



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOULOU MAMMERI DE TIZI-OUZOU  
FACULTE DE GENIE DE CONSTRUCTION  
DEPARTEMENT TRAVAUX PUBLICS

# Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de master en Travaux Publics  
Spécialité : Voie et Ouvrages d'Art (VOA).

Thème : Étude De La Déviation De La Ville De MAKOUDA RN72

Dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur un linéaire de 7.5km

Réalisé par :

LARDJANE Younes

GHANI Fazia

Encadré par :

Mme HERMIME Tassadit

Membres de jury :

Président : Mr RAHMOUNI Ouassim

Examinatrice : Mme GHANEM Fadhila

Promotion 2023/ 2024

## *Dédicace*

*Tout d'abord, je tiens à remercier le bon Dieu, le Tout-Puissant, qui m'a éclairé le chemin juste et m'a accordé la grâce de vivre ce jour béni. C'est une réalisation qui illumine les rêves de ma famille, malgré les nombreuses épreuves et défis surmontés avec persévérance.*

*Je dédie ce modeste travail à mon cher père, qui m'a enseigné que le succès vient uniquement par la patience et le dévouement, ô lumière qui a illuminé mon chemin et lampe dont la lumière ne s'éteint jamais dans mon cœur. Mon cher père, de qui j'ai puisé ma force et ma fierté, qui a travaillé dur et m'a enseigné malgré toutes les circonstances pour me voir diplômé. Que Dieu ait pitié de lui, lui accorde une demeure et place son âme dans les vastes jardins de Son paradis.*

*À ma chère mère, qui a fait du paradis le lieu sous tes pieds et a allégé mes difficultés par tes prières, à l'exceptionnelle grande dame que j'ai toujours voulu voir heureuse en ce jour. Ma chère mère, ce succès et cette joie te sont dédiés. Tu n'as jamais refusé mes demandes, peu importe ce que je disais, et je ne pourrai jamais te remercier assez comme il se doit. Ton affection m'enveloppe, ta bienveillance me guide, et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les divers obstacles.*

*Merci pour tout le soutien et l'amour que vous m'avez apporté, et que vos bénédictions soient toujours avec moi. Que Dieu vous accorde santé et longue vie.*

*A mes très sœurs : chahrazed et malika, pour être toujours à mes cotés,*

*A mes très frères : Slimane, Karim, Ahmed, vous être mon soutien après mes parents.*

*Ensuite, à l'épouse de mon frère sa femme hakima j'exprime ma gratitude à chers **Mohamed Idriss et Wissam**. Vous être la joie de la maison qui fait fleurir nos cœurs,*

*Sans oublier tous mes amis(es) avec qui j'ai passé des moments inoubliables durant tout mon cursus du primaire à l'université et à tous ceux qui nous ont aidés à réaliser ce travail.*

*A toutes ma famille, des plus jeunes aux plus âgés (Ghani, Aouidia, Arezki, Zerrouki)*

*A la personne qui a été à mes coté toute le temps YAYA, merci d'être toujours là pour moi.*

*Je dédié tous la promos 2023/2024 sans oublié aucune personne.*

A mon binôme : Lerdjane Younes

**Fazia**

## **Dédicace**

*Tout d'abord, je tiens à remercier le bon Dieu, le Tout-Puissant, qui m'a éclairé le chemin juste et m'a accordé la grâce de vivre ce jour béni. C'est une réalisation qui illumine les rêves de ma famille, malgré les nombreuses épreuves et défis surmontés avec persévérance.*

*Je dédie ce modeste travail à mon cher père, qui m'a enseigné que le succès vient uniquement par la patience et le dévouement, ô lumière qui a illuminé mon chemin et lampe dont la lumière ne s'éteint jamais dans mon cœur. Mon cher père, de qui j'ai puisé ma force et ma fierté, qui a travaillé dur et m'a enseigné malgré toutes les circonstances pour me voir diplômé.*

*Grace à toi papa j'ai appris le sens de travail et de la responsabilité. Que Dieu ait pitié de lui, lui accorde une demeure et place son âme dans les vastes jardins de Son paradis.*

*À ma chère mère, qui a fait du paradis le lieu sous tes pieds et a allégé mes difficultés par tes prières, à l'exceptionnelle grande dame que j'ai toujours voulu voir heureuse en ce jour. Ma chère mère, ce succès et cette joie te sont dédiés. Tu n'as jamais refusé mes demandes, peu importe ce que je disais, et je ne pourrai jamais te remercier assez comme il se doit. Ton affection m'enveloppe, ta bienveillance me guide, et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les divers obstacles.*

*Merci pour tout le soutien et l'amour que vous m'avez apporté, et que vos bénédictions soient toujours avec moi. Que Dieu vous accorde santé et longue vie.*

*A mes très sœurs*

*A mes très frères*

*Et mes chers collègues*

*Sans oublier tous mes amis(es) avec qui j'ai passé des moments inoubliables durant tout mon cursus du primaire à l'université, ainsi que tous ceux qui nous ont aidés à réaliser ce travail.*

*Je dédie tous la promos 2023/2024 sans oublié aucune personne.*

*A mon binôme : Ghani Fazia*

**Younes**

## **REMERCIEMENT**

*À remercier le bon Dieu qui nous a donné la santé, le courage et la volonté afin que nous puissions accomplir ce travail.*

*Nous tenons à remercier en premier temps notre encadreur*

***Hermime Tassadit**, et tous les enseignants qui ont contribués durant notre  
Cursus universitaire.*

*Nous remercions les membres de jury qui nous font l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.*

*Nous tenons également à remercier Mme **MILOUDI NASSIMA**, qui nous ont soutenu et encouragé.*

*Nous tenons également à remercier l'ensemble de personnel de la DTP de la  
Wilaya de TIZI OUZOU.*

*Nous souhaitons adresser nos remerciements au corps professoral et administratif du département de travaux public.*

*Nous remercions également tous ceux qui ont aidé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*

# Table des matières

<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>I Présentation de projet</b>	<b>3</b>
I Introduction . . . . .	3
II Présentation de la wilaya . . . . .	3
Relief . . . . .	4
Climat . . . . .	4
III Localisation de projet . . . . .	5
IV Objectifs de l'étude . . . . .	5
V Conclusion . . . . .	5
<b>II Étude trafic</b>	<b>6</b>
I Introduction . . . . .	6
II Analyse des trafics existant . . . . .	6
Les comptages . . . . .	7
I.1 Comptages manuels . . . . .	7
II.2 Comptages automatiques . . . . .	7
Les enquêtes . . . . .	8
III Différents types de trafics . . . . .	8
Trafic normal . . . . .	8
Trafic dévié . . . . .	8
Trafic induit . . . . .	8
Trafic total . . . . .	8
IV Modèles de présentation de trafic . . . . .	8
Prolongation de l'évolution passée . . . . .	9
Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques . . . . .	9
Modèle gravitaire . . . . .	9
Modèle des facteurs de croissance . . . . .	9

V	Calcul de la capacité . . . . .	10
	Définition de la capacité . . . . .	10
	La procédure de détermination de nombre de voies . . . . .	10
	Calcul de TJMA horizon . . . . .	10
	Calcul des trafics effectifs . . . . .	11
	Débit de pointe horaire normal . . . . .	11
	Débit horaire admissible . . . . .	12
	Calcul du nombre de voies . . . . .	13
VI	Application au projet . . . . .	13
	Calcul de trafic à l'année mise en service (TJMA 2024) . . . . .	14
	Calcul de trafic à l'année horizon (TJMA 2044) pour une durée de 20 ans . . . . .	14
	Calcul de trafic effectif $T_{eff}$ 2044 . . . . .	14
	Calcul du débit de pointe horaire normale Q . . . . .	14
	Calcul de débit admissible $Q_{adm}$ . . . . .	15
	Nombre de voie N . . . . .	15
	Calcul de l'année de saturation $Q_{sat}$ . . . . .	15
	Année de saturation . . . . .	15
VII	Conclusion . . . . .	16
<b>III Étude géotechnique</b>		<b>17</b>
I	Introduction . . . . .	17
II	Les principaux moyens d'identification du tracé de la route . . . . .	17
III	Objectif d'une étude géotechnique . . . . .	17
IV	Les différents essais en laboratoire . . . . .	18
	Les essais d'identification . . . . .	18
	I.1 Teneur en eaux et masse volumique . . . . .	18
	II.2 Analyse granulométrique . . . . .	19
	III.3 Limites d'Atterberg . . . . .	20
	IV.4 Equivalent de sable . . . . .	20
	V.5 Essai au bleu de méthylène (ou à la tache) . . . . .	20
	Les essais mécaniques . . . . .	21
	I.1 Essai PROCTOR . . . . .	21
	II.2 Essai CBR (California Bearing Ratio) . . . . .	21
	III.3 Essai Los Angeles . . . . .	22
	IV.4 L'essai Micro Deval . . . . .	23

V	Condition d'utilisation des sols en remblais . . . . .	23
VI	Programme des essais géotechniques . . . . .	23
	Essai in situ . . . . .	23
VII	Conclusion . . . . .	24
<b>IV</b>	<b>Dimensionnement de corps de chaussée</b>	<b>25</b>
I	Introduction . . . . .	25
II	La chaussée . . . . .	26
	Définition . . . . .	26
	Rôles de la chaussée . . . . .	26
	Les différents types de chaussée . . . . .	26
	I.1    Chaussée souple . . . . .	27
	II.2   Chaussées semi-rigides . . . . .	30
	III.3  Chaussées rigides . . . . .	31
III	Les différents facteurs pour les études de dimensionnement . . . . .	32
	Trafic . . . . .	33
	Environnement de la route . . . . .	34
	Sol support . . . . .	34
	Les matériaux . . . . .	34
IV	Méthodes de dimensionnement des chaussées . . . . .	34
	Méthode C.B.R (Californian – Bearing – Ratio) . . . . .	35
	Méthode CBR améliorée . . . . .	35
	I.1    Coefficient d'équivalence . . . . .	36
	La démarche du catalogue . . . . .	37
	I.1    Types de réseaux routiers . . . . .	37
	II.2   Le réseau secondaire noté RS . . . . .	38
	III.3  La classe de trafic . . . . .	38
	IV.4  La classe du sol support Sol support . . . . .	40
	V.5   Détermination de la zone climatique . . . . .	41
V	Application au projet . . . . .	42
	Méthode CBR Améliorée . . . . .	42
	I.1    Détermination l'épaisseur total du corps de chaussé (l'indice CBR = 8.74) . . . . .	43
	II.2   Détermination l'épaisseur total du corps de chaussé (L'indice CBR = 10) . . . . .	44
	Méthode des catalogues des structures (C.C.T) . . . . .	45

I.1	Détermination du type de réseaux routière . . . . .	45
II.2	Déterminer classe de trafic TPLi . . . . .	45
III.3	Détermination de la portance de sol-support de la chaussée .	46
IV.4	Vérification à la fatigue de la structure et de la déformation du sol support . . . . .	48
V.5	Calcul de la déformation admissible ( $\epsilon(z, adm)$ ) sur le sol sup- port . . . . .	48
VI.6	Calcul des déformations admissibles . . . . .	49
VII.7	Caractéristiques mécaniques des matériaux . . . . .	50
VIII.8	Risque de calcul . . . . .	50
IX.9	Calcul des déformations par Alizé LCPC . . . . .	52
VI	Conclusion . . . . .	55
<b>V</b>	<b>Etude géométrique</b>	<b>56</b>
I	Trace en plan . . . . .	56
	Introduction . . . . .	56
	Règles et principes de tracé en plan . . . . .	56
	Les éléments de la trace en plan . . . . .	57
	I.1 Les alignements . . . . .	57
	II.2 Arc de cercle . . . . .	58
	Courbes de raccordement . . . . .	61
	I.1 Rôle et nécessité des courbes de raccordement . . . . .	61
	II.2 Types de courbe de raccordement . . . . .	61
	Devers . . . . .	65
	Paramètres fondamentaux de la trace . . . . .	67
	Calcul d'axe . . . . .	68
II	Profil en long . . . . .	69
	Introduction . . . . .	69
	Les règles à respecter . . . . .	70
	Coordination du tracé en plan et profil en long . . . . .	70
	Les éléments géométriques du profil en long . . . . .	70
	I.1 Déclivités . . . . .	71
	II.2 Raccordement en profil en long . . . . .	72
	Application au projet . . . . .	74
III	Profil en Travers . . . . .	74
IV	Introduction . . . . .	74

	Les éléments du profil en travers . . . . .	75
I.1	La chaussée . . . . .	75
II.2	La Plateforme . . . . .	75
III.3	L'Emprise . . . . .	75
IV.4	Les Accotements . . . . .	75
V.5	L'Assiette . . . . .	75
	Classification du profil en travers . . . . .	76
	Application de projet . . . . .	76
	Conclusion . . . . .	77
<b>VI</b>	<b>Cubature</b>	<b>78</b>
I	Introduction . . . . .	78
II	Définition . . . . .	78
III	Méthode de calcul des cubatures . . . . .	78
IV	Application au projet . . . . .	80
<b>VII</b>	<b>Assainissement</b>	<b>81</b>
I	Introduction . . . . .	81
II	Variétés d'équipements d'assainissement . . . . .	81
III	Type de dégradation . . . . .	81
IV	L'objectif de l'assainissement . . . . .	82
V	Les différents réseaux . . . . .	82
	Réseau de pied de talus de déblais . . . . .	82
	Réseau de crête de talus de déblais . . . . .	82
	Réseau de pieds de talus de remblais . . . . .	83
	Réseau de crête de remblais . . . . .	83
VI	L'assainissement de la chaussée . . . . .	83
	Descentes d'eau . . . . .	83
	Bassin versons . . . . .	83
	Collecteur principal . . . . .	83
	Chambre de visite . . . . .	84
	Sacs . . . . .	84
	Faussée d'arrêt . . . . .	84
	Les regards . . . . .	84
VII	Types de canalisation . . . . .	85
	Réseaux de canalisation longitudinaux . . . . .	85
	Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement . . . . .	85

VIII	Données pluviométriques de la zone d'étude . . . . .	85
IX	Étude hydraulique . . . . .	85
	Calcul des débits . . . . .	85
	Calcul de l'intensité de la pluie I . . . . .	86
	La fréquence de l'averse . . . . .	86
	Calcul de précipitation . . . . .	87
	Coefficient de ruissellement . . . . .	88
	Calcul des débits de saturation $Q_s$ . . . . .	88
	Débit d'apport . . . . .	88
	Dimensionnement des ouvrages traversaux (buses) . . . . .	89
	Dalot . . . . .	89
<b>VII</b>	<b>Signalisation Et Éclairage</b>	<b>90</b>
I	Signalisation . . . . .	90
	Introduction . . . . .	90
	Objectifs de signalisation . . . . .	90
	Les types de signalisation . . . . .	91
	Marques longitudinales . . . . .	91
	Marques transversales . . . . .	91
	Les critères de conception de signalisation . . . . .	92
	Application au projet . . . . .	92
II	L'éclairage . . . . .	93
	Introduction . . . . .	93
	Paramètres de l'implantation des luminaires . . . . .	93
<b>IX</b>	<b>Impact sur l'environnement</b>	<b>97</b>
I	introduction . . . . .	97
II	Cadre juridique . . . . .	97
	Définitions L'environnement . . . . .	97
	Impact sur l'environnement . . . . .	97
	Étude d'impact sur l'environnement . . . . .	98
	Méthodologie du choix de l'implantation du type de plantes . . . . .	98
	Intérêt de la végétation . . . . .	98
III	conclusion . . . . .	99
<b>X</b>	<b>Devis Estimatif et Quantitatif</b>	<b>100</b>

**Conclusion générale**

# Table des figures

I.1	Carte découpage administratif de la wilaya de Tizi Ouzou. . . . .	4
I.2	Situation géographique de la zone du présent projet. . . . .	5
III.1	La teneur en eau. . . . .	19
III.2	Analyses granulométriques. . . . .	19
III.3	Diagramme simple Proctor. . . . .	21
III.4	Les matériels de l'indice CBR. . . . .	22
III.5	Les matériels de l'indice CBR. . . . .	22
III.6	une coupe géologique. . . . .	24
IV.1	Les différentes catégories de chaussées. . . . .	27
IV.2	Structure type d'une chaussée souple. . . . .	28
IV.3	couche de surface. . . . .	29
IV.4	couche d'assise. . . . .	29
IV.5	Différentes couches constituant la chaussée souple. . . . .	30
IV.6	Structure type d'une chaussée semi-rigide. . . . .	31
IV.7	Structure type d'une chaussée rigide. . . . .	31
IV.8	Chaussée en béton armé. . . . .	32
IV.9	La disposition des goujons dans une chaussée rigide. . . . .	32
IV.10	Schéma de fonctionnement d'une structure de chaussée sous l'application d'une charge roulante. . . . .	33
IV.11	La démarche de catalogue. . . . .	38
IV.12	Détermination de la zone climatique. . . . .	42
IV.13	Classes de TPLI pour RP1. (Source : C.T.T.P). . . . .	46
IV.14	Structure de chaussée de notre projet d'après le CTTP-fascicule3. . . . .	47
IV.15	Définition d'une structure de base. . . . .	52
IV.16	calcul des valeurs admissible. . . . .	53
IV.17	Résultats. . . . .	53

IV.18	Résultats. . . . .	54
IV.19	résultats change des références. . . . .	54
V.1	Les éléments du tracé en plan. . . . .	57
V.2	Force centrifuge. . . . .	59
V.3	Les éléments de courbes de raccordement. . . . .	61
V.4	les éléments de Clothoïde. . . . .	62
V.5	Courbe en S. . . . .	65
V.6	Courbe a sommet. . . . .	65
V.7	Courbe en C. . . . .	66
V.8	Courbe en ove. . . . .	66
V.9	trace en plan. . . . .	69
V.10	la pente et déclivité. . . . .	71
V.11	Schématisation de raccordement concave et convexe.. . . . .	72
V.12	partie du profil en long. . . . .	74
V.13	Le profil en travers type. . . . .	74
V.14	Courbe de niveau. . . . .	76
V.15	Profil en travers mixte (Déblais / Remblais). . . . .	77
V.16	Profil en travers (Remblais). . . . .	77
V.17	Profil en travers (DEBLAIS). . . . .	77
VI.1	profil en travers. . . . .	79
VI.2	Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné. . . . .	79
VII.1	L'emplacement des ouvrages d'assainissement. . . . .	84
VIII.1	Type de panneaux. . . . .	93
VIII.2	Type de panneaux. . . . .	95
VIII.3	Les signalisations horizontales. . . . .	96
VIII.4	Amplantation des luminaires. . . . .	96

# Liste des tableaux

II.1	Coefficient d'équivalence en fonction de l'environnement de la route. . . . .	11
II.2	Coefficient d'équivalence. . . . .	11
II.3	Valeur de $C_{th}$ - Capacité théorique du profil en travers en régime stable. . . . .	12
II.4	Valeur de $K_1$ en fonction de l'environnement. . . . .	12
II.5	Valeur de $K_2$ en fonction de l'environnement. . . . .	13
II.6	Résultat de l'étude trafic. . . . .	16
III.1	Résultats des essais . . . . .	19
III.2	Résultats de l'analyse granulométrique . . . . .	20
III.3	Limites d'Atterberg . . . . .	20
III.4	Résultats de l'essai PROCTOR . . . . .	21
III.5	Résultats des essais d'identification et mécaniques . . . . .	23
IV.1	Valeurs des Coefficients d'équivalence. . . . .	36
IV.2	Classes de trafics (Fascicule1CTTP) . . . . .	39
IV.3	Classes de trafic TPLi . . . . .	39
IV.4	Valeurs du coefficient d'agressivité A . . . . .	40
IV.5	Classes de portance à long terme du sol support (fascicule1, CTTP1) . . . . .	41
IV.6	Les caractères des zones climatiques en Algérie . . . . .	41
IV.7	Tableau récapitulatif des épaisseurs . . . . .	44
IV.8	Tableau récapitulatif des épaisseurs . . . . .	45
IV.9	Classification des réseaux principaux . . . . .	45
IV.10	Classes de portance des sols (C.T.T.P) selon l'indice de CBR . . . . .	46
IV.11	Épaisseurs de la couche de forme (C.T.T.P) . . . . .	46
IV.12	Performances mécaniques des matériaux bitumineux . . . . .	50
IV.13	Risques adoptés pour le réseau RP1 (selon CTTP fascicule 2) . . . . .	51
IV.14	Valeurs de T en fonction de r% (selon CTTP fascicule 2) . . . . .	51
IV.15	Comparaison des déformations . . . . .	54

IV.16	Résultats de dimensionnement . . . . .	55
V.1	Dmin par catégorie . . . . .	60
V.2	Déclivité maximale du projet selon la B40 . . . . .	71
V.3	Condition de confort par catégorie . . . . .	73
VII.1	Variable de GAUSS . . . . .	87
VII.2	Valeurs de coefficient de ruissellement . . . . .	88
VIII.	Lignes discontinues . . . . .	92

# Introduction générale

Les réseaux routiers représentent une infrastructure cruciale pour le développement socio-économique d'une nation. Ils facilitent la connectivité entre les régions, soutiennent le commerce, l'industrie et améliorent la mobilité quotidienne des citoyens. À une époque où l'urbanisation croissante et les besoins de déplacement augmentent, il est essentiel de perfectionner la conception, la gestion et l'entretien de ces infrastructures pour répondre efficacement aux défis contemporains et aux attentes futures de la société.

