072	192.638		
			5+283.13	128.275
D15	PENTE= 0.68%	122.221		
			5+405.35	129.100
PAR15	S= 5+492.72 Z=129.691			
	R= 4747.639	174.756		
			5+580.10	127.064
D16	PENTE= -3.01%	13.415		
			5+593.52	126.661
PAR16	S= 5+636.28 Z=125.376			
	R= 2116.154	85.519		
			5+679.04	125.819
D17	PENTE= 1.04%	4.490		
			5+683.53	125.865
PAR17	S= 5+723.70 Z=126.281			
	R= 4679.353	80.351		
			5+763.88	126.008
D18	PENTE= -0.68%	215.207		

			5+979.08	124.541
PAR18	S= 6+128.37 Z=123.524			
	R= 18447.983	298.562		
			6+277.65	124.923
D19	PENTE= 0.94%	294.873		
			6+572.52	127.685
PAR19	S= 6+692.97 Z=128.814			
	R= 14425.469	240.904		
			6+813.42	127.931
D20	PENTE= -0.73%	19.195		
			6+832.62	127.790
PAR20	S= 6+925.64 Z=127.108			
	R= 12784.937	186.039		
			7+018.66	127.780
D21	PENTE= 0.72%	94.683		
			7+113.34	128.464
PAR21	S= 7+190.38 Z=129.020			
	R= 5597.302	154.068		
			7+267.41	127.456
D22	PENTE= -2.03%	30.412		
			7+297.82	126.839
PAR22	S= 7+357.40 Z=125.629			
	R= 3667.733	119.164		
			7+416.99	126.355
D23	PENTE= 1.22%	292.237		
			7+709.22	129.916
PAR23	S= 7+832.95 Z=131.423			
	R= 11590.155	247.444		
			7+956.67	130.290
D24	PENTE= -0.92%	231.521		
			8+188.19	128.168
PAR24	S= 8+264.82 Z=127.466			
	R= 4893.883	153.267		
			8+341.46	129.163
D25	PENTE= 2.22%	267.586		
			8+609.04	135.092
PAR25	S= 8+674.29 Z=136.537			
	R= 7713.328	130.501		

			8+739.54	136.879
D26	PENTE= 0.52%	284.840		
			9+024.38	138.370

Profil en long : Ligne Rouge AXE PASSAGE
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+866.69
LONGUEUR DE L'AXE : 866.690m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+000.00	132.000
D1	PENTE= 0.94%	47.817		
			0+047.82	132.450
PAR1	S= 0+080.21 Z=132.755			
	R= 1101.106	64.783		
			0+112.60	134.965
D2	PENTE= 6.82%	58.207		
			0+170.81	138.938
PAR2	S= 0+229.71 Z=142.957			
	R= 1504.183	117.800		
			0+288.61	142.364
D3	PENTE= -1.01%	290.155		
			0+578.76	139.442
PAR3	S= 0+606.34 Z=139.165			
	R= 3498.906	55.165		
			0+633.93	138.452
D4	PENTE= -2.58%	155.357		
			0+789.28	134.438
PAR4	S= 0+801.99 Z=134.110			
	R= 797.232	25.405		
			0+814.69	134.186
D5	PENTE= 0.60%	51.997		
			0+866.69	134.500

Profil en long : Ligne Rouge branche01G02
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+090.94
LONGUEUR DE L'AXE : 90.940m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+000.00	135.559
D1	PENTE= -1.67%	39.893		
			0+039.89	134.894
PAR1	S= 0+065.42 Z=134.469			
	R= 2862.198	51.045		
			0+090.94	134.498
D2	PENTE= 0.12%	0.000		
			0+090.94	134.498

Profil en long : Ligne Rouge branche01G1
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+082.50
LONGUEUR DE L'AXE : 82.500m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+000.00	129.680
D1	PENTE= 2.22%	9.357		
			0+009.36	129.888
PAR1	S= 0+020.61 Z=130.138			
	R= 1418.102	22.507		
			0+031.86	130.566
D2	PENTE= 3.81%	15.166		
			0+047.03	131.143
PAR2	S= 0+056.81 Z=131.516			
	R= 1017.549	19.558		
			0+066.59	131.700
D3	PENTE= 1.89%	15.915		
			0+082.50	132.000

Profil en long : Ligne Rouge branche02G02
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+092.74
LONGUEUR DE L'AXE : 92.740m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+000.00	134.500
D1	PENTE= -0.93%	19.520		
			0+019.52	134.318

PAR1	S= 0+037.08 Z=134.154			
	R= 5337.329	35.119		
			0+054.64	134.105
D2	PENTE= -0.28%	38.099		
			0+092.74	134.000

Profil en long : Ligne Rouge branche02G1
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+083.73
LONGUEUR DE L'AXE : 83.730m

Elément	**Caractéristiques des éléments**	**Longueur**	**Abscisse**	**Z**
			0+000.00	132.000
D1	PENTE= 2.68%	22.681		
			0+022.68	132.608
PAR1	S= 0+029.31 Z=132.786			
	R= 1377.606	13.266		
			0+035.95	133.027
D2	PENTE= 3.64%	9.481		
			0+045.43	133.373
PAR2	S= 0+056.46 Z=133.775			
	R= 1550.862	22.068		
			0+067.50	134.020
D3	PENTE= 2.22%	16.236		
			0+083.73	134.380

Rapport de matériau

Axe: Axe de projet - (1)
Groupe de tabulations: tabulation projet
Abscisse curviligne de départ: 0+000.000
Abscisse curviligne de fin: 9+024.382

	Type de surface	Surface	Vol.Inc.	Vol.Cum.
		m2	m3	m3
Abscisse: 0+000.000				
	C.roulement	0.94	0.00	0.00
	C.base	2.65	0.00	0.00
	C.fondation	4.68	0.00	0.00
	C.Forme plus accotement	11.50	0.00	0.00
Abscisse: 1+000.000				
	C.roulement	0.94	46.80	936.00
	C.base	2.65	132.60	2652.00
	C.fondation	4.68	234.00	4680.00
	C.Forme plus accotement	11.50	574.90	11498.00
Abscisse: 2+000.000				
	C.roulement	0.82	40.80	1833.00
	C.base	2.31	115.60	5193.50
	C.fondation	4.08	204.00	9165.00
	C.Forme plus accotement	8.16	408.00	21911.15
Abscisse: 3+000.000				
	C.roulement	0.94	46.80	2670.00
	C.base	2.65	132.60	7565.00
	C.fondation	4.68	234.00	13350.00
	C.Forme plus accotement	11.50	574.90	30655.30
Abscisse: 4+000.000				
	C.roulement	0.94	46.80	3606.00
	C.base	2.65	132.60	10217.00
	C.fondation	4.68	234.00	18030.00
	C.Forme plus accotement	11.50	574.90	42153.30
Abscisse: 5+000.000				
	C.roulement	0.94	46.80	4542.00
	C.base	2.65	132.60	12869.00
	C.fondation	4.68	234.00	22710.00
	C.Forme plus accotement	11.50	574.90	53651.30

Rapport sur les volumes

Date : 27/05/2021 21:55:58

Axe Axe de projet - (1):
Groupe de tabulations: tabulation projet
Abscisse curviligne de départ: 0+000.00
Abscisse curviligne de fin: 9+024.38