Ce mémoire se concentre sur une analyse approfondie des réseaux routiers, explorant leur évolution dynamique, leur impact significatif sur les aspects socio-économiques et environnementaux, ainsi que les innovations stratégiques visant à renforcer leur durabilité et leur efficacité opérationnelle. À travers une méthodologie rigoureuse intégrant recherche documentaire, études de cas et analyses statistiques, cette étude ambitionne de fournir des perspectives éclairées pour une gestion optimisée et une planification adaptée des infrastructures routières.

Lors de la construction d'une route, il est crucial de prendre en considération trois aspects fondamentaux : la conception minutieuse et esthétique, la sécurité et le confort des conducteurs et des passagers, ainsi que la gestion efficace des coûts du projet.

Le projet de fin d'études sur lequel nous travaillons représente l'une des nombreuses initiatives lancées par la wilaya de Tizi-Ouzou. Plus précisément, il vise à construire une nouvelle déviation de la ville de Makouda, qui reliera directement à la Route Nationale 72.

Une fois que toutes les données essentielles auront été collectées auprès des services compétents, telles que les relevés topographiques, les cartes et les informations sur le trafic, notre travail sera organisé en dix chapitres structurés comme suit :

Dans le chapitre I de ce mémoire, nous avons fourni une présentation complète du projet en détaillant sa localisation et en exposant clairement ses objectifs pour une meilleure com-

préhension globale.

Le chapitre II, étude de trafic, consiste à analyser les flux de circulation sur une route ou un réseau routier donné.

Le chapitre III se focalise sur les études géotechniques pour assurer la stabilité du sol.

Le chapitre IV aborde le dimensionnement de la chaussée en tenant compte des charges et des conditions environnementales.

Le chapitre V examine la géométrie des alignements routiers pour optimiser la sécurité et l'efficacité.

Le chapitre VI se concentre sur l'estimation des volumes de matériaux nécessaires grâce à des calculs de cubature.

Le chapitre VII traite de l'assainissement pour la gestion des eaux pluviales.

Le chapitre VIII concerne l'installation des équipements routiers essentiels.

Le chapitre IX évalue les impacts environnementaux du projet et propose des mesures d'atténuation.

Enfin, le chapitre X présente une estimation détaillée des coûts pour la planification budgétaire et la gestion financière du projet.

# Chapitre I

## Présentation de projet

### I Introduction

Les routes sont des infrastructures essentielles qui facilitent le développement économique, social et culturel des sociétés en assurant la connectivité et le transport entre les villes, villages et régions. Elles exercent une fonction cruciale en tant que réseaux de circulation pour les transactions commerciales, les services et les interactions sociales, en reliant les zones urbaines et rurales ainsi que les petites agglomérations aux grandes métropoles [[1]].

### II Présentation de la wilaya

La wilaya de Tizi Ouzou est une subdivision administrative de l'Algérie. Elle est située dans la région de Kabylie, au nord-est de la capitale de pays. Cette wilaya est connue pour sa richesse culturelle, son histoire mouvementée et ses paysages montagneux spectaculaires.

Le chef-lieu de la wilaya de Tizi Ouzou est situé à 8 km au sud des côtes méditerranéennes, et à 100 km à l'est de la capitale Alger, elle est constituée de 21 Daïra et de 67 communes, sa superficie est de 2992,96  $km^2$ . La population de la wilaya de Tizi Ouzou est estimée en 2008 à 135 008 âmes réparties principalement au chef-lieu ainsi les grandes agglomérations de son territoire.

La délimitation de la wilaya de Tizi Ouzou est la suivante :

- Au nord : Mer Méditerranée.
- Au sud : Bouira.
- A l'est : Bejaia.



### III Localisation de projet

Notre étude a pour objectif de concevoir en phase APD (avant-projet détaillé), le projet de déviation (évitement) de la ville de Makouda qui est située à 16 km. De chef-lieu de la wilaya sur un linéaire de 7 km.

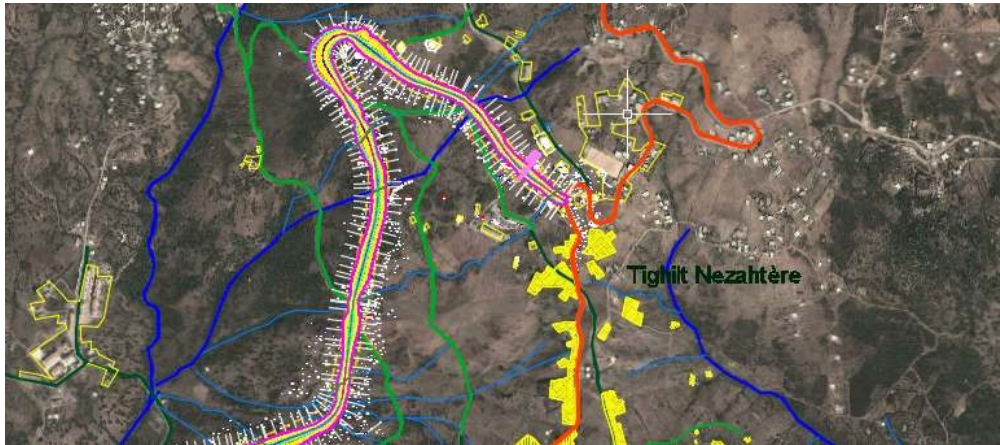


FIGURE I.2 – Situation géographique de la zone du présent projet.

### IV Objectifs de l'étude

Notre but principal dans cette étude est d'augmenter la qualité de service de la route existante par le biais d'un élargissement. Il s'agit également de l'analyse d'une section du tronçon de la RN72 qui se trouve dans la ville de Makouda, dans la wilaya de Tizi Ouzou. L'objectif consiste à garantir la continuité et la sécurité des déplacements, tout en optimisant le temps de trajet et en améliorant le confort de l'utilisation des routes.

### V Conclusion

Ce chapitre a pour but de mettre en avant les caractéristiques de la wilaya de Tizi Ouzou, dans le but de faciliter la conception du tronçon de dédoublement de la RN72 situé à Makouda. Cette phase de conception sera détaillée dans les chapitres suivants.

# Chapitre II

## Étude trafic

### I Introduction

L'étude de trafic est une étape essentielle qui doit être réalisée préalablement à tout projet de construction ou d'aménagement d'infrastructures de transport, elle identifie le type d'aménagement approprié et va au-delà du nombre de voies jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui composent la chaussée [[2]].

L'analyse des flux de circulation est un moyen déterminant pour saisir les mouvements majeurs à travers un territoire donné. Elle occupe une place importante au sein des études de transport et se révèle être une approche indispensable pour la conception des infrastructures routières. La conception s'appuie sur la partie "Stratégie, Planification" de la prévision des volumes de trafic sur le réseau routier, nécessaire pour :

.

- Apprécier les valeurs économiques des projets.
- Estimer les couts d'entretiens.
- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.

### II Analyse des trafics existant

L'analyse de trafic est une partie essentielle pour comprendre et optimiser les flux de données ou de véhicules. Est une démarche essentielle pour comprendre et optimiser les flux de données ou de véhicules. On peut classer les parties par deux catégories :

.

- Les comptages.

- Les enquêtes.

## Les comptages

Cette analyse est réalisée par différents procédés complémentaires :

- Comptages automatiques : qui permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs.
- Comptages manuels : qui permettent de quantifier le trafic.

Ces deux types permettent de mesurer le trafic sur les tronçons routiers.

### I.1 Comptages manuels

Ils sont réalisés par les agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports commun, Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A).

### II.2 Comptages automatiques

On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires, en ce qui concerne les comptages permanents, ils sont réalisés en certains points choisis pour leur représentation sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de Wilaya les plus circulés.

#### Les comptages permanents

Sont une méthode de surveillance continue du trafic routier, utilisant des dispositifs installés de manière permanente pour enregistrer les flux de véhicules sur une route donnée.

#### Le comptage temporaire

S'effectue une fois par an durant un mois pendant la période où le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

#### L'inconvénient de cette méthode

Est que tous les matériels de comptage actuellement utilisés ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds.

## Les enquêtes

**Les enquêtes de type cordon :** elles permettent de distinguer les trafics de transit des trafics locaux, et les origines et destinations de chaque flux.

**Les enquêtes qualitatives :** elles permettent de connaître l'appréciation de l'utilisateur par rapport au réseau ; les raisons de son déplacement.

## III Différents types de trafics

On distingue quatre types de trafic :

### Trafic normal

C'est le trafic existant sur l'ancien aménagement.

### Trafic dévié

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres vers la même destination.

### Trafic induit

C'est le trafic qui résulte des nouveaux déplacements des personnes qui, en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier, ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.

### Trafic total

C'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et de trafic dévié.

## IV Modèles de présentation de trafic

Dans l'étude des projections des trafics, la première opération consiste à définir un certain nombre de flux de trafic qui constitue des ensembles homogènes, en matière d'évolution ou d'affectation. Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont :

- Prolongation de l'évolution passée.
- Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.
- Modèle gravitaire.
- Modèle de facteur de croissance.

### **Prolongation de l'évolution passée**

La méthode consiste à projeter les tendances de trafic passées pour les années futures à l'échelle mondiale. En général, on utilise un modèle de croissance exponentielle où le trafic  $T_n$  pour l'année  $n$  sera :

$$T_n = T_0(1 + \tau)^n \quad (\text{II.1})$$

$T_0$  : est le trafic à l'arrivée pour l'origine.

$\tau$  : est le taux de croissance.

### **Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques**

Elle consiste à identifier une corrélation historique entre le niveau de trafic et certains indicateurs macroéconomiques tels que :

- Le produit national brut (PNB).
- Les prix des carburants.

On suppose que cette corrélation perdurera et influencera le taux de croissance du trafic. Cependant, cette méthode requiert l'utilisation d'un modèle de simulation.

### **Modèle gravitaire**

Il est indispensable pour résoudre les problèmes liés aux trafics actuels dans un avenir proche, mais il est peu adapté aux projections à long terme.

### **Modèle des facteurs de croissance**

Ce type de modèle nous permet de projeter une matrice origine – destination. La méthode la plus utilisée est celle de FRATAR qui prend en considération les facteurs suivants :

- Le taux de motorisation des véhicules légers et leur utilisation.
- Le nombre d'emploi.
- La population de la zone.

Cette méthode nécessite des statistiques précises et une recherche approfondie de la zone à Étudier.

**Remarque :** Pour notre cas, nous utiliserons la première méthode prolongation de l'évolution passée, vu sa simplicité et parce qu'elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région.

## V Calcul de la capacité

### Définition de la capacité

La capacité est le nombre de véhicules qui peuvent raisonnablement passer sur une direction de la route avec des caractéristiques géométriques et de circulatoires qui lui son propre durant une période bien déterminée, la capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire [[3]].

### La procédure de détermination de nombre de voies

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

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

### Calcule de TJMA horizon

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

$$TJMA_{horizon} = (1 + \tau)^n TJMA_{service} \quad (II.2)$$

Où :

$TJMA_h$  : le trafic à l'année horizon.

$TJMA_{service}$  : le trafic à l'année de référence.

$n$  : nombre d'année.

$\tau$  : taux d'accroissement du trafic (%).

## Calcul des trafics effectifs

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (uvp) en fonction de type de routes et de l'environnement (en plaine, vallonné ou montagneux).

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

$$T_{eff} = [(1 - Z) + P.Z]TJMA_{horizon} \quad (\text{II.3})$$

Avec

$T_{eff}$  : trafic effectif à l'année horizon en (uvp).

$Z$  : pourcentage de poids lourd.

$P$  : Coefficient d'équivalence pour les poids lourds, il dépend de la nature de la route.

Le tableau ci-dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence « P » pour les poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de la route.

<b>Environnement</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite / visibilité réduite	3-6	6-12	16-24

TABLE II.1 – Coefficient d'équivalence en fonction de l'environnement de la route.

<b>Route</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies et plus	2	4	8

TABLE II.2 – Coefficient d'équivalence.

## Débit de pointe horaire normal

Le débit de pointe horaire normal est une traction du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule :

$$Q = (1/n)T_{eff} \quad (\text{II.4})$$

Avec

$Q$  : débit de pointe horaire.

$n$  : nombre d'heure, (en général  $n= 8$  heures).

$\frac{1}{n}$  : coefficient de pointe horaire pris est égale à 0,12.

$T_{eff}$  : trafic effectif.

### Débit horaire admissible

Le débit horaire admissible correspond au nombre de véhicules pouvant passer par un point donné en une heure. Il est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$Q_{adm} = K_1 K_2 C_{th} \quad (\text{II.5})$$

Avec

$C_{th}$  : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

$K_1$  : coefficient lié à l'environnement.

$K_2$  : coefficient de réduction de capacité traduisant la différence entre caractéristiques réelles et idéales de circulation.

Type de Route	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3,5 m	1 500 à 2 000 uvp/h
Route à 3 voies de 3,5 m	2 400 à 3 200 uvp/h
Route à chaussées séparées	1 500 à 1 800 uvp/h

TABLE II.3 – Valeur de  $C_{th}$  - Capacité théorique du profil en travers en régime stable.

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

TABLE II.4 – Valeur de  $K_1$  en fonction de l'environnement.

Envi-ronne-ment	1	2	3	4	5
<b>E1</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>E2</b>	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
<b>E3</b>	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

TABLE II.5 – Valeur de  $K_2$  en fonction de l'environnement.

## Calcul du nombre de voies

• **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  $Q$ .

$$Q_{adm} \geq Q \quad (\text{II.6})$$

• **Cas d'une chaussée unidirectionnelle** : le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport.

$$N = S.Q/Q_{adm} \quad (\text{II.7})$$

Avec

$N$  : nombre de voie.

$Q_{adm}$  : débit admissible par voie.

$S$  : coefficient de dissymétrie, en général égale à  $2/3$  (les voies les plus chargés).

## VI Application au projet

### Les données de trafic

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis qui sont les suivants :

- Le trafic journalier moyen annuel est de  $4000 \frac{v}{j}$ .
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté  $\tau = 4 \%$ .
- Pourcentage de poids lourds  $PL = 15 \%$ .
- L'année de mise en service sera en 2024.
- Année de comptage : 2015.
- Durée de vie estimée à 20 ans.
- Environnement  $E_2$  et la catégorie  $C_1$ .

**Calcul de trafic à l'année mise en service (TJMA 2024)**

$$\begin{aligned}
 TJMA_{2024} &= (1 + \tau)^n \cdot TJMA_0 \\
 TJMA_{2024} &= (1 + 0.04)^9 \cdot 4000 \\
 TJMA_{2024} &= 5693 \frac{v}{j}
 \end{aligned} \tag{II.8}$$

**Calcul de trafic à l'année horizon (TJMA 2044) pour une durée de 20 ans**

$$\begin{aligned}
 TJMA_{2044} &= (1 + \tau)^n \cdot TJMA_{2024} \\
 TJMA_{2044} &= (1 + 0.04)^{20} \cdot 5693 \\
 TJMA_{2044} &= 12474 \frac{v}{j}
 \end{aligned} \tag{II.9}$$

**Calcul de trafic effectif  $T_{eff}$  2044**

$$\begin{aligned}
 T_{eff} &= [(1 - z) + P \cdot Z] \cdot TJMA_{2044} \\
 T_{eff} &= [(1 - 0.15) + 6 \cdot 0.15] \cdot 12474 \\
 T_{eff} &= 21830 \frac{v \cdot p}{h}
 \end{aligned} \tag{II.10}$$

Avec :

$Z = 15 \%$ .

$P = 6$  ( $E_2$ ; Route à bonne caractéristique; catégorie  $C_1$ )

**Calcul du débit de pointe horaire normale Q**

$$\begin{aligned}
 Q &= 1/n \cdot T_{eff} \\
 Q &= 0.1221830 \\
 Q &= 2620 \frac{v \cdot p}{h}
 \end{aligned} \tag{II.11}$$

### Calcul de débit admissible $Q_a dm$

$$Q_a dm = K_1 K_2 C_t h \quad (\text{II.12})$$

On a :

Catégorie  $C_1$  et environnement  $E_2$ .

Donc :  $K_1 = 0.85$ ,  $K_2 = 0.99$  et  $C - th = 1500$ .