Abscisse curviligne	Surface de déblai (m²)	Volume de déblai (m³)	Surface de remblai (m²)	Volume de remblai (m³)	Vol. déblai cum. (m³)	Vol. remblai cum. (m³)
0+000.00	29.12	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00
0+050.00	25.75	1,371.66	0.04	6.19	1,371.66	6.19
0+100.00	27.87	1,340.37	0.09	3.17	2,712.03	9.37
0+150.00	26.10	1,349.23	0.01	2.30	4,061.26	11.66
0+200.00	23.16	1,231.53	0.04	1.17	5,292.79	12.84
0+250.00	31.10	1,356.37	0.11	3.71	6,649.16	16.55
0+300.00	30.76	1,546.44	0.00	2.67	8,195.60	19.22
0+350.00	32.36	1,578.14	0.00	0.00	9,773.74	19.22
0+400.00	41.80	1,854.04	0.00	0.00	11,627.78	19.22
0+450.00	30.03	1,795.79	0.00	0.00	13,423.57	19.22
0+500.00	34.60	1,615.78	0.00	0.00	15,039.36	19.22
0+550.00	30.36	1,623.89	0.00	0.00	16,663.25	19.22
0+600.00	13.17	1,088.30	14.53	363.31	17,751.54	382.53
0+650.00	15.48	716.31	2.63	429.10	18,467.85	811.63
0+700.00	22.03	937.61	5.73	208.99	19,405.46	1,020.62
0+750.00	17.58	990.09	4.27	249.98	20,395.55	1,270.60
0+800.00	14.15	792.92	8.64	324.10	21,188.47	1,594.70
0+850.00	25.18	980.65	0.38	227.30	22,169.12	1,822.00
0+900.00	31.23	1,401.14	4.35	120.13	23,570.26	1,942.12
0+950.00	55.32	2,145.35	0.00	110.51	25,715.61	2,052.63
1+000.00	68.02	3,059.35	0.00	0.00	28,774.97	2,052.63
1+050.00	27.12	2,361.98	0.19	4.89	31,136.95	2,057.51
1+100.00	37.04	1,592.01	0.47	16.71	32,728.96	2,074.22
1+150.00	13.03	1,243.29	1.60	52.35	33,972.25	2,126.57
1+200.00	7.31	507.60	2.20	96.04	34,479.85	2,222.62
1+250.00	11.08	459.69	0.99	80.41	34,939.54	2,303.03
1+300.00	24.81	896.74	0.00	24.93	35,836.28	2,327.96

1+350.00	32.95	1,442.07	0.11	2.93	37,278.35	2,330.89
1+400.00	24.32	1,429.25	2.22	58.76	38,707.60	2,389.65
1+450.00	19.28	1,090.03	2.39	115.13	39,797.64	2,504.79
1+500.00	23.51	1,069.86	0.00	59.65	40,867.49	2,564.44
1+550.00	46.64	1,753.68	0.00	0.00	42,621.18	2,564.44
1+600.00	49.07	2,392.53	0.98	24.44	45,013.71	2,588.88
1+650.00	42.79	2,296.49	0.00	24.44	47,310.20	2,613.31
1+700.00	15.70	1,462.25	1.43	35.75	48,772.45	2,649.07
1+750.00	10.22	647.88	4.04	136.64	49,420.34	2,785.71
1+800.00	11.32	538.58	1.74	144.47	49,958.92	2,930.18
1+850.00	13.49	620.45	2.38	103.19	50,579.37	3,033.36
1+900.00	10.44	598.42	8.39	269.43	51,177.80	3,302.80
1+950.00	15.37	645.22	1.39	244.59	51,823.02	3,547.39
2+000.00	15.87	780.93	0.74	53.18	52,603.95	3,600.57
2+050.00	19.55	885.75	0.00	18.36	53,489.69	3,618.93
2+100.00	10.04	739.82	2.35	58.81	54,229.51	3,677.74
2+150.00	19.46	737.76	0.26	65.96	54,967.27	3,743.70
2+200.00	11.26	768.86	1.00	31.49	55,736.13	3,775.19
2+250.00	11.39	566.25	1.13	53.54	56,302.38	3,828.72
2+300.00	10.47	546.35	0.80	48.83	56,848.74	3,877.56
2+350.00	12.54	574.88	0.60	35.37	57,423.62	3,912.93
2+400.00	14.37	671.98	0.67	32.29	58,095.59	3,945.22
2+450.00	13.60	698.78	0.41	27.40	58,794.38	3,972.62
2+500.00	7.49	527.15	1.88	57.62	59,321.53	4,030.23
2+550.00	6.47	348.94	1.74	91.14	59,670.47	4,121.37
2+600.00	11.23	442.53	0.46	55.17	60,113.00	4,176.55
2+650.00	16.64	694.98	0.19	16.53	60,807.97	4,193.08
2+700.00	23.91	1,008.52	0.17	9.10	61,816.49	4,202.18
2+750.00	13.47	930.27	1.06	31.26	62,746.76	4,233.44
2+800.00	9.38	571.14	1.43	62.07	63,317.90	4,295.51
2+850.00	25.33	867.77	0.01	35.82	64,185.66	4,331.33
2+900.00	17.42	1,068.86	6.15	153.79	65,254.53	4,485.12
2+950.00	4.69	552.72	8.37	362.96	65,807.25	4,848.08
3+000.00	4.42	230.55	23.26	770.31	66,037.79	5,618.38
3+050.00	10.27	372.31	1.90	611.12	66,410.10	6,229.50
3+100.00	17.92	713.70	2.74	113.85	67,123.81	6,343.35
3+150.00	26.14	1,101.66	2.39	128.35	68,225.47	6,471.70
3+200.00	56.99	2,035.38	0.27	67.88	70,260.85	6,539.57