### Nombre de voie N

$$N = S.Q/Q_a dm \quad (\text{II.13})$$

$$N = \frac{2\ 2620}{3\ 1262} = 1.38$$

Donc :  $N = 1.38$ ; 2 voies.

### Calcul de l'année de saturation $Q_s at$

$$N = \frac{\ln(Q_{\text{sat}}/Q_{2024})}{\ln(1+z)}$$

$$T_{2024} = T_{\text{JMA},2024}[(1-Z) + P \cdot Z] \quad (\text{II.14})$$

$$T_{2024} = 5693 \times [(1 - 0.15) + 6 \times 0.15]$$

$$T_{\text{eff},2024} = 9963 \text{ uvp}$$

### Année de saturation

La route sera saturée lorsque la demande de capacité va atteindre la capacité limite.

Avec :

$$Q_s at = 0.12 T_{\text{eff}}(2024)$$

$$Q_s at = 0.129963 \quad (\text{II.15})$$

$$Q_s at = 1196 \text{ uvp}$$

D'autre part :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{eff}} &= Q_{\text{saturation}} \\
 Q_{\text{saturation}} &= Q_{\text{adm}} \times 2 = 1262 \times 2 = 2524 \frac{\text{uVP}}{\text{h}} \\
 N &= \frac{\ln\left(\frac{2 \times 1262}{1196}\right)}{\ln(1 + 0.04)}
 \end{aligned} \tag{II.16}$$

$N = 19.04$  Donc :  $n = 19$  ans.

D'après le calcul précédant, on a obtenu les résultats mentionnés dans le tableau suivant :

<b>TJMA 2015 (v/j)</b>	<b>TJMA 2024 (v/j)</b>	<b>TJMA 2044 (v/j)</b>	<b>Teff 2044 (Uvp/j)</b>	<b>Q (UVP/J)</b>	<b>Q adm (Uvp/j)</b>	<b>L'année de satu- ration</b>
4000	5673	12474	21830	2620	1262	2043

TABLE II.6 – Résultat de l'étude trafic.

## VII Conclusion

Donc notre route RN72 sera saturée dans 19 ans après la mise en service, donc l'année de saturation est : 2043.

# Chapitre III

## Étude géotechnique

### I Introduction

La géotechnique routière a pour objectif de définir les caractéristiques des sols qui serviront d'assise pour la structure de chaussée. Elle examine les questions d'équilibre et de formation de divers types de formation terrestres, soumises à des forces extérieures, que l'on retrouve à la fois dans le sol naturel et dans les remblais utilisés pour la construction de routes et de massifs de terre artificiels. Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et de donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol. Pour cela on fait des essais au laboratoire qui permettent de déterminer les caractéristiques en place.

### II Les principaux moyens d'identification du tracé de la route

Les moyens de la reconnaissance d'un tracé routier ils sont comme suit :

- Recherche sur les archives et documents existants.
- Visites de sites et tests « sur le terrain ».
- Tests en laboratoire.

### III Objectif d'une étude géotechnique

L'objectif d'étude géotechnique comprend les points suivants :

- Dimensionner la structure de la chaussée.
- Identifier les caractéristiques mécaniques du sol support.

- Classer les matériaux provenant des déblais et des sites d'emprunt conformément au Guide Technique de Référence (GTR) pour une éventuelle réutilisation.
- Évaluer la stabilité des talus et des remblais pour garantir la sécurité.
- Prévoir les comportements et la stabilité des ouvrages tout au long des différentes phases de construction et après leur achèvement [[4]].

## IV Les différents essais en laboratoire

Les essais réalisés en laboratoire sont :

- Les essais d'identification.
- Les essais mécaniques.

### Les essais d'identification

- Teneur en eaux et masse volumique.
- Analyse granulométrique.
- Limites d'Atterberg.
- Equivalent de sable.
- Essai au bleu de méthylène (ou à la tache).
- Teneur en sulfates et en carbonates de calcium.

#### I.1 Teneur en eaux et masse volumique

La teneur en eau naturelle  $W\%$  est le rapport de l'eau comprise dans le sol (Définie conventionnellement par la perte de poids après un passage de 24 heures dans une étuve à 106) au poids des éléments solides du sol.

$$W(\%) = m_w / m_s \cdot 100$$

Où :  $W$  : teneur en eau en pourcentage (%).

$m_w$  : masse d'eau évaporée.

$m_s$  : masse du matériau sec.

- Couche d'argile brunâtre plastique contenant des cailloux et des blocs de grés.



FIGURE III.1 – La teneur en eau.

Puits	Teneur en eau naturelle %
N°01	W = 19.48

TABLE III.1 – Résultats des essais

## II.2 Analyse granulométrique

Le tamisage permet de distinguer les différents types de sols en fonction de la teneur en particules fines : les sols fins, les sols sableux (qui sont riches en particules fines) et les sols graveleux (qui sont pauvres en particules fines). C'est un essai qui a pour objectif de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.



FIGURE III.2 – Analyses granulométriques.

Granulométrie	0.2 mm %	2 mm %	20 mm %	40 mm %
RESULTAT	80	78	95	96.78
Mm %	-	-	-	74.80

TABLE III.2 – Résultats de l'analyse granulométrique

### III.3 Limites d'Atterberg

Les limites de plasticité et de liquidité, également appelées  $W_p$  et  $W_L$ , sont des seuils qui permettent de distinguer les différents états de consistance d'un sol :

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

Les résultats de l'analyse granulométrique sont dans les tableaux ci-dessous :

Limites d'Atterberg	LP	IP	LL
RESULTAT	26.26	26.40	48.42

TABLE III.3 – Limites d'Atterberg

- Les limites de plasticité et les limites de liquidité, cette argile est peu plastique. Elle est peu sensible à l'eau.

### IV.4 Equivalent de sable

L'essai d'identification "Equivalent de sable" est utilisé pour déterminer la propreté relative des fines dans les agrégats ou les sols. Cet essai est particulièrement important dans les domaines du génie civil et de la construction routière, car la présence de fines (argile et limon) peut influencer les propriétés des matériaux et affecter la qualité des ouvrages.

### V.5 Essai au bleu de méthylène (ou à la tache)

L'une de ses utilisations est d'évaluer la propreté du sable, des granulats, et de la terre, en particulier de ses composants argileux. Ce test est un indicateur clé de la pureté.

## Les essais mécaniques

- Essai PROCTOR.
- Essai CBR.
- Essai Los Angeles.
- Essai Micro Deval.

### I.1 Essai PROCTOR

L'essai Proctor est une méthode utilisée en ingénierie routière pour examiner comment le sol réagit au compactage et à la teneur en eau. Il permet de déterminer la teneur en eau optimale, nécessaire pour atteindre la densité sèche maximale du sol. Cette teneur optimale est appelée "Proctor optimal".

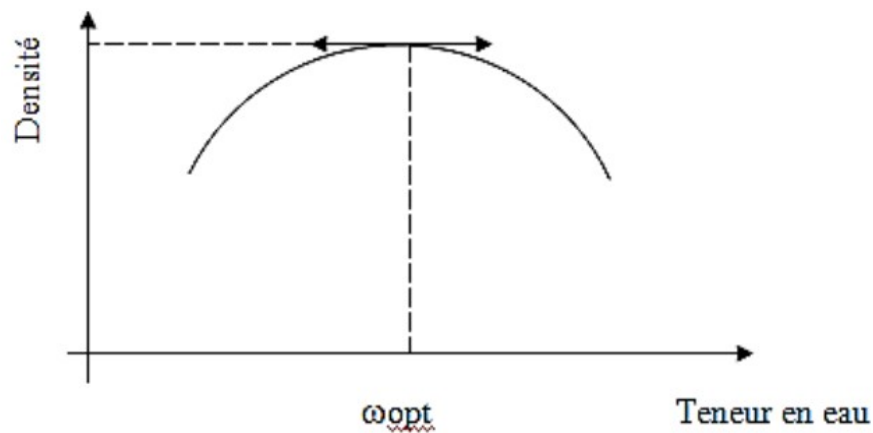


FIGURE III.3 – Diagramme simple Proctor.

<b>Résultats de l'essai PROCTOR</b>	
La densité sèche Maximum $\gamma_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.62
La teneur en eau optimum $\omega$ (%)	16.60

TABLE III.4 – Résultats de l'essai PROCTOR

### II.2 Essai CBR (California Bearing Ratio)

L'indice portant Californien ou CBR est une valeur sans unité, exprimée en pourcentage, qui représente le rapport entre les pressions nécessaires pour produire un tassement donné

dans le matériau étudié et dans un matériau de référence. Il permet d'estimer l'épaisseur des couches de terrain nécessaires pour les fondations d'une route ou d'une piste simple, en fonction de la charge maximale par roue prévue.



FIGURE III.4 – Les matériels de l'indice CBR.

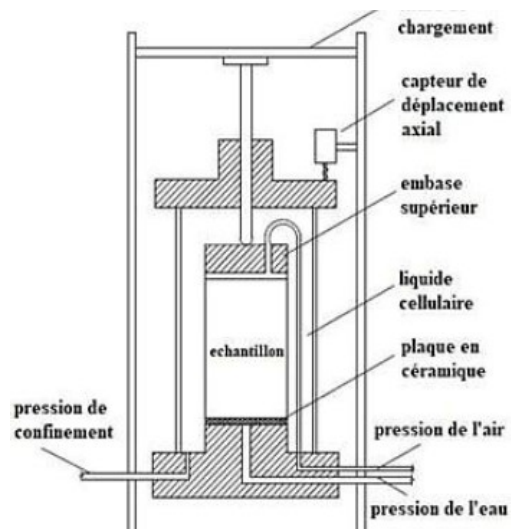


FIGURE III.5 – Les matériels de l'indice CBR.

### III.3 Essai Los Angeles

L'essai Los Angeles est une méthode utilisée pour évaluer la résistance à l'usure des granulats utilisés dans la construction routière et d'autres applications. Ce test est important pour déterminer la durabilité et la qualité des matériaux.

Puits	Teneur en eau naturelle (%)	Granulométrie (%)					Limites d'Atterberg			Proct $\omega$ (%)
		40 mm	20 mm	2 mm	0.2 mm	80 mm	LP	IP	LL	
N° 01	19.48	96.79	95	78	80	74.80	24.26	24.40	48.42	16.6

TABLE III.5 – Résultats des essais d'identification et mécaniques

- L'indice CBR à 98% de l'OPM est de 8.74. - Cette valeur classe également ce sol dans la catégorie  $S3(5 \leq CBR < 10)$ .

#### IV.4 L'essai Micro Deval

L'essai Micro Deval est une méthode utilisée pour évaluer la résistance à l'abrasion et à l'usure des granulats.

## V Condition d'utilisation des sols en remblais

Les remblais doivent être composés de matériaux issus de déblais ou éventuellement d'emprunts. Ces matériaux doivent respecter les critères suivants :

- Aucune pierre de dimension supérieure à 80 mm.
- Teneur en matières plastiques IP inférieure à 20% ou absence de composés organiques.
- Absence de matériaux susceptibles de geler.
- Évitement des sols présentant une forte teneur en argile.

## VI Programme des essais géotechniques

### Essai in situ

La reconnaissance du site a été faite à l'aide d'un rétro chargeur. En effet quatre (04) puits à ciel ouvert ont été creusés à une profondeur allant de 2.00 à 2.80 m, suivant le programme géotechnique donné par le bureau d'étude.

- **Notre projet consiste en l'examen d'un unique puits, le puits 01. Puits N°01**

Il a été creusé à 200 m du début de projet pk : 0+00 (à quelques mètres plus Bas de la nouvelle mosquée en construction, comme l'indique la photo, ci-dessous). En effet il se trouve sur la piste passant à côté de l'usine de parpaings.

La coupe géologique obtenue du premier puits, peut être décrite comme suit :

- De 0.00 à 0.40 m : Couche végétale composée d'argile limoneuse peu graveleuse, peu caillouteuse.
- De 0.40 à 2.80 m : Couche d'argile brunâtre plastique contenant des cailloux et des blocs de grès.



FIGURE III.6 – une coupe géologique.

## VII Conclusion

En l'absence du rapport géotechnique complet du projet, qui n'a pas été fourni, nous n'avons pas pu traiter correctement la partie géotechnique nécessaire pour notre application spécifique.

Pour cette raison, la direction des travaux publics de la wilaya de Tizi-Ouzou nous a recommandé d'adopter un indice CBR d'environ 8.

Cette mesure vise à renforcer nos calculs afin d'obtenir une capacité portante du sol acceptable pour le projet.

# Chapitre IV

## Dimensionnement de corps de chaussée

### I Introduction

Le réseau routier joue un rôle vital dans l'économie du pays et l'état de son infrastructure est par conséquent crucial. Si les routes ne sont pas correctement construites ou ne sont pas entretenues en temps opportun elles se dégradent inexorablement. Le dimensionnement d'une structure de chaussée routière consiste à déterminer la nature et l'épaisseur des couches qui la constituent afin qu'elle puisse résister aux diverses agressions auxquelles elle sera soumise tout au long de sa vie.

La conception de la chaussée consiste à la fois à sélectionner les matériaux appropriés avec les propriétés voulues et à établir l'épaisseur des différentes couches de la structure de la chaussée.

Les dimensions de la chaussée sont déterminées selon les paramètres qui sont les suivantes :

- Le trafic.
- Le sol support.
- L'environnement de la route (le climat essentiellement).
- Les matériaux choisis.
- La durée de vie de la chaussée.

## II La chaussée

### Définition

On appelle chaussée toute surface plane spécialement aménagée, sur le sol ou sur un ouvrage, pour garantir la circulation de véhicules ou le stationnement dans de bonnes conditions de visibilité, de sécurité et de confort.

Au sens structurel, la chaussée est définie comme un ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic.

### Rôles de la chaussée

Une chaussée, quel que soit le trafic doit être conçue et dimensionnée pour :

- Garantir une circulation commode et sûre.
- Assurer sa fonction sur une période de service fixée au stade du projet.

**La chaussée est appelée à :**

- Supporter la circulation des véhicules de toute nature.
- Reporter le poids sur le terrain de fondation.
- Offrir aux véhicules des surfaces unies peu sonores, confortables et sûres.

### Les différents types de chaussée

Le rôle principal de la chaussée est de résister aux effets nocifs qu'ils soient agents atmosphériques, déformation du sol support et ceux liées à la circulation. Selon le fonctionnement mécanique de la chaussée, on distingue généralement les trois différents types des structures suivants :

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

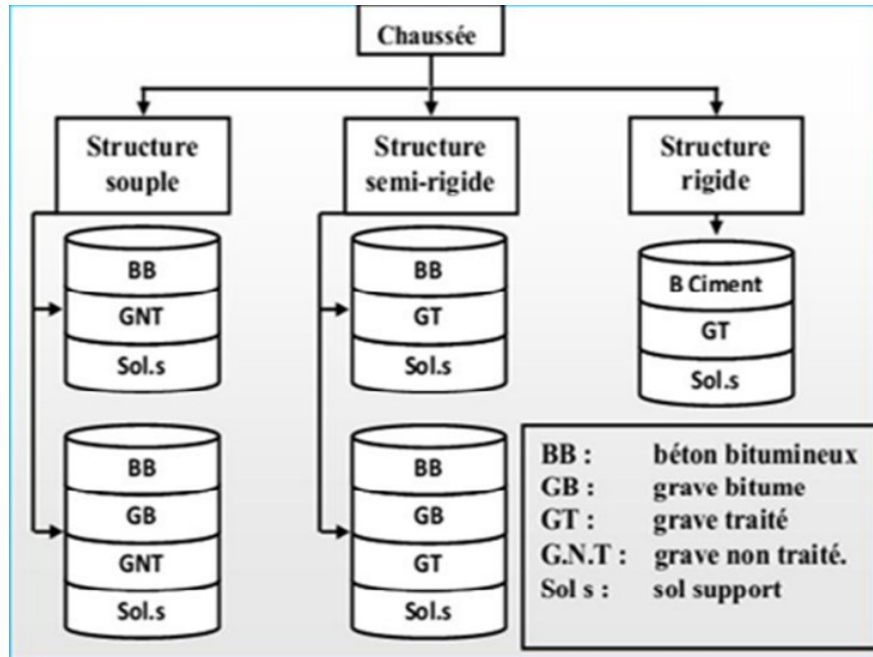


FIGURE IV.1 – Les différentes catégories de chaussées.

### I.1 Chaussée souple

Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien déterminée ayant chacune un rôle aussi bien défini.

L'épaisseur globale de la chaussée est généralement comprise entre 30 et 60 cm. C'est la chaussée dont le corps est réalisé avec des matériaux ne contenant pas de liant ; plutôt destinée à des trafics légers.

Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformable que les couches inférieures.

#### Constitution d'une chaussée souple

La chaussée souple est un type de structure routière conçue pour supporter les charges de trafic tout en restant flexible. Elle est composée de plusieurs couches, chacune ayant un rôle spécifique pour assurer la durabilité et la performance de la route. Il existe trois couches de chaussée :

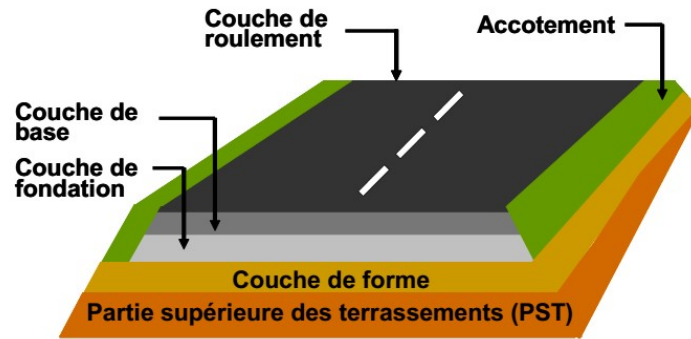


FIGURE IV.2 – Structure type d'une chaussée souple.

#### — Couches de base

- Couche de base
- Couche de fondation
- Couche de forme

#### — Couche de surface

- Couche de roulement
- Couche de liaison

#### Couche de surface

Cette couche est cruciale car elle est directement en contact avec le trafic routier pneumatiques des véhicules et les charges extérieures et les conditions environnementales. La couche de surface des chaussées a plusieurs rôles essentiels. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation, imperméabilise la surface pour protéger les couches inférieures de l'eau, et assure la sécurité grâce à une bonne adhérence. De plus, elle contribue au confort en réduisant le bruit et en offrant une surface lisse. Enfin, elle assure une transition efficace avec les couches inférieures plus rigides, garantissant ainsi la durabilité de la chaussée.

**Elle est généralement composée de couche**

#### Couche de roulement

La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre 6 et 8 cm. son rôle est :

- Assurer la sécurité : la couche doit posséder des propriétés antidérapantes c'est-à-dire. Une bonne rugosité.
- Le confort : qui consiste à ne pas ressentir de la vibration excessive ni des secousses brutales ; il est conditionné par la suspension des véhicules et l'un de la chaussée.

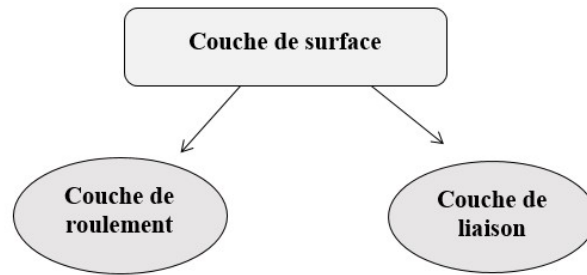


FIGURE IV.3 – couche de surface.

- Imperméabiliser la surface de chaussées ; faire obstacle à la pénétration d'eau.

### Couche de liaison

Cette couche est réalisée entre la couche d'assise et la couche de roulement. La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides, Résister aux efforts horizontaux des pneumatiques.

### Couche d'assise

La "couche d'assise" est un terme utilisé dans différents contextes pour désigner une couche de base ou de fondation sur laquelle repose une structure ou un matériau.

Elle est généralement composée de couche :

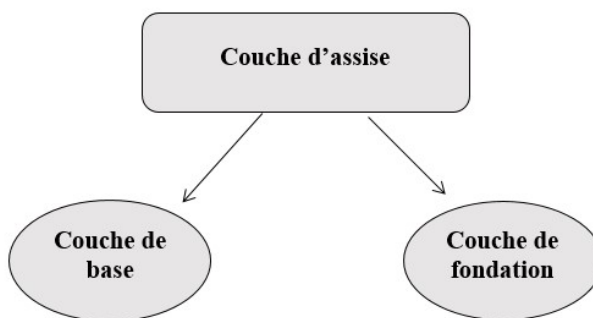


FIGURE IV.4 – couche d'assise.

### Couche de base

La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes. L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm. Et son rôle comme suite :

- Résister à la pression verticale.
- Répartir les contraintes normales qui en résultent sur la couche de fondation.

### Couche de fondation

Complètement en matériaux non traités (en Algérie), Elle assure un bon uni et bonne portance de la chaussée finie et elle a aussi, le même rôle que celui de la couche de base.

### Couche de forme

C'est une couche de transition entre le sol support et le corps de chaussée. Elle se charge de protéger le sol support et d'établir une qualité de nivellement ainsi que de rendre plus homogène et d'améliorer les caractéristiques dispersées des matériaux de remblai ou du terrain en place vis-à-vis du fonctionnement mécanique de la chaussée.

La couche de forme est réalisée au cours des opérations de terrassement. C'est une structure plus ou moins complexe posée la partie supérieure du terrain en place ou du remblai appelé arase (AR), L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm.

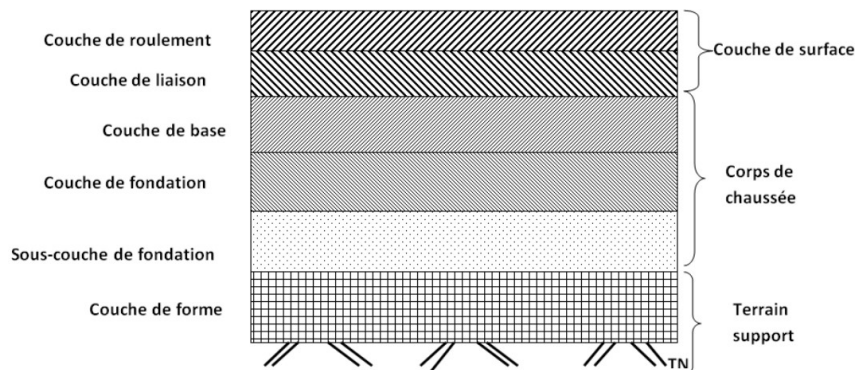


FIGURE IV.5 – Différentes couches constituant la chaussée souple.

## II.2 Chaussées semi-rigides

Les chaussées semi-rigides sont un type de structure routière qui combine les caractéristiques des chaussées rigides et des chaussées souples. Elles sont conçues pour offrir une meilleure durabilité et une plus grande résistance aux déformations sous les charges de trafic. On distingue :

- Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat, ...), Ce type de chaussée n'existe à l'heure

actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.

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

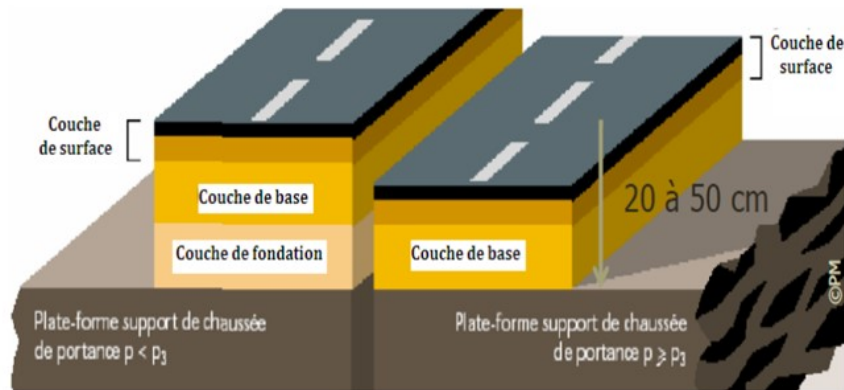


FIGURE IV.6 – Structure type d'une chaussée semi-rigide.

### III.3 Chaussées rigides

Une chaussée rigide est une structure de route conçue principalement à partir de béton de ciment, offrant une grande durabilité et une résistance exceptionnelle aux charges lourdes. et nous nous utilisons cette type de chaussée dans les piste d'aérodrome, stations de Service, et routes Soumises au facteur gel-dégel intervient très fréquemment. Dans le cas d'une chaussée neuve à faible trafic, la couche de fondation n'est pas nécessaire.

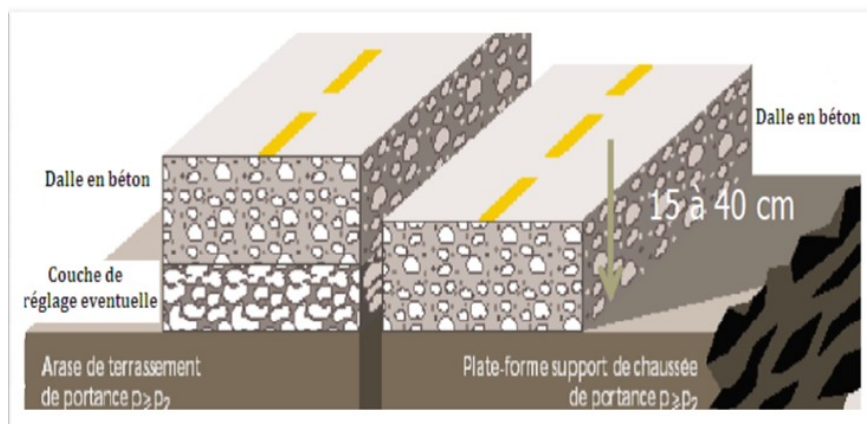


FIGURE IV.7 – Structure type d'une chaussée rigide.

On rencontre deux types de chaussée rigide :

- **Les dalles courtes en béton non armé** : afin d'améliorer le comportement de cette structure, diverses solutions sont possibles, notamment en renforçant le béton par des aciers.

On réalise en général les joints par sciage du béton sur environ  $1/5$  de l'épaisseur de la dalle.



FIGURE IV.8 – Chaussée en béton armé.

● **Les dalles courtes goujonnées** : des goujons en acier sont mis en œuvre au niveau de chaque joint transversal comme figuré sur le schéma ci-après.



FIGURE IV.9 – La disposition des goujons dans une chaussée rigide.

### III Les différents facteurs pour les études de dimensionnement

Les études de dimensionnement des chaussées, qu'elles soient souples ou rigides, sont essentielles pour garantir leur durabilité, leur sécurité et leur efficacité. Plusieurs facteurs doivent être pris en compte lors de ces études pour assurer une conception optimale.

## Trafic

Le trafic est un facteur crucial dans les études de dimensionnement des chaussées. Il influence directement la conception et la durabilité de la route. En tenant compte du volume de trafic, de la composition des véhicules, des charges par essieu, des facteurs de charge équivalents, des prévisions de trafic futur et des modèles de distribution, les ingénieurs peuvent concevoir des chaussées qui résistent aux contraintes du trafic et assurent une durabilité et une performance optimales. Sur la base d'une étude de trafic et d'une analyse des itinéraires existants, il a été déterminé que la circulation des poids lourds serait restreinte à la mise en service, désignée par la lettre « T ». De trafic cumulé sur la période considérée qui est donnée par :

$$N = T.A.C \quad (IV.1)$$

Avec :

N : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

C : facteur de cumule.

$$C = \frac{[(1 + \tau)^{P-1}]}{\tau} \quad (IV.2)$$

Avec :

$\tau$  = Taux de croissance du trafic.

P = Nombre d'années de service (duré de vie) de la chaussée.

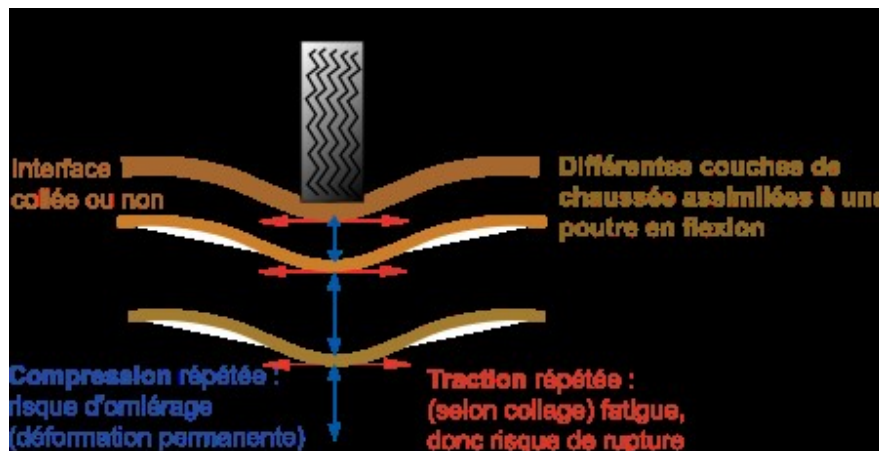


FIGURE IV.10 – Schéma de fonctionnement d'une structure de chaussée sous l'application d'une charge roulante.

## Environnement de la route

L'environnement extérieur de la chaussée est un paramètre crucial dans le dimensionnement. La teneur en eau des sols affecte leurs propriétés, tandis que la température influence significativement les caractéristiques des matériaux bitumineux et joue un rôle dans la fissuration des matériaux traités avec des liants hydrauliques.

## Sol support

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate-forme support de chaussée » constitué du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme. Les plates-formes sont définies à partir :

.

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

## Les matériaux

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées, en supportant un très grand nombre de passages de véhicules lourds. Leur durabilité et leur robustesse sont essentielles pour assurer la longévité et la fiabilité de la chaussée.

## IV Méthodes de dimensionnement des chaussées

Les méthodes de dimensionnement de chaussées en vigueur dans le monde peuvent être classées en deux catégories :

- **Les méthodes empiriques** : basées généralement sur l'observation des chaussées existantes et, plus exceptionnellement, sur des expérimentations en vraie grandeur, telles que celles de l'AASHO (American Association of State Highway Officials).

- **Les méthodes semi-empiriques ou rationnelles** : qui, tout en prenant largement en compte l'observation de chaussées existantes, se basent, pour la détermination de l'épaisseur des couches, sur des méthodes mécaniques de comportement des matériaux et des assises de chaussées. Cette double approche permet de tirer un meilleur parti des observations de terrain.

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

- Méthode CBR (Californian - Bearing - Ratio).
- Méthode CBR améliorée.
- Méthode des catalogues des structures C'TTP.
- Méthode de l'Asphalte Institute.

Dans ce qui suit, nous allons utiliser uniquement la méthode C.B.R. Car c'est elle qui donne le meilleur résultat économiquement appréciable.

### **Méthode C.B.R (Californian – Bearing – Ratio)**

Il s'agit d'un essai empirique de poinçonnement réalisé dans des conditions normalisées sur une éprouvette compactée dans les conditions normalisées (à l'énergie proctor modifié et à la teneur en eau optimale) on compare le résultat à celui obtenu sur un matériau type (grave con-cassée).

Cette méthode qui se révèle très correcte, dans le cas des couches granulaires, s'est montrée insuffisante lorsque la technique s'est orientée vers des matériaux liés. Cette méthode est fondée sur des corrélations établies en observant sur les routes de Californie la tenue des chaussées d'épaisseurs variables réalisées sur des sols et sous trafics différents.

C'est une méthode (semi- empirique) qui 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'eau de moins de 15 cm.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci-après :

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{p}}{I_{CBR} + 5} \quad (IV.3)$$

Avec :

I : indice portant CBR.

P : charge par roue (en tonnes), généralement P = 6,5 t.

e : épaisseur équivalente en cm.

### **Méthode CBR améliorée**

Vue l'insuffisance de la méthode CBR, cette dernière a été améliorée en introduisant l'influence du trafic pour aboutir à :

$$e = \frac{100 + \sqrt{p}(75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{\text{CBR}} + 5} \quad (\text{IV.4})$$

Avec :

N : Trafic journalier moyen annuel des poids lourds de plus de 1,5 tonnes à vide.

Log : logarithme décimal.

### I.1 Coefficient d'équivalence

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques des différentes couches de matériaux par la formule suivante :

$$e = \sum a_i e_i \quad (\text{IV.5})$$

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

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 concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V. O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.50 à 1.70
Tuf	0.60

TABLE IV.1 – Valeurs des Coefficients d'équivalence.

La détermination des épaisseurs des différentes couches d'une chaussée en matériaux divers est obtenue en utilisant les coefficients d'équivalence qui permettent de convertir l'épaisseur équivalente calculée en une épaisseur réelle de plusieurs couches.

D'où :

$$E = \sum (a_i e_i) \quad (\text{IV.6})$$

Avec :  $a_1.e_1$  : Couche de roulement.

$a_2.e_2$  : Couche de base.

$a_3.e_3$  : Couche de fondation

Où :

$a_1, a_2, a_3$  : Coefficients d'équivalence.

$e_1, e_2, e_3$  : Épaisseurs réelles des couches.

### Remarque :

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe  $e_1, e_2$ , et on calcule  $e_3$  tel que :

$e_1$  : Couche de roulement (6-8cm).

$e_2$  : Couche de base (10-25cm).

$e_3$  : Couche de fondation (15-35cm).

## La démarche du catalogue

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

- Approche théorique.
- Approche empirique.

Elle fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement des chaussées (trafic, matériaux, sol support et environnement...). Ces derniers constituent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

### I.1 Types de réseaux routiers

Selon le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (fascicule 01), Le réseau routier national est décomposé comme suit :

- **Le Réseau principal, noté RP**, se décompose en deux niveaux :

**RP1** : ce type de réseau comporte :

- . Liaisons supportant un trafic supérieur à 1500 véhicules 1 jour.
- . Liaisons reliant deux chefs-lieux de wilaya.
- . Liaisons présentant un intérêt économique et /ou stratégique.

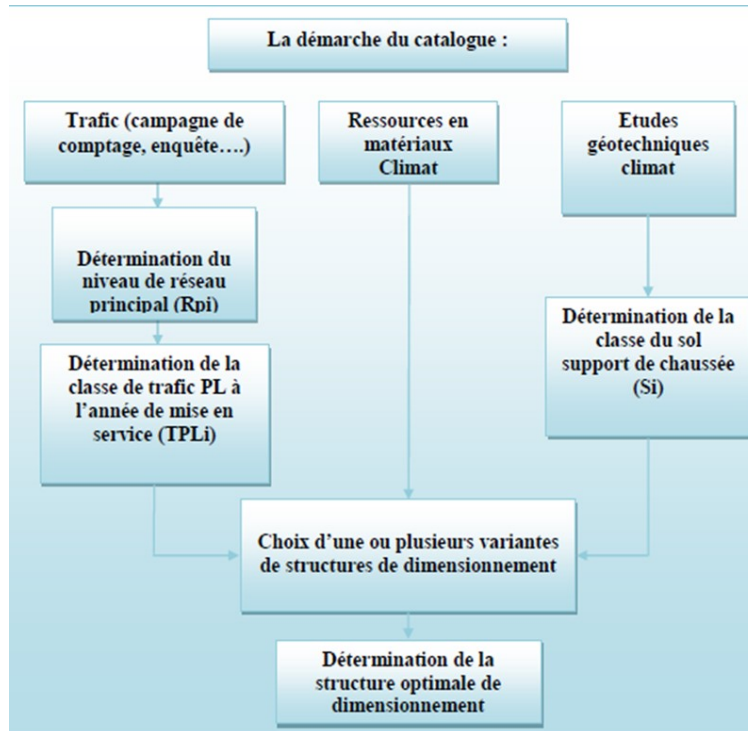


FIGURE IV.11 – La démarche de catalogue.

**RP2** : Il est constitué de :

Liaisons supportant un trafic inférieur à 1500 véhicules/jours. Ce réseau est composé de routes nationales (RN), de chemins de wilaya (CW) et de liaisons reliant l'Algérie aux pays riverains.

## II.2 Le réseau secondaire noté RS

Il se compose du reste des routes qui ne sont pas classées en RP. Répartition transversale du trafic PL :

En l'absence d'informations précises sur la répartition des poids lourds sur les différentes voies de circulation, on adoptera les valeurs suivantes :

- 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.
- Chaussées bidirectionnelles à 3 voies : 50% du trafic PL.

## III.3 La classe de trafic

Le trafic est caractérisé par le nombre de poids lourds de charge utile supérieure à 50 KN par jour sur la voie la plus chargée.

Classe du trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans
T1	$T < 7.3 \times 10^5$
T2	$7.3 \times 10^5 < T < 2 \times 10^6$
T3	$2 \times 10^6 < 7.3 \times 10^6$
T4	$7.3 \times 10^6 < T < 4 \times 10^7$
T5	$T > 4 \times 10^7$

TABLE IV.2 – Classes de trafics (Fascicule1CTTP)

Le trafic cumulé est donné par la formule :

$$T_c = T_P L 365 \left[ 1 + \frac{(1 + \tau)^{(n + 1)} - 1}{\tau} \right] \quad (\text{IV.7})$$

Avec :

$T_P L$  : Trafic des poids lourds à l'année de mise en service.

$\tau$  : Taux d'accroissement annuel.

$n$  : Durée de vie ( $n = 20$  ans).