3+250.00	63.40	2,889.76	0.31	15.09	73,150.61	6,554.67
3+300.00	48.02	2,715.70	0.82	27.50	75,866.31	6,582.17
3+350.00	6.67	1,358.54	15.79	415.59	77,224.86	6,997.76
3+400.00	20.72	684.88	0.29	401.96	77,909.74	7,399.72
3+450.00	16.04	921.67	6.52	167.28	78,831.40	7,567.00
3+500.00	17.90	853.80	0.23	162.83	79,685.21	7,729.82
3+550.00	28.34	1,160.72	0.36	14.26	80,845.93	7,744.08
3+600.00	26.01	1,361.76	0.35	17.77	82,207.69	7,761.85
3+650.00	19.26	1,131.73	6.60	173.72	83,339.42	7,935.57
3+700.00	22.86	1,053.08	5.77	309.12	84,392.50	8,244.69
3+750.00	36.47	1,483.39	0.76	163.31	85,875.88	8,408.00
3+800.00	25.02	1,544.99	3.33	101.53	87,420.87	8,509.52
3+850.00	20.62	1,145.34	3.82	177.42	88,566.21	8,686.94
3+900.00	8.78	734.94	6.78	265.09	89,301.15	8,952.04
3+950.00	8.72	437.49	14.52	532.52	89,738.64	9,484.55
4+000.00	11.21	498.24	6.52	526.11	90,236.88	10,010.66
4+050.00	9.69	522.52	9.41	398.29	90,759.40	10,408.95
4+100.00	18.96	716.45	5.67	377.06	91,475.85	10,786.01
4+150.00	15.45	860.33	9.13	370.03	92,336.18	11,156.04
4+200.00	1.30	418.68	11.99	527.81	92,754.86	11,683.86
4+250.00	14.15	386.14	9.89	546.90	93,141.00	12,230.76
4+300.00	20.50	861.67	7.98	454.16	94,002.67	12,684.91
4+350.00	29.11	1,222.04	1.94	257.12	95,224.71	12,942.03
4+400.00	46.33	1,843.21	0.33	59.19	97,067.92	13,001.22
4+450.00	21.23	1,654.82	2.07	61.48	98,722.74	13,062.70
4+500.00	18.68	986.24	6.86	231.54	99,708.97	13,294.24
4+550.00	24.72	1,068.91	0.12	182.03	100,777.89	13,476.27
4+600.00	33.59	1,436.73	0.20	8.30	102,214.62	13,484.57
4+650.00	35.11	1,706.42	0.02	5.58	103,921.04	13,490.15
4+700.00	35.03	1,753.60	0.28	7.50	105,674.65	13,497.64
4+750.00	17.75	1,319.38	0.51	19.65	106,994.02	13,517.30
4+800.00	13.81	788.94	1.52	50.67	107,782.96	13,567.96
4+850.00	1.44	381.18	6.52	201.00	108,164.14	13,768.97
4+900.00	6.03	186.50	6.79	332.83	108,350.65	14,101.80
4+950.00	46.83	1,328.40	6.13	322.02	109,679.04	14,423.82
5+000.00	101.11	3,725.18	2.16	206.01	113,404.23	14,629.83
5+050.00	96.86	4,986.26	4.08	156.65	118,390.49	14,786.48
5+100.00	86.61	4,586.70	5.12	230.18	122,977.18	15,016.66