### Classes de trafic TPLi

Pour chaque niveau de réseau principal (RP1 et RP2), les classes de trafic (TPLi) utilisées dans les fiches structures de dimensionnement sont exprimées en nombre de PL par jour et par sens (PL/j/s) de la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

Classe de Trafic (TPLi)	TPL0	TPL1	TPL2	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6
PL/J/sens Pour (RP1)	-	-	-	150 à 300	300 à 600	600 à 1 500	1 500
PL/J/sens Pour (RP2)	0 à 50	50 à 100	100 à 150	150 à 300	-	-	-

TABLE IV.3 – Classes de trafic TPLi

### Calcul du trafic cumulé de PL (TCi)

Le trafic cumulé est donné par la formule suivante Avec :

$$TCi = TPLi365(((1 + \tau)^n - 1))/\tau \quad (IV.8)$$

Avec :

$\tau$  : Taux d'accroissement géométrique, pris égal à 0.04.

$n$  : Durée de vie considérée.

### Calcul du trafic cumulé équivalent TCEi

$$TCEi = TCiATCEi = ATPLi365(1 + \tau)^n - 1)/\tau \quad (IV.9)$$

Avec :

$A$  : Coefficient d'agressivité des PL par rapport à l'essieu de référence de 13 tonne (6.5).

Types de matériaux et structures	Valeurs de A	
<b>RP1</b>	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GB, GB/TUF, GB/SG...	0.6
	Chaussées à matériaux traités aux liants Hydrauliques : GL/GL, Bcg/GC	1
<b>RP2</b>	Chaussées à matériaux non traités : GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	0.6
	Chaussées à matériaux traités au bitume : SB/SG	0.4
<b>RP1 et RP2</b>	Sol support	0.6

TABLE IV.4 – Valeurs du coefficient d'agressivité A

Avec :

GB : grave bitume, GL : grave laitier, BCG : béton de ciment goujonné, SB : sable bitume, GNT : grave non traité, SG : sable gypseux, AG : arène granitique, TUF : encroûtement calcaire.

#### IV.4 La classe du sol support Sol support

Pour le calcul des sollicitations dans le corps de chaussée sous l'essieu de référence (13t), le sol support est généralement assimilé à un milieu élastique décrit par : un module d'Young  $E$  un coefficient de Poisson  $\nu$  ( $\nu = 0.35$ ). Le module d'Young  $E$  est calculé par la formule :

$$E(MPA) = 5CBR \quad (IV.10)$$

Classes de sol-support	S4	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	15-25	25-50	50-125	125-200	>200

TABLE IV.5 – Classes de portance à long terme du sol support (fascicule1, CTTp1)

### Classes de sols supports par niveau de réseau principal (RPi)

Les classes de sol support considérées sont les suivantes :

Pour le réseau principal RP1 : S0, S1, S2.

- **Amélioration de la portance du sol support** La couche de forme vise à renforcer la capacité portante du sol de support. Le (CTTP) a pour but d'étudier la variation du CBR en fonction des différentes épaisseurs de la couche de forme, du mode de mise en œuvre (nombre de couches) et des types de matériaux utilisés (les plus courants en Algérie) pour la construction de cette couche.

### V.5 Détermination de la zone climatique

Le dimensionnement des corps de chaussée prend en compte la température équivalente ( $\theta_q$ ), qui représente une moyenne pondérée des fluctuations de température tout au long de l'année.

Cette mesure est cruciale pour garantir que les corps de chaussée sont conçus pour résister aux contraintes thermiques. Dans le réseau principal RP2, englobant les sections S0, S1, S2 et S3, cette approche est cruciale pour assurer la durabilité et la résilience des routes face aux fluctuations climatiques.

Zone climatique	Température équivalente $E_{eq}$ (°C)	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Région
Zone I	20	> 600	Très humide	Nord
Zone II	20	350 à 600	Humide	Nord, hauts-plateaux
Zone III	25	100 à 350	Semi-aride	Hauts-plateaux
Zone IV	30	< 100	Aride	Sud

TABLE IV.6 – Les caractères des zones climatiques en Algérie



FIGURE IV.12 – Détermination de la zone climatique.

## V Application au projet

### Les données :

- .  $\tau = 4\%$  .
- . TJMA 2024 = 5693 V/j.
- . TJMA 2044 = 12474 V/j.
- . Duré de vie : 20 ans.
- . Pourcentage de poids lourds est :  $Z = 15\%$ .
- . T charge maximale par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).
- . On prend CBR = 8.74.

Donc notre sol est de faible portance de classe S4.

### Méthode CBR Améliorée

Les structures de chaussées reposent sur la « plate-forme support de chaussée » constituée du sol naturel terrassé ou éventuellement surmontée en cas de besoin d'une couche de forme. Le catalogue de dimensionnement a divisé les classes de portance des sols par ordre croissant de S4 à S0. La valeur du CBR étant de 8.74 (notre sol est de mauvaise portance), donc la portance du sol support est de S4.

$$NPL(2024) = ((TJMA(2015)/(2)PL) = (5693/2)0.15NPL2024 = 423PL/j/sens$$

(IV.11)

$$NPL(2044) = NPL(2024)(1 + \tau)^n = 427(1 + 0.04)^{20}NPL(2044) = 927PL/j/sens$$

$$E_{\text{eq}} = 48.76\text{cm} \approx 50\text{cm}$$

### I.1 Coefficients d'équivalence

$$E_{\text{eq}} = X(a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3)$$

On prend

Couche de roulement en Béton bitumineux (BB) (IV.19)

$$(a_1 = 2, e_1 = 5\text{cm}) : a_1 \times e_1 = 2 \times 6 = 12\text{cm}$$

Couche de base en grave bitume (GB) (IV.20)

$$(a_2 = 1.5, e_2 = 10\text{cm}) : a_2 \times e_2 = 1.5 \times 10 = 15\text{cm}$$

Couche de fondation en grave non traité (GNT) son épaisseur est ( $a_3 = 1 ; e_3 = ?$ )

$$12\text{ cm} + 22.5\text{ cm} + e_3 = 50$$

$$e_3 = 50 - 34.5 = 15\text{ cm}$$

Couches	Épaisseur réelle (cm)	Épaisseur équivalente (cm)
Couche de roulement (BB)	6	12
Couche de base (GB)	15	22.5
Couche de fondation (GNT)	5.5	5.5
<b>Total</b>	26.5	40

TABLE IV.7 – Tableau récapitulatif des épaisseurs

## II.2 Détermination l'épaisseur total du corps de chaussé (L'indice CBR = 10)

$$E_{\text{éq}} = \frac{100 + \sqrt{P} \times (75 + 50 \log(N/10))}{I_{\text{CBR}} + 5}$$

$$E_{\text{éq}} = \frac{100 + \sqrt{6.5} \times (75 + 50 \log(936/10))}{10 + 5} \quad (\text{IV.18})$$

$$E_{\text{éq}} = 36.16 \text{ cm} \approx 36 \text{ cm}$$

### Coefficients d'équivalence

$$E_{\text{éq}} = \sum (a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3) \quad (\text{IV.19})$$

### On prend

- Couche de roulement en Béton bitumineux (BB)

$$(a_1 = 2, e_1 = 5 \text{ cm}) : a_1 \times e_1 = 2 \times 5 = 10 \text{ cm} \quad (\text{IV.20})$$

- Couche de base en grave bitune (GB)

$$(a_2 = 1.5, e_2 = 10 \text{ cm}) : a_2 \times e_2 = 1.5 \times 10 = 15 \text{ cm} \quad (\text{IV.21})$$

- Couche de fondation en grave non traité (GNT)

son épaisseur est ( $a_3 = 1; e_3 = ?$ )

On fixe deux dans les marges suivantes et on déduit la dernière :

$$E_{\text{q}} = 25 + 1.510 + 1e_3 = 36cme_3 = 36 - 25e_3 = 11cma_3 * e_3 = 111 = 11cm \quad (\text{IV.22})$$

La structure du corps de chaussée par la méthode CBR est comme suit :

Couches	Épaisseur réelle (cm)	Épaisseur équivalente (cm)
Couche de roulement (BB)	5	10
Couche de base (GB)	10	15
Couche de fondation (GC)	11	11
<b>Total</b>	26	36

TABLE IV.8 – Tableau récapitulatif des épaisseurs

$$5BB + 10GB + 11GC$$

## Méthode des catalogues des structures (C.C.T)

### I.1 Détermination du type de réseaux routière

Le réseau principal se décompose deux niveau qui établit par le SETRA, Et dans notre projet on a  $TJMA(2024) = 5693v/j > 1500v/j$ .

Donc

Le réseau principal est RP1. (D'après le tableau suivant de catalogue).

Réseau principal	Trafic (véhicule/jour/sens)
RP1	> 1500
RP2	< 1500

TABLE IV.9 – Classification des réseaux principaux

### II.2 Déterminer classe de trafic TPLi

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

$$TJMA2024 = 5693v/j.$$

$$TJMA2024 = (5693)/2 = 2847v/j/sens.$$

$$TPL2024 = 2847, 15 = 427PL/j/sens.$$

$TPL2024 = 427x0.5 = 214Pl/j/sens$ , de poids lourds par jour par sens sur la voie la plus chargée (VPC).

### Classe TPLI pour RP1

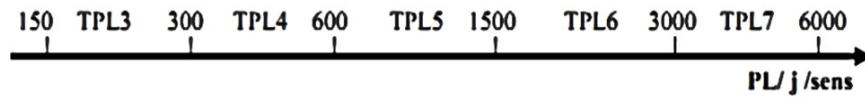


FIGURE IV.13 – Classes de TPLI pour RP1. (Source : C.T.T.P).

- D'après les calculs on a trouvé le TPLI de notre projet est TPL3.

### III.3 Détermination de la portance de sol-support de la chaussée

#### • Présentation de classe Sol support

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

Portance (si)	CBR	Interprétation
S4	< 5	Très mauvaise portance
S3	5-10	Mauvaise portance
S2	10-25	Portance moyenne
S1	25-40	Bonne portance
S0	> 40	Très bonne portance

TABLE IV.10 – Classes de portance des sols (C.T.T.P) selon l'indice de CBR

-Dans notre cas, on a une très mauvaise portance du sol ( $CBR \leq 5$ ), donc doit être amélioré.

Portance de sol	Matériau de CF	Épaisseur de CF $E_{cf}$	Portance visée
<S4	Non traité	50 cm (2 couches)	S3
S4	Non traité	35 cm	S3
S4	Non traité	60 cm (2 couches)	S2
S3	Non traité	40 cm (2 couches)	S2
S3	Non traité	$m$ (2 couches)	S2

TABLE IV.11 – Épaisseurs de la couche de forme (C.T.T.P)

Selon le tableau ci-dessus, est proposée une couche de forme d'épaisseur de 60 cm

$$E = 5xICBR = 5x10$$

$$E = 50MPa$$

La portance du sol support doit être au moins de 50 MPa, la classe de portance visée est S2 (CBR 10-25), le passage de S4 à S2 nécessite la mise en place d'une couche de forme en TVO ou en TUF de 60 cm (en deux couches).

Donc nous optons pour une couche de forme de 60cm d'épaisseur en 2 couches de TUF, ce qui nous permet de passer à une portance du sol d'une classe S2.

On propose la structure suivant selon le catalogue Algérien (fascicule 3).










TPLi PL/j/sens	Si	S2	S1	S0
		50 MPa	125 MPa	200 MPa
6000				
TPL7				
3000				
TPL6				
1500				
TPL5				
600				
TPL4				
300				
TPL3				
150				

FIGURE IV.14 – Structure de chaussée de notre projet d'après le CTTT-fascicule3.

Les résultats déduits de la méthode de dimensionnement des chaussées neuves, sont comme suivis :

- Couche de roulement en béton bitumineux : BB = 6 cm.
- Couche de base en grave bitume : GB = 15 cm.
- Couche de fondation en grave non traité : GNT = 30 cm.
- Couche de forme en Tuf de 60cm d'épaisseur (en 2 couches).

$$6BB + 15GB + 30GNT + 60TUF$$

#### IV.4 Vérification à la fatigue de la structure et de la déformation du sol support

Il faut vérifier que les déformations  $\epsilon t$  et  $\epsilon z$  calculées à l'aide du logiciel Alizé LCPC, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées respectivement à  $\epsilon t, adm$  et  $\epsilon z, adm$  par la méthode du catalogue.

On calcule les déformations admissibles du sol support et de traction ( $\epsilon z, adm$ ), ( $\epsilon t, adm$ ) par ordre.

$\epsilon t$  : étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.

$\epsilon z$  : (sol) étant la déformation verticale sur le sol support.

- Calcul du trafic cumulé équivalent TCEi

$$TCEi = TCiA$$

Avec

$A$  : Coefficient d'agressivité des PL par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes  $A = 0.6$ .

$$TCEi = 2.3210^6 0.6$$

$$TCEi = 1.3910^6 PL/j/sens$$

- Calcul du trafic cumulé de PL (TCi)

$$TCi = TPLi365((1 + \tau)^n - 1)/\tau$$

Avec

$n$  : durée de vie de la route 20 ans.

$\tau$  : Taux de croissance du trafic  $\tau = 4\%$ .

$$TCi = 214365((1 + 0.04)^{20} - 1)/0.04 = 2325965 PL/J/sens.$$

$$TCi = 2.3210^6 PL/j/sens.$$

#### V.5 Calcul de la déformation admissible ( $\epsilon(z, adm)$ ) sur le sol support

La valeur admissible est donnée par la relation empirique déduite à partir d'une étude statique de comportement des chaussées algériennes :

D'après le catalogue de dimension de chaussée (fascicule 1) on a :

$$\begin{aligned}
\epsilon(z, adm) &= 2210^{( - 3)TCE_i^{( - 0.235)}} \\
\epsilon(z, adm) &= 2210^{( - 3)}(1.3910^6)^{( - 0.235)} \\
\epsilon(z, adm) &= 79210^{( - 6)}
\end{aligned} \tag{IV.23}$$

## VI.6 Calcul des déformations admissibles

Tout les résultats on trouve dans les tableaux ci-dessus.

Pour les matériaux traités au bitume, le calcul de la déformation admissible de traction à la base des couches bitumineuses ( $\epsilon(t, adm)$ ) est donné par la relation suivante :

$$\epsilon_{(t,ad)} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{ Hz}) \times K_{ne} \times K_\theta \times K_r \times K_c \tag{IV.24}$$

Avec

$\epsilon_6(10, 25\text{ Hz})$  : Déformation limite détenue au but de  $10^6$  avec une probabilité du rupture de 50% à 10 et 25 Hz (essai de fatigue).

$K_{ne}$  : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.

$K_\theta$  : facteur lié à la température.

$k_r$  : Facteur lié au risque et aux dispersions.

$k_c$  : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées.

Avec

$$k_{ne} = \left( \frac{TCE_i}{10^6} \right)^b \tag{IV.25}$$

$$k_\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{\text{éq}})}} \tag{IV.26}$$

$$K_r = 10^{-tb\delta} \tag{IV.27}$$

D'où :

$$\epsilon_{(t,ad)} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{ Hz}) \times \left( \frac{TCE_i}{10^6} \right)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{\text{éq}})}} \times 10^{-tb\delta} \times K_c \dots (1) \tag{IV.28}$$

Avec

$TCE_i$  : trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée.

$b$  : pente de la droite fatigue ( $b < 0$ ).

$E(10c)$  : module complexe du matériau bitumineux à 10C.

$E(\theta_{eq})$  : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.

$$\delta = f(\text{dispersion}) \quad (\text{IV.29})$$

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh\right)^2} \quad (\text{IV.30})$$

Avec

$SN$  : dispersion sur la loi de fatigue.

$Sh$  : dispersion sur les épaisseurs (en cm).

$C$  : coefficient égale à 0.02.

$T$  : fractale de la loi normale, qui est fonction du risque adopté ( $r\%$ ) voir le tableau ci-dessus, on trouve  $t = -1.282$ .

## VII.7 Caractéristiques mécaniques des matériaux

Les performances mécaniques sont données dans le tableau (fascicule 2) :

Matériau	$E(20^\circ, 10\text{Hz})$ (MPa)	$E(10^\circ, 10\text{Hz})$ (MPa)	$\epsilon_6(10^\circ, 25\text{Hz})$ (MPa)	$b$	SN	Sh	(Cm)
BB	4000	-	-	-	-	-	0.35
GB	7000	12500	100	0.146	0.45	3	0.35

TABLE IV.12 – Performances mécaniques des matériaux bitumineux

## VIII.8 Risque de calcul

Le risque de calcul est fonction de la classe de trafic TPL (TPLi) et du type de structure de chaussée. Pour un réseau RP1 de classe TPL3, d'après le tableau ci-dessus (fascicule 2) on a  $r = 20\%$ .