5+150.00	134.65	5,531.48	0.29	135.35	128,508.66	15,152.02
5+200.00	130.68	6,633.34	0.48	19.29	135,142.00	15,171.31
5+250.00	138.07	6,718.72	0.13	15.28	141,860.72	15,186.59
5+300.00	96.79	5,871.30	0.31	10.90	147,732.02	15,197.49
5+350.00	91.61	4,660.22	0.22	13.33	152,392.24	15,210.82
5+400.00	53.35	3,588.95	5.13	131.06	155,981.19	15,341.88
5+450.00	46.21	2,474.51	2.10	179.05	158,455.71	15,520.93
5+500.00	59.46	2,641.54	0.40	62.33	161,097.24	15,583.26
5+550.00	54.48	2,861.86	0.25	16.10	163,959.10	15,599.36
5+600.00	27.53	2,068.91	0.00	6.19	166,028.01	15,605.56
5+650.00	27.81	1,379.25	0.00	0.19	167,407.25	15,605.75
5+700.00	38.13	1,654.15	0.03	0.87	169,061.40	15,606.62
5+750.00	37.35	1,910.17	0.01	0.92	170,971.57	15,607.54
5+800.00	36.30	1,866.25	0.43	10.91	172,837.81	15,618.46
5+850.00	44.89	2,059.76	0.16	14.63	174,897.57	15,633.09
5+900.00	9.13	1,368.72	1.00	29.30	176,266.29	15,662.38
5+950.00	8.87	447.94	4.83	148.00	176,714.23	15,810.39
6+000.00	13.01	543.46	3.22	205.32	177,257.69	16,015.71
6+050.00	15.03	697.98	0.17	86.43	177,955.67	16,102.14
6+100.00	31.98	1,175.76	0.03	5.11	179,131.43	16,107.24
6+150.00	29.97	1,548.85	0.00	0.84	180,680.27	16,108.08
6+200.00	15.93	1,147.62	0.20	5.01	181,827.90	16,113.10
6+250.00	14.90	771.32	0.05	6.15	182,599.21	16,119.24
6+300.00	13.11	701.24	0.17	5.39	183,300.46	16,124.63
6+350.00	5.73	471.49	1.54	42.38	183,771.94	16,167.01
6+400.00	0.00	143.36	17.22	468.72	183,915.31	16,635.73
6+450.00	0.00	0.10	28.11	1,133.24	183,915.40	17,768.97
6+500.00	1.51	37.89	3.49	788.76	183,953.30	18,557.73
6+550.00	14.92	410.65	0.08	89.12	184,363.95	18,646.85
6+600.00	10.95	647.31	3.61	91.73	185,011.26	18,738.58
6+650.00	10.32	531.69	2.83	161.10	185,542.95	18,899.69
6+700.00	8.89	480.03	0.95	94.67	186,022.99	18,994.36
6+750.00	16.67	638.86	0.05	25.02	186,661.85	19,019.37
6+800.00	22.12	969.65	0.00	1.21	187,631.50	19,020.58
6+850.00	23.08	1,129.99	0.01	0.22	188,761.49	19,020.80
6+900.00	13.57	916.24	3.58	89.61	189,677.73	19,110.41
6+950.00	16.92	762.14	10.20	344.36	190,439.87	19,454.77
7+000.00	22.35	981.68	0.26	261.55	191,421.55	19,716.31

7+050.00	24.34	1,167.21	0.11	9.24	192,588.76	19,725.55
7+100.00	40.55	1,622.18	0.00	2.66	194,210.94	19,728.22
7+150.00	39.37	1,997.94	1.67	41.79	196,208.88	19,770.01
7+200.00	77.77	2,928.54	0.12	44.91	199,137.42	19,814.92
7+250.00	42.62	3,009.75	0.06	4.53	202,147.18	19,819.45
7+300.00	11.72	1,356.92	6.32	159.71	203,504.10	19,979.16
7+350.00	13.60	634.57	10.65	421.87	204,138.67	20,401.03
7+400.00	26.71	1,010.46	0.00	260.49	205,149.13	20,661.52
7+450.00	18.73	1,135.73	0.00	0.02	206,284.86	20,661.55
7+500.00	17.28	899.35	0.30	7.68	207,184.21	20,669.22
7+550.00	11.31	714.58	0.73	25.70	207,898.79	20,694.92
7+600.00	13.82	628.12	0.86	39.93	208,526.91	20,734.85
7+650.00	15.55	734.26	1.18	51.09	209,261.17	20,785.94
7+700.00	19.68	877.81	2.04	81.37	210,138.98	20,867.30
7+750.00	27.06	1,154.24	1.72	96.66	211,293.22	20,963.96
7+800.00	15.61	1,049.90	4.40	158.56	212,343.13	21,122.52
7+850.00	16.73	799.62	1.51	153.11	213,142.75	21,275.63
7+900.00	15.11	788.68	2.91	113.80	213,931.43	21,389.43
7+950.00	22.87	947.20	0.00	73.65	214,878.62	21,463.08
8+000.00	21.90	1,119.17	0.52	13.12	215,997.79	21,476.21
8+050.00	22.28	1,104.49	0.08	15.16	217,102.29	21,491.36
8+100.00	14.39	916.70	1.20	32.15	218,018.99	21,523.51
8+150.00	10.19	614.53	1.79	74.87	218,633.52	21,598.39
8+200.00	7.43	443.05	5.77	186.92	219,076.57	21,785.30
8+250.00	6.51	351.98	10.89	408.53	219,428.54	22,193.83
8+300.00	4.17	268.09	1.97	315.45	219,696.63	22,509.29
8+350.00	2.60	169.49	2.93	120.13	219,866.11	22,629.41
8+400.00	0.00	65.32	0.00	71.90	219,931.43	22,701.31
8+450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	219,931.43	22,701.31
8+500.00	0.00	0.00	0.00	0.00	219,931.43	22,701.31
8+550.00	0.00	0.00	0.00	0.00	219,931.43	22,701.31
8+600.00	13.19	329.78	0.71	17.64	220,261.21	22,718.95
8+650.00	11.62	620.23	0.11	20.49	220,881.44	22,739.44
8+700.00	25.08	917.45	0.00	2.85	221,798.90	22,742.29
8+750.00	18.69	1,094.36	0.02	0.53	222,893.26	22,742.82
8+800.00	14.31	825.24	0.00	0.53	223,718.49	22,743.36
8+850.00	13.41	693.20	0.00	0.00	224,411.70	22,743.36
8+900.00	11.10	612.78	0.02	0.39	225,024.48	22,743.75

8+950.00	28.99	1,002.15	0.00	0.39	226,026.63	22,744.14
9+000.00	35.56	1,613.69	0.00	0.00	227,640.32	22,744.14
9+024.38	5.70	503.06	0.00	0.00	228,143.37	22,744.14

PLANS