- Donc on trouve T égale à (-0.842) d'après le tableau suivant :

Risque (%)	Classe de trafic (TPLi) (PL/j/sens)				
	GB/GB	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6
GB/GNT	20	15	10	5	2
GL/GL	15	10	5	2	2
BCG/GC	12	10	5	2	2

TABLE IV.13 – Risques adoptés pour le réseau RP1 (selon CTTP fascicule 2)

<b>r%</b>	2	3	5	7	10	12	15
<b>T</b>	-2.054	-1.881	-1.645	-1.520	-1.282	-1.175	-1.036
<b>r%</b>	20	23	25	30	35	40	50
<b>T</b>	-0.842	-0.739	-0.674	-0.524	-0.385	-0.253	0

TABLE IV.14 – Valeurs de T en fonction de r% (selon CTTP fascicule 2)

- **Application numérique à notre projet**

$$kne = (TCEi/10^6)^b Kne = (1.3910^6/10^6)^0.146 \quad (IV.31)$$

Donc

$$Kne = 1.049 \quad (IV.32)$$

$$k_\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{\text{eq}})}} = \sqrt{\frac{12500}{7000}} \quad (IV.33)$$

Donc

$$K_\Theta = 1.336 \quad (IV.34)$$

$$\begin{aligned} \delta &= \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh\right)^2} \\ &= \sqrt{(0.45)^2 + \left(\frac{0.02}{0.146 \times 3}\right)^2} \\ &= 0.371 \end{aligned} \quad (IV.35)$$

Donc

$$K_r = 10 - t b \delta$$

$$= 10(-0.842) \times (0.146) \times (0.371) \quad (\text{IV.36})$$

$$= 0.90$$

En nous Nous rempla dans l'équation (1) :

$$E(t, ad) = \varepsilon 6(10^\circ C, 25 \text{ Hz}) \times \times 10 - t b \delta \times K_c$$

$$(\text{IV.37}) - 6 \varepsilon(t, ad) = 100 \times 10 \times 1.049 \times 1.336 \times 0.90 \times 1.3 \varepsilon(t, ad) = 163.97 \times 10^{-6}$$

### IX.9 Calcul des déformations par Alizé LCPC

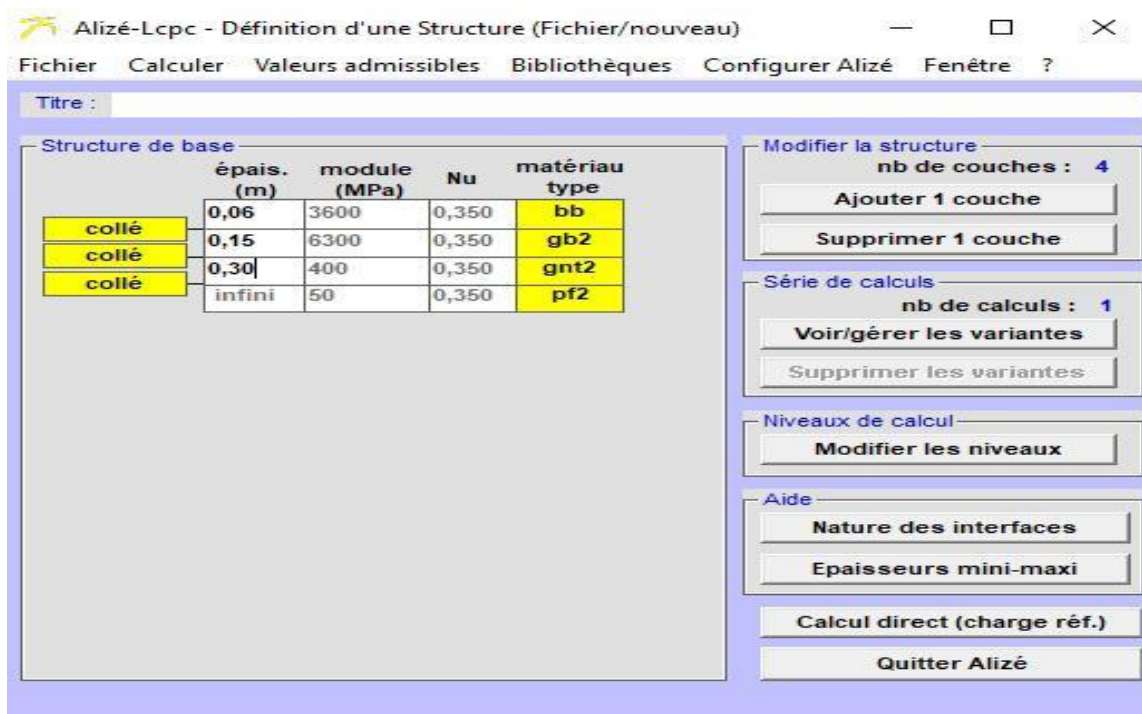


Figure IX.5 : Définition d'une structure de base.

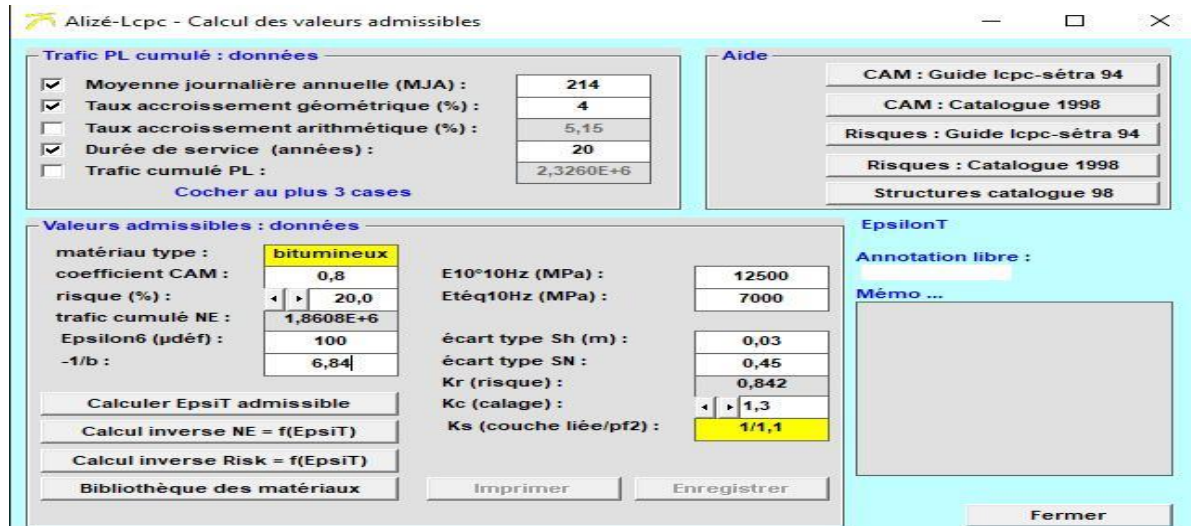


Figure IV.16 : calcul des valeurs admissible.

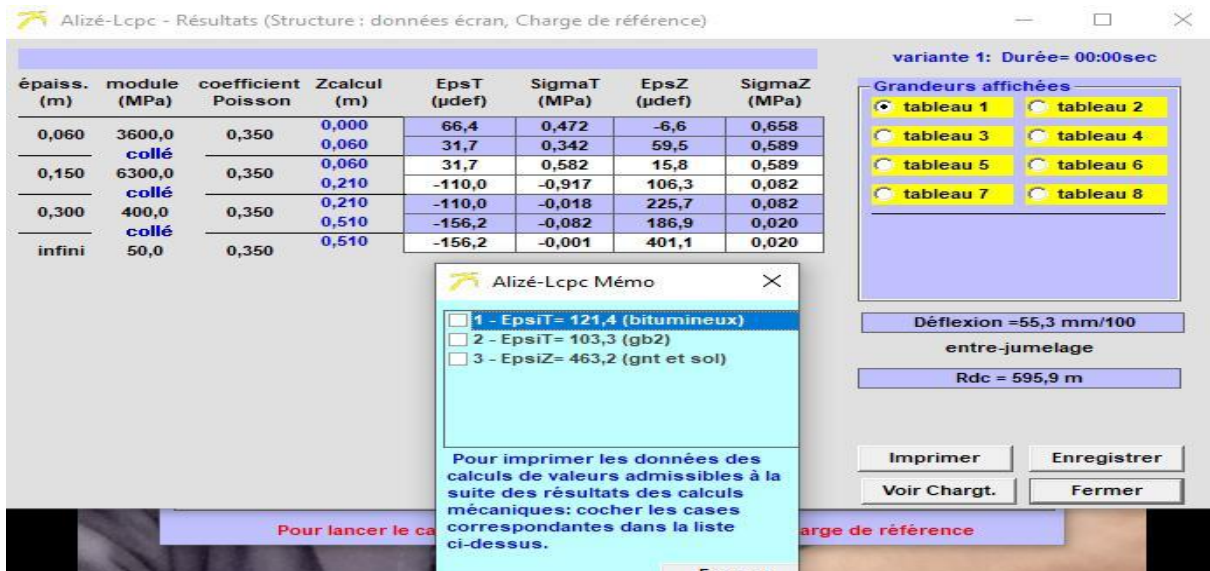
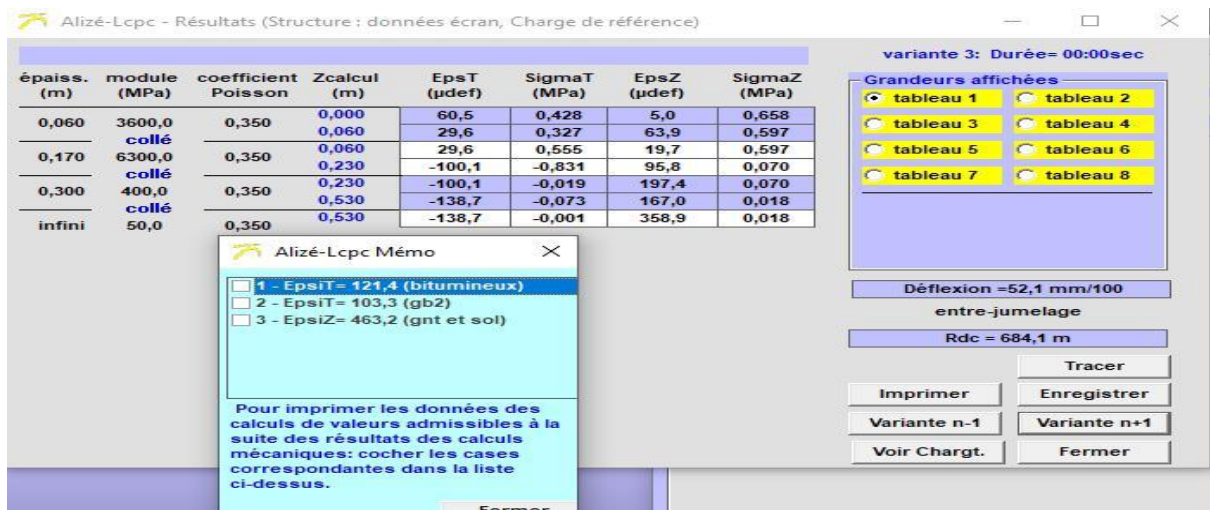


Figure IV.17 : les résultat.



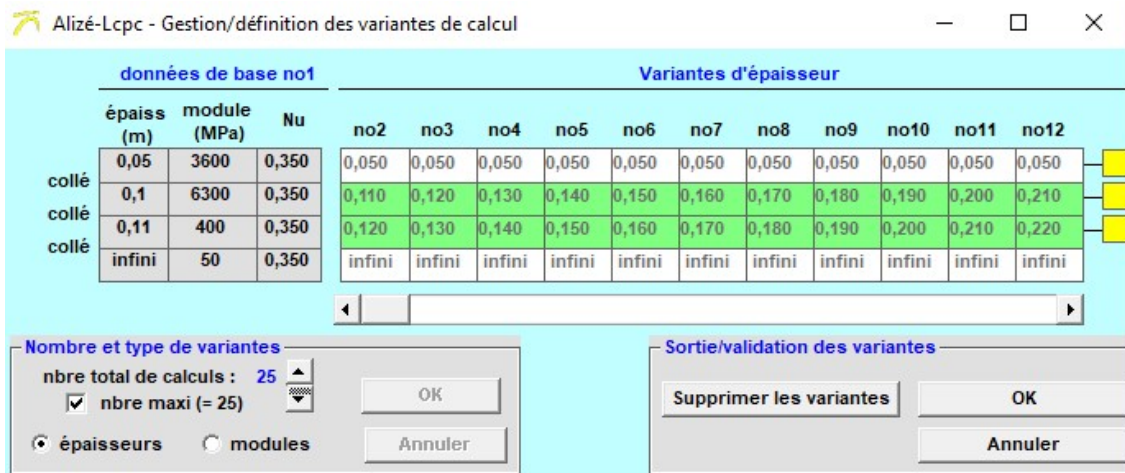


FIGURE IV.18 – Résultats.

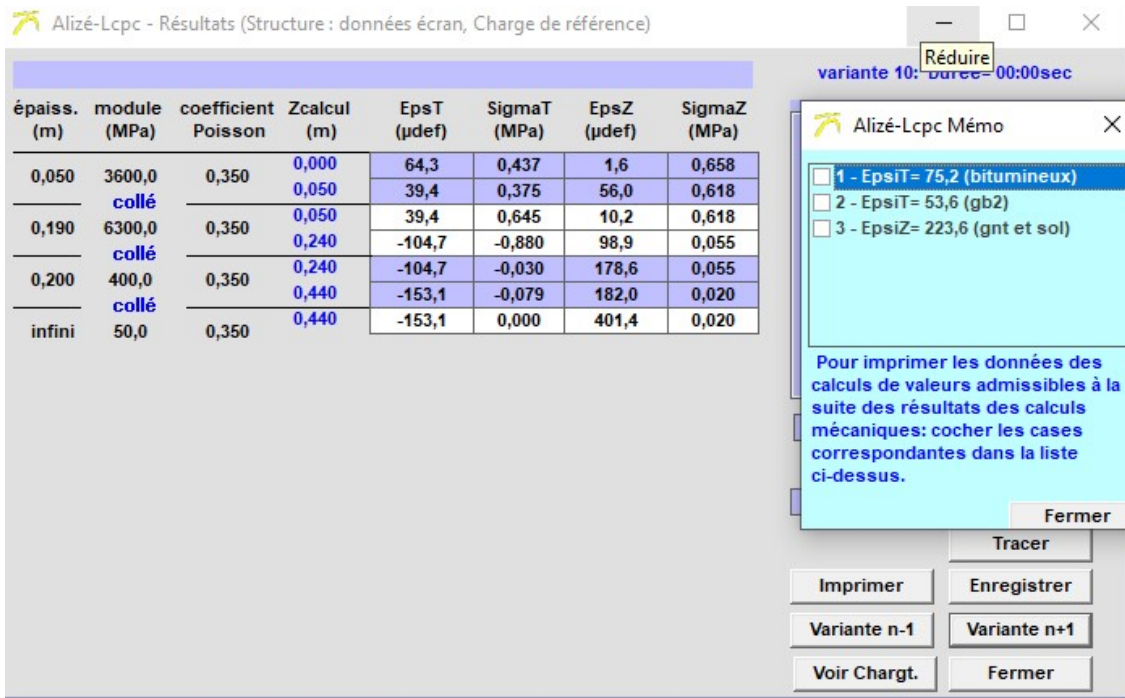


FIGURE IV.19 – résultats change des références.

Déformations	Déformations calculées	Déformations admissibles
$\epsilon_z$ (Sol support)	$888 \times 10^6$	$163.97 \times 10^{-6}$
$\epsilon_t$ (à la base de GB)	$401.1 \times 10^6$	$163.97 \times 10^{-6}$

TABLE IV.15 – Comparaison des déformations

- D'après le tableau ci-dessous de comparaison des déformations, on remarque que :

$$\begin{aligned} \varepsilon_z > \varepsilon_{t,adm} &\rightarrow \text{Condition non Vérifiée.} \\ \varepsilon_t > \varepsilon_{t,adm} &\rightarrow \text{Condition Vérifiée.} \end{aligned} \tag{IV.38}$$

- Donc notre structure est vérifiée.

## VI Conclusion

Le dimensionnement de la chaussée avec les méthodes CBR améliorée et CTTP, nous donnent les résultats suivants :

Méthode CBR Améliorée	Méthode CTTP
8 BB + 15 GB + 30 GC	6 BB + 20 GB + 30 GNT + 60 TUF

TABLE IV.16 – Résultats de dimensionnement

Le choix de la structure de la chaussée doit non seulement prendre en compte les contraintes techniques, mais aussi les contraintes économiques imposées au projet.

En comparant différentes méthodes de dimensionnement, on observe que l'épaisseur du corps de chaussée obtenue avec la méthode CBR améliorée est inférieure à celle obtenue avec la méthode CTTP.

Par conséquent, la méthode CBR améliorée, qui génère un corps de chaussée plus économique, est privilégiée pour le dimensionnement du corps de chaussée de notre projet.

# Chapitre V

## Etude géométrique

### I Trace en plan

#### Introduction

Lors de l'élaboration de tout projet routier l'ingénieur doit commencer par la recherche du couloir de la route dans le site concerné.

Le tracé en plan est une succession de droites reliées par des liaisons. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau.

Il est caractérisé par la vitesse de référence appelée aussi vitesse de base retenus de  $60\text{km/h}$  et  $80\text{km/h}$ . qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaire de la route.

#### Règles et principes de tracé en plan

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans le B40. 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 :

- Toutes les courbes horizontales dont le rayon est inférieur à  $R_{Hnd}$  (rayon horizontale non déversé) devront être introduites avec des raccordements progressifs.
- Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.

Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé.

## Les éléments de la trace en plan

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession des alignements, des liaisons et des arcs de cercles comme il est schématisé ci-dessous :

Pour un tracé un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

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

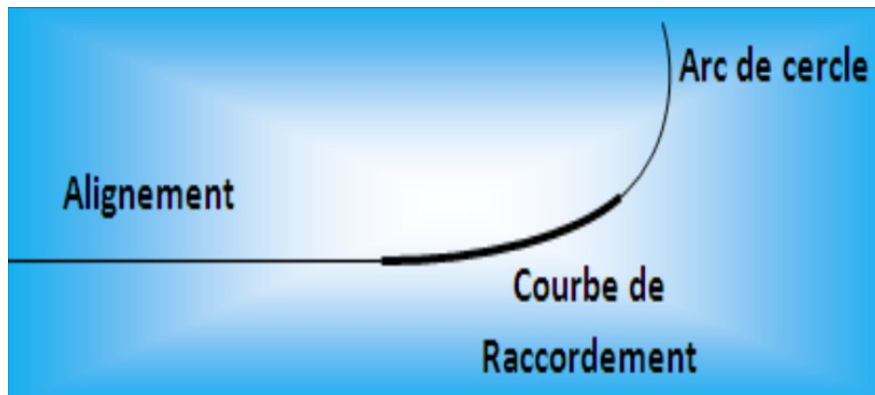


FIGURE V.1 – Les éléments du tracé en plan.

### I.1 Les alignements

Il existe une longueur minimale d'alignement  $L_{min}$  qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles.

Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont raccordées par une courbe en C ou Ove.

-La longueur maximale  $L_{max}$  est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes.

$$L_{min} = 5V = 5(V((km)/(h)))/3.6$$

$$L_{max} = 60V(m/(s)) = 60(V(km/(h)))/3.6$$

**NB :**

Selon B40, entre deux courbes de même sens il faut avoir une longueur minimale de  $L_{min}=5V$ ,

et entre deux courbes de sens contraire on a :  $L_{min} = 3V$ . On peut même annuler l'alignement droit entre deux courbes de sens différent (courbe en « s » comme indiquer sur les figure ci-dessous).

- **Avantage de l'alignement**

Construction facile.

Absences des efforts centrifuge.

Bonne condition de visibilité.

- **Inconvénients**

La vitesse excessive.

La monotonie de conduite.

L'appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.

## II.2 Arc de cercle

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

- La stabilité des véhicules en courbe.
- L'inscription de véhicules longs dans les courbes de faible rayon.
- La visibilité dans les tranchées en courbe.

Dans un virage de rayon  $R$ , une véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système, afin de réduire l'effet de la force centrifuge on incline la chaussée transversalement vers l'intérieure du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente [[5]].

### a. La stabilité des véhicules

Dans un virage les rayons et leur devers doivent permettre à un véhicule roulant à la vitesse de référence  $V_B$  subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système, afin de réduire l'effet de la force centrifuge on incline la chaussée transversalement vers l'intérieure du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente.

Avec :

$\Theta$  : devers, selon la B-40.

$F$  : force centrifuge.

$P$  : poids de véhicule.

$F$  : coefficient de frottement transversale.

- **Rayon horizontal minimal absolu (RHmin)**

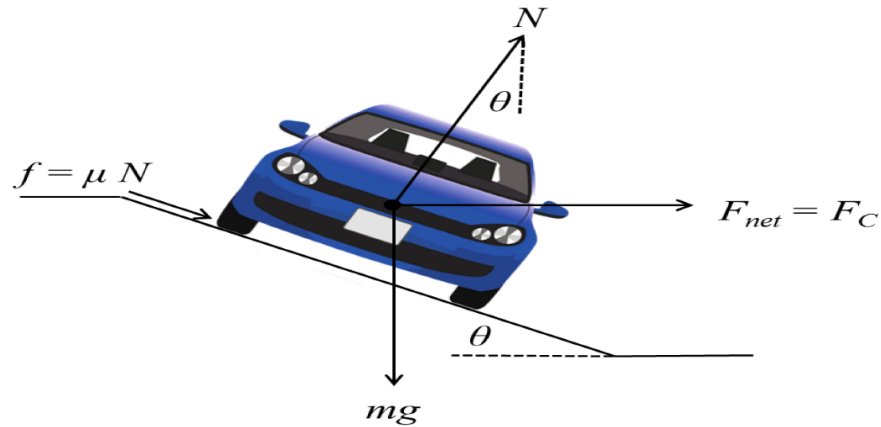


FIGURE V.2 – Force centrifuge.

Le rayon horizontal minimal absolu (RHM) est le plus petit rayon de courbure qu'une route peut avoir tout en garantissant la sécurité et le confort des usagers. Ce paramètre est essentiel dans la conception des infrastructures routières, particulièrement dans les courbes, pour éviter les accidents et assurer une conduite fluide.

$$RHmin = VB^2 / (127(f_t + dmax)) \text{ Avec}$$

$RHmin$  : rayon horizontal minimal.

$V_B$  : vitesse de référence.

$f_t$  : frottement transversal.

$d_{max}$  : dévers maximal.

- **Rayon minimal normal (RHN)**

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

$$RHN = (VB + 20)^2 / 127(ft + dn) \text{ Avec}$$

$$(Dn = dmax - 2\%)$$

- **Rayon au dévers minimal (RHd)**

La chaussée doit être inclinée vers l'intérieur du virage. Ce dévers permet de compenser l'effet de la force centrifuge, de sorte que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse de référence  $V_B$  soit équivalente à celle ressentie par un véhicule roulant à la même vitesse sur une ligne droite.

Notre projet est de catégorie  $C1(1^{\circ}2)$  donc  $dmin = 2.5\%$  d'après le tableau ci-dessous.

$$RHd = VB^2 / (127dmin)$$

- **Rayon minimal non déversé (RHnd)**

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le dévers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non

Catégorie	Dmin
1 - 2	2.5 %
3 - 4	3 %

TABLE V.1 – Dmin par catégorie

déversé (RHnd).

- Catégorie 1-2 :  $RH_{nd} = \frac{VB^2}{127 \times 0.0035}$
- Catégorie 3-4 :  $RH_{nd} = \frac{VB^2}{127(f' - d_{\min})}$

Avec :

- $f' = 0.07$  pour la catégorie 3
- $f' = 0.075$  pour la catégorie 4-5

### **b. L'inscription des véhicules longs dans les courbes de faible rayon**

La visibilité dans les tranchées en courbe est un facteur crucial pour la sécurité des conducteurs. Dans ces zones, les parois de la tranchée peuvent obstruer la vue, réduisant la capacité des conducteurs à anticiper les dangers ou à voir les véhicules venant en sens inverse.

### **c. La visibilité dans les tranchées en courbe**

La visibilité dans les tranchées en courbe est un aspect essentiel pour assurer la sécurité routière. Les parois de ces tranchées peuvent obstruer la vue, limitant la capacité des conducteurs à anticiper les dangers et à réagir à temps.

### **d. Sur largeur**

Lorsqu' un véhicule circule dans un virage, il occupe une largeur plus grande qu'un alignement droit. Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une sur largeur par rapport à sa largeur normale en alignement. Et ça avec la formule suivante :

$$S = L^2/2R$$

Avec

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

$R$  : rayon de l'axe de la route.

## Courbes de raccordement

Le fait que le tracé soit constitué d'alignement et d'arc ne suffit pas, il faut donc prévoir des raccordements à courbure progressif, qui permettent d'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle ou entre deux courbes circulaires.

Lors du passage d'un alignement à un cercle ou entre deux courbes circulaires.

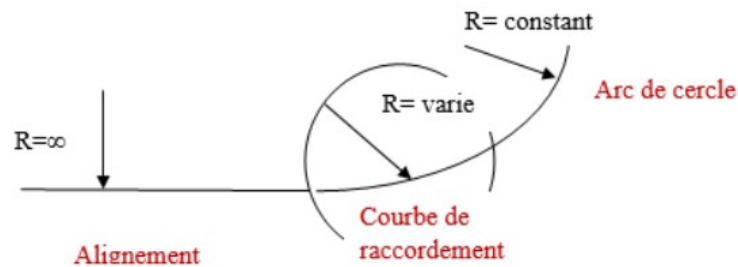


FIGURE V.3 – Les éléments de courbes de raccordement.

### I.1 Rôle et nécessité des courbes de raccordement

- La stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Un tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

### II.2 Types de courbe de raccordement

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirer d'une variation continue de la courbure, on a retenu les trois courbes suivantes :

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

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

• **Clothoïde** Est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul, la courbure de la Clothoïde est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

L'expression de la Clothoïde est définie comme suit :

La Courbure  $K$  linéairement proportionnellement à la longueur curviligne.

$$K = C \cdot L \quad (\text{V.1})$$

On pose :

$$\frac{1}{C} = A^2 \Rightarrow L \cdot R = A^2 \quad (\text{V.2})$$

$$A = \sqrt{R \cdot L} \quad (\text{V.3})$$

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

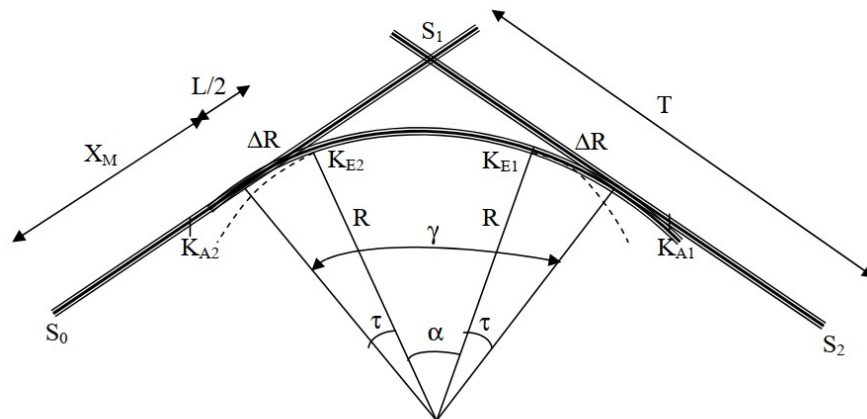


FIGURE V.4 – les éléments de Clothoïde.

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.

R : Mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage).

XM : Abscisse du centre du cercle.

$\tau$  : Angle des tangentes.

X : Abscisse de KE.

Y : Origine de KE.

TK : tangente courte.

TL : tangente longue.

SL : Corde (KA – KE).

$\sigma$  : Angle polaire (angle de corde avec la tangente).

**A. Les conditions de raccordement** La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer la condition suivante : Condition de confort optique.

Condition de confort dynamique.

Condition de gauchissement.

Condition de confort optique.

C'est une condition qui permet d'assurer à l'usager une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels. La Clothoïde doit aider à la lisibilité de la route on amorce le virage, la rotation de la tangente doit être supérieure à  $3^\circ$  pour être perceptible à l'œil.

$$— \tau \geq 3^\circ \text{ soit } \tau \geq \frac{1}{18} \text{ rads}$$

$$— \tau = \frac{L}{2R} > \frac{1}{18} \text{ rads} \quad \Rightarrow \quad L \geq \frac{R}{9}$$

Donc,

$$A_{\min} = \frac{R}{3} \tag{V.4}$$

Selon le règle générale (B40) :

Pour  $R \leq 1500$  m :

$$\Delta R = 1 \text{ m}, \quad L = \sqrt{24 \cdot R \cdot \Delta R}$$

Pour  $1500 < R \leq 5000$  m :

$$\tau = 3^\circ, \quad L = \frac{R}{9}$$

Pour  $R > 5000$  m :

$$\Delta R = 2.5 \text{ m}, \quad L = 7.75 \cdot R$$

**a) Condition de confort dynamique**

Cette condition consiste à éviter la variation trop brutale de l'accélération transversale, est imposé à une variation limitée.

$$L(m) = \frac{VR^2/18 \left[ \frac{VR^2}{127R} - \Delta d \right]}{\quad} \quad (V.5)$$

Où

$VR$  : vitesse de référence (km/h).

$R$  : rayon en (m).

$\Delta d$  : variation de dévers (d final- d initial)‰.

**b) Condition de gauchissement**

La demi- chaussée extérieure au virage de C.R est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule le raccordement doit assurer un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers.

A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversée et de son axe de tel sorte que  $\Delta p < (0,5/VB.)$  Nous avons :

$$L = l \cdot \Delta d \cdot VR \quad (V.6)$$

Avec

$L$  : longueur de raccordement.

$l$  : largeur de chaussée.

$\Delta P$  : Pente relative du profil en long au bord de la chaussée déversée par rapport à son axe.

$V_r$  : vitesse de devers.

**B. Combinaison des éléments de tracé en plan****Courbe en S**

Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.

**Courbe à sommet**

Une courbe constituée de deux arcs Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.

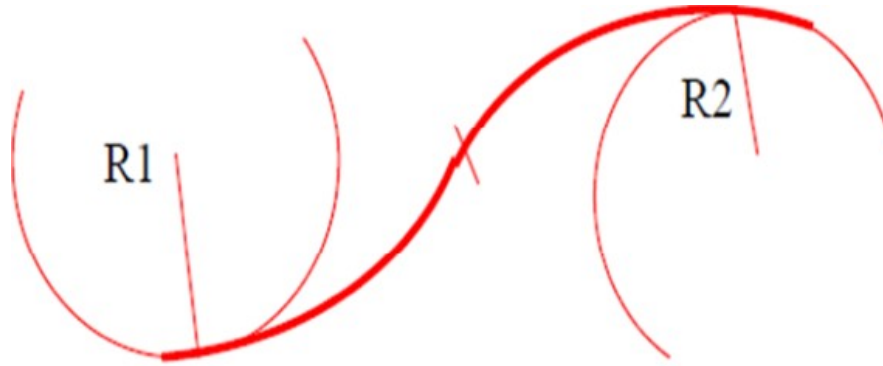


FIGURE V.5 – Courbe en S.

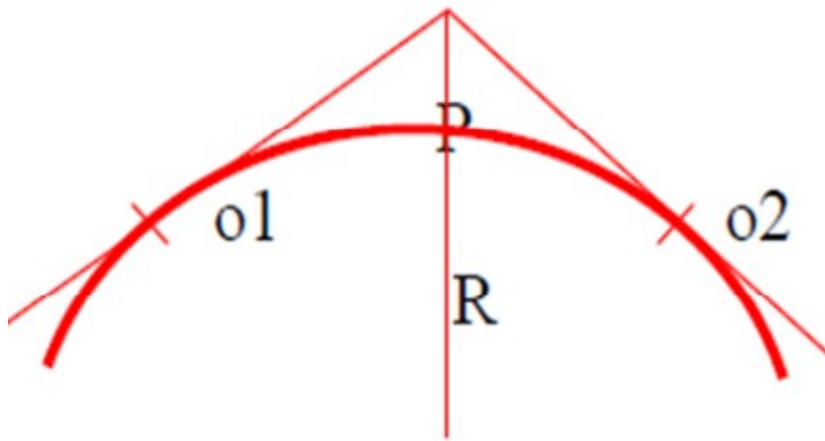


FIGURE V.6 – Courbe a sommet.

### Courbe en C

Une courbe constituée deux arcs de Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre.

**Courbe en Ove** Un arc de Clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.

### Devers

Le dévers de la route est par définition la pente transversale de la chaussée il permet l'évaluation des eaux pluviales et il assure la stabilité des véhicules en courbe.

- Pour tout rayons supérieurs à  $R_{Hnd}$  :  $d = 2.5\%$ .

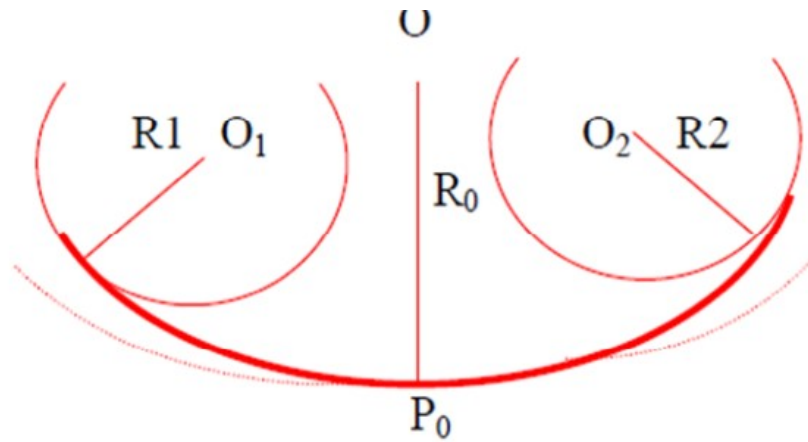


FIGURE V.7 – Courbe en C.

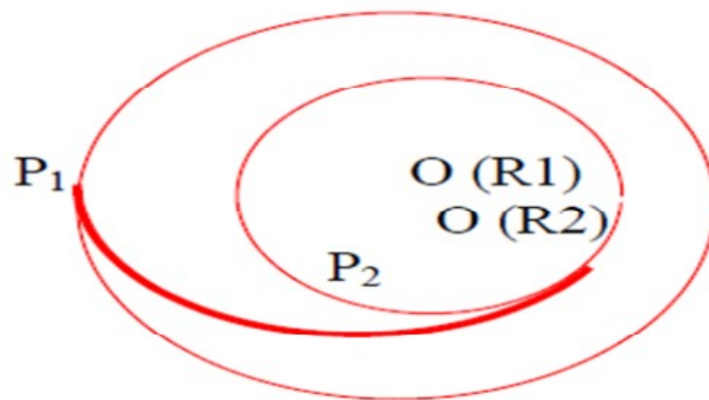


FIGURE V.8 – Courbe en ove.

- Pour  $RHm \leq R \leq RHN$ , le dévers est donné par la formule :

$$d = d_{\max} + \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R_{Hm}} \right) \frac{(d_{\max} - d_{RHN})}{\left( \frac{1}{R_{Hm}} - \frac{1}{R_{HN}} \right)} \quad (V.7)$$

- Pour  $RHN \leq R \leq RHd$ , le dévers est donné par la formule :

$$d = \left( d_{\min} + \frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hd}} \right) \frac{(d_{\min} - d_{RHN})}{\left( \frac{1}{R_{Hd}} - \frac{1}{R_{HN}} \right)} \quad (V.8)$$

- Pour  $RHN \leq R \leq RHnd$  : le dévers  $d$  est vers l'intérieur du virage et égale à 2,5%.

Pour le cas de l'élément Clothoïde où le rayon est variable le long de raccordement le

dévers suit cette variation, en passant de 2,5% pour  $R < R_{Hnd}$  progressivement, jusqu'  $dR$  qui représente le d'dévers correspondant au rayon R de l'élément raccordé.

Note :

On est obligé de prévoir une pente longitudinale su sante quand on a le devers formé en toit, le devers est insu sont  $-2.5 \leq d \leq +2.5$ .

### Paramètres fondamentaux de la trace

Notre projet s'agit d'une route C3, dans un environnement E1, avec une vitesse de base  $V_B = 60\text{km/h}$ .

Ces données nous aident tirer les caractéristiques suivantes qui sont données par de la norme B40.

La longueur minimale :

$$L_{min} = (5V b)/3.6 = (560/3.6) = 83m$$

La longueur maximale :  $L_{max} = (60V b)/3.6 = (6060/3.6) = 100m$

dévire minimale :

$$D_{min} = 2.5\%.$$

Dévire maximale :

$$D_{max} = 7\%$$

Distance de freinage :

$$d_0 = 4/1000V b^2/(f l i/100) = 4/100060^2/(0.39 + 0.06/100) = 36.86m$$

Distance d'arrête :

$$d_1 = (4/1000+V b^2/(f l+i/100))+V(bt)/3.6 = (4/1000+60^2/(0.39+0.06/100))+602/3.6 = 9249m$$

Distance de visibilité de dépassement minimale :

$$d_m = 4.V = 460 = 240m$$

Distance de visibilité de dépassement normale :

$$D_N = 6.V = 660 = 360m$$

- Distance de visibilité de manœuvre :

$$d_m d = 200m$$

- Rayon horizontal minimal absolu :

$$RH_m = Vb^2/127(f_t + d_m ax) = 60^2/127(0.16 + 0.07) = 123m$$

- Rayon minimum normale :

$$RHN = (VB + 20)^2/127(f_t + d_n) = (60 + 20)^2/127(0.16 + 0.05) = 240m$$

Avec

$$(dn = dmax - 2\% = f0.07 - 0.02 = 0.05$$

- Rayon au dévers minimal :

$$RHd = Vb^2/(1272d_min) = 60^2/(12720.025) = 567m$$

- Rayon minimal non déversé :

$$RHnd = VB^2/(1270.0035) = 60^2/(1270.0035) = 810m$$

## Calcul d'axe

Le calcul des axes est une opération qui doit commencer pour toute étude de projet routier, et il consiste à calculer les axes de la route, du début du projet à la fin du projet, Les calculs d'axe sont basés sur des coordonnées spécifiques au projet, à la station locale ou à la station NGA et doivent suivre les étapes suivantes :

- Calcul des gisements.
- Calcul de l'angle entre les alignements.
- Calcul de la tangente T
- Calcul de la corde polaire SL.
- Vérification de non" chevauchement.
- Calcul de l'arc en cercle.
- Calcul de des coordonnées de points particuliers.
- Calcul de Kilométrage des points particuliers.

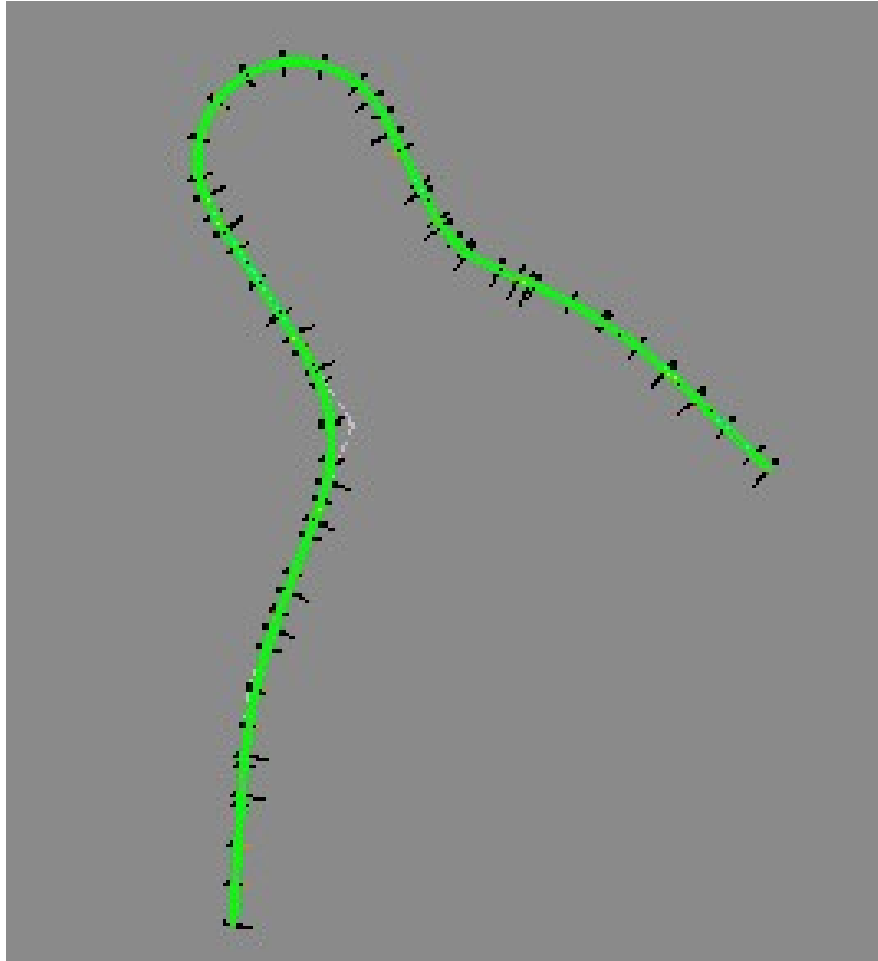


FIGURE V.9 – trace en plan.

## II Profil en long

### Introduction

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain suivant le plan vertical passant par l'axe du tracé de la route.

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

Le profil en long est toujours composé d'éléments de lignes droites raccordés par des paraboles.

## Les règles à respecter

Le tracé de la ligne rouge qui constitue la ligne projet retenue n'est pas arbitraire, mais elle 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 :

- Respecter les normes de pente maximale.
- D'adapter au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux.
- De rechercher l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais.
- De ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les règlements.
- D'éviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance.
- D'éviter les hauteurs excessives de remblais.
- Prévoir le raccordement avec les réseaux existants.
- Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques.
- D'assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

## Coordination du tracé en plan et profil en long

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble afin d'assurer une bonne insertion dans le site, respecter les règles de visibilité et autant que possible un certain confort visuel; ces objectifs incitent à :

- Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :  $(R_{vertical} > 6R_{horizontal})$  pour éviter un défaut d'inflexion.
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible.

## Les éléments géométriques du profil en long

Le profil en long est composé d'éléments rectilignes par déclivité (pente ou rampe), et des raccordements paraboliques par leur rayon qui sont deux types :

- Les rayons en angle rentrants (concaves).
- Les rayons en angle saillant (convexes).

## I.1 Déclivités

La déclivité d'une route est définie par la tangente de l'angle que le profil longitudinal forme avec l'horizontale. Ce terme se nomme pente lorsqu'il s'agit de descentes, et rampe lorsqu'il s'agit de montées.

### Déclivité minimale

La déclivité minimale d'une route correspond à la pente la plus faible acceptable pour garantir un bon drainage de l'eau, tout en permettant une circulation sécurisée et efficace des véhicules. Cette déclivité minimale est nécessaire pour éviter l'accumulation d'eau sur la chaussée, ce qui pourrait entraîner des conditions de conduite dangereuses. En général, elle est de l'ordre de 0,5% à 1% selon les normes de construction routière.

### Déclivité maximale

Du point de vue technique, la déclivité maximale dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée (ce phénomène concerne tous les véhicules), ainsi de la réduction des vitesses qu'elle provoque ou les camions (poids lourds) sont déterminants car la plupart des véhicules légers ont une grande puissance. La pente maximum du projet sera inférieure ou égale à ( $I_{max} = 4\%$ ) dans le franchissement de la côtière. Et selon (B40) elle doit être inférieure à une valeur maximale associée à la vitesse de base.

$V_r$ (km/h)	40	60	80	100	120	140
$I_{max}$ (%)	8	7	6	5	4	4

TABLE V.2 – Déclivité maximale du projet selon la B40

- Pour notre cas la vitesse donc la pente maximale  $I_{max} = 7\%$ .

Un rappel des définitions utiles pour caractériser l'inclinaison d'une route

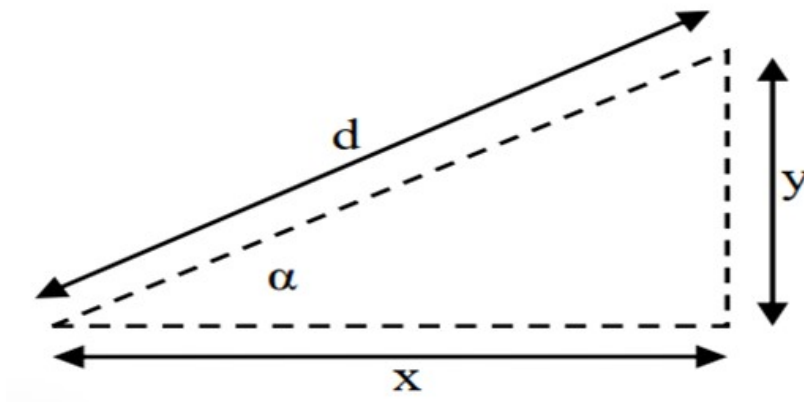


FIGURE V.10 – la pente et déclivité.

Avec

$d$  = distance parcourue (mesure sur la route).

$Y$  = dénivellation.

— Distance horizontale :  $x = \sqrt{d^2 - y^2}$

— Pente :  $\tan \alpha = \frac{y}{\sqrt{d^2 - y^2}}$

— Déclivité :  $\sin \alpha = \frac{y}{d}$

Pour des petites valeurs de  $\alpha (< 10)$ . La pente et déclivité coïncident si on a arrondi à la première décimale.

## II.2 Raccordement en profil en long

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long. Ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort. On distingue deux types raccords :

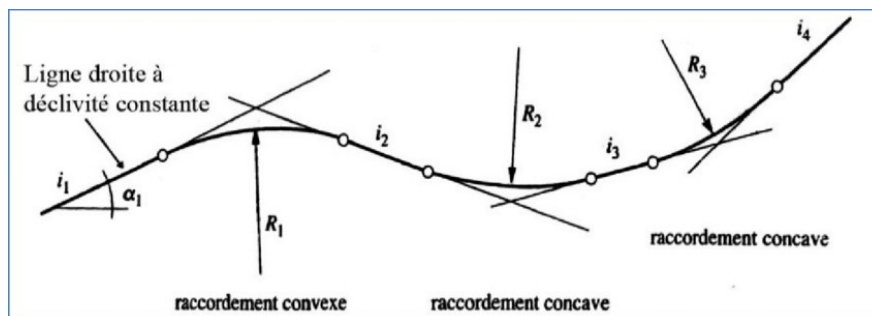


FIGURE V.11 – Schématisation de raccords concave et convexe..

### Raccordement convexes (Angle saillant)

Les rayons minimums admissibles des raccords paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité. Leur conception doit satisfaire à la condition :

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

Elle consiste à limiter l'accélération verticale à laquelle le véhicule sera soumis lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe.

Avec

$G$  : (Accélérations de la pesanteur) =  $10m/s^2$ .

Catégorie	Limite d'accélération verticale	Rayon de raccordement
1-2	$\frac{g}{40}$	$R_v = 0.3 V_b^2$
3-4-5	$\frac{g}{30}$	$R_v = 0.23 V_b^2$

TABLE V.3 – Condition de confort par catégorie

$R_v$  : C'est le rayon vertical (m).

$V_b$  : Vitesse de référence (km /h).

A.N :

Pour notre tronçon, nous avons un rayon minimal de :  $R_v \geq 0.3V_b^2 \mathfrak{B}(Categories1 - 2)$ .  $R_v \geq 0.360^2 = 1080m$

### Condition de visibilité

Une considération essentielle pour la détermination du profil en long est l'obtention d'une visibilité satisfaisante.

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v \geq \frac{d^2}{2(h_a + h_b + 2\sqrt{h_a h_b})} \quad (\text{V.9})$$

Où

$d$  : Distance de visibilité nécessaire (m).

$h_a$  : Hauteur de l'œil au-dessus de la chaussée (m).

$h_b$  : Hauteur de l'obstacle (m).

### Raccordements Concaves (Angle Rentrant)

Lors des raccordements situés en points bas, la visibilité en plein jour n'est pas déterminante.

Il est crucial, surtout la nuit, que les phares des véhicules éclairent une distance suffisamment longue pour permettre aux conducteurs de percevoir tout obstacle. La visibilité nocturne doit être assurée pour une distance satisfaisant la relation suivante :

$$R'_v = \frac{d_1^2}{1.5 + 0.035 + d_1} \quad (\text{V.10})$$

Où  $R'_v$  : rayon minimum du cercle de raccordement  $d_1$  : distance d'arrêt.

## Application au projet

Conception de profil en long à l'aide du logiciel Covadis :

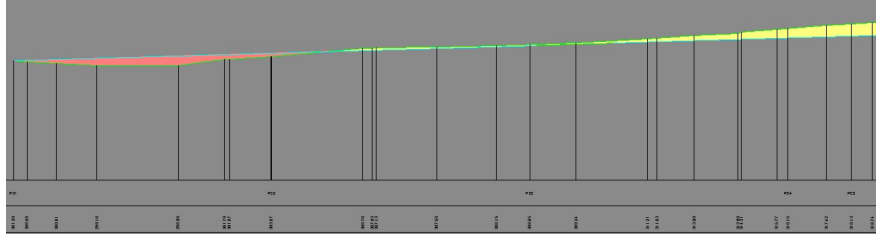


FIGURE V.12 – partie du profil en long.

## III Profil en Travers

## IV Introduction

Le profil en travers représente une coupe de l'autoroute effectuée selon un plan perpendiculaire à son axe principal. Il précise notamment la largeur et la pente transversale des chaussées, ainsi que les zones non-rouables tels que le terre-plein central et les bandes dérasées. La sélection d'un profil en travers est principalement déterminée par le volume de trafic prévu sur l'autoroute, ce qui influence le nombre de voie nécessaires.

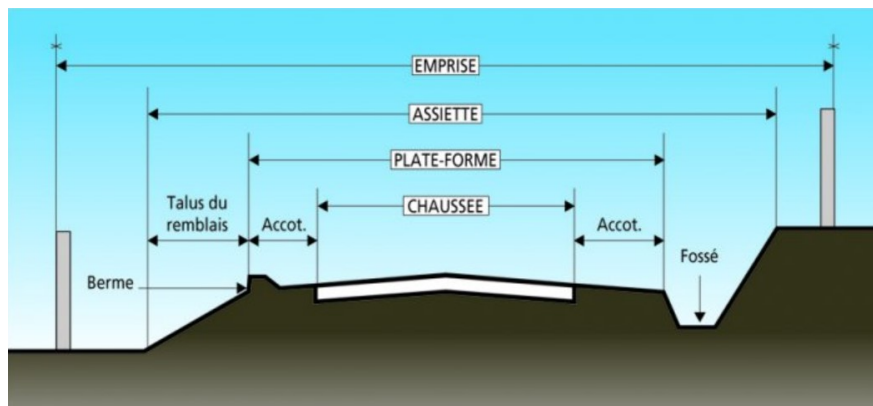


FIGURE V.13 – Le profil en travers type.

## Les éléments du profil en travers

### I.1 La chaussée

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

### II.2 La Plateforme

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

### III.3 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.

### IV.4 Les Accotements

Les accotements sont les zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés (entre la chaussée et le talus). Ils comportent généralement les éléments suivants :

- Une Zone de sécurité

La largeur de la zone de sécurité est, à partir du bord de la chaussée, de 8,5 m à 10 m, et la hauteur de la zone de sécurité n'excède pas 3 m dans la tranchée.

- Une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)

Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée. Sa largeur revient à la largeur de la chaussée.

- La berme

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

### V.5 L'Assiette

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

- Le Terre-plein central

Le TPC facilite la séparation matérielle des deux sens de circulation sa dimension est dérivée de la largeur de ses composants :

- Bande dérasée de gauche (B.D.G)

Il est destiné à corriger les petits écarts de trajectoire et à éviter l'effet paroi. Lié au respect des règles de visibilité. Elle est libre de tout obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée sans dénivellation.

- Bande médiane

Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, à installer certains équipements (barrières de sécurité, supports de signalisation, ouvrages de collecte et de drainage).

## Classification du profil en travers

On distingue deux types de profils :

- Profil en travers courant

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

- Profil en travers type.

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

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

## Application de projet

Logiciel COVADIS

Cette étape a pour but de créer un catalogue qui contiendra les demi profils en travers type que nous appliquerons à notre projet :

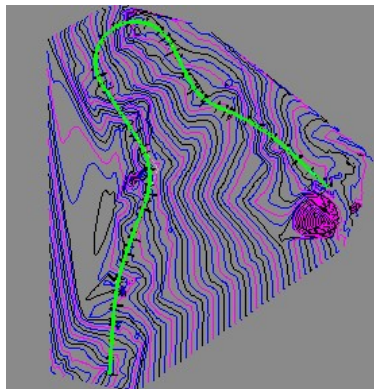


FIGURE V.14 – Courbe de niveau.

## Conclusion

Ce chapitre est consacré aux différents éléments du tracé géométrique d'un projet routier le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers.

Nous rappelons que nous avons utilisé le logiciel COVADIS.

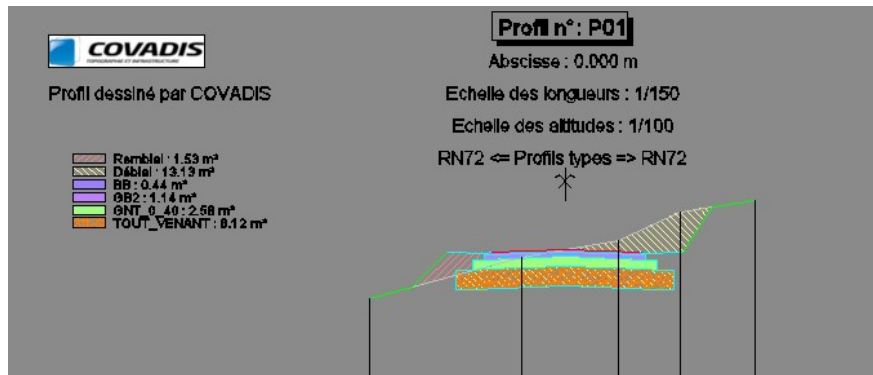


FIGURE V.15 – Profil en travers mixte (Déblais / Remblais).

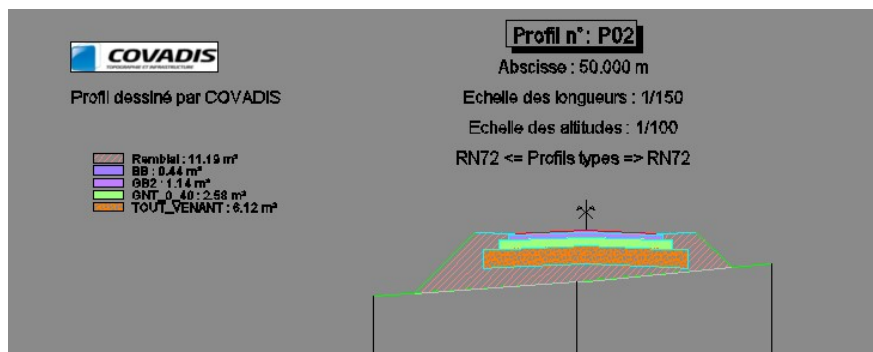


FIGURE V.16 – Profil en travers (Remblais).

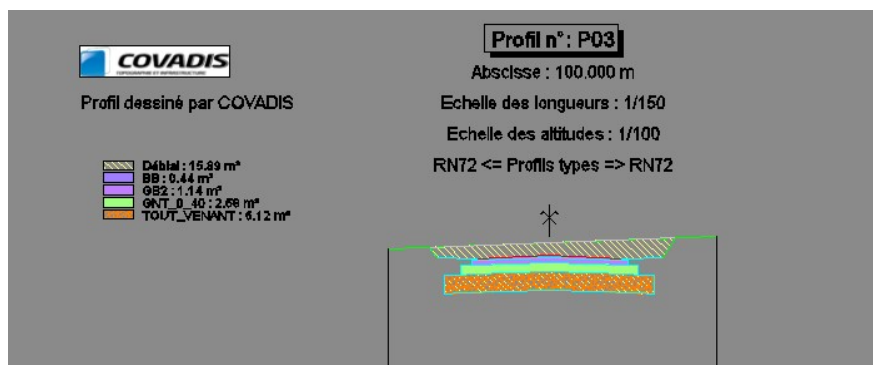


FIGURE V.17 – Profil en travers (DEBLAIS).

# Chapitre VI

## Cubature

### I Introduction

Les cubatures des terrassements sont une opération qui consiste à déterminer les volumes des terres (déblais et remblais) dans un projet autrement dit, c'est une opération qui consiste à déterminer les quantités des terres à l'évacuer en cas de déblais et à rapporter en cas de remblais dans un projet routier.

### II Définition

Une cubature est déterminée par le nombre de cubes de déblais et de remblais nécessaires pour obtenir une surface uniforme, approximativement alignée et adjacente à la ligne de projet définie. Les profils en long et en travers doivent comporter un nombre ne suffisant de points étroitement espacés pour minimiser l'écart entre les lignes qui relient ces points et la surface du terrain qu'ils représentent.

- Surface de remblais ou déblais obtenus par le profil en travers.
- Distance entre profils en travers, marquées sur le profil en long.

### III Méthode de calcul des cubatures

Il semble que vous parliez encore des calculs de cubatures pour les terrassements dans un projet. Les cubatures désignent les calculs utilisés pour déterminer les volumes de déblais (SD) et de remblais (SR) nécessaires dans un projet de terrassement. Voici les étapes principales du processus :

- Calcul des surfaces SD et SR.

- Soustraction pour obtenir la section projetée.

Avec

TN : Terrain Naturelle.

SD : Surface Déblai.

SR : Surface Remblai.



FIGURE VI.1 – profil en travers.

### • Méthode de Mr SARRAUS

La méthode SARRAUS c'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

$$V = l/6(S_1 + S_2 + 4S_{moy}) \quad (VI.1)$$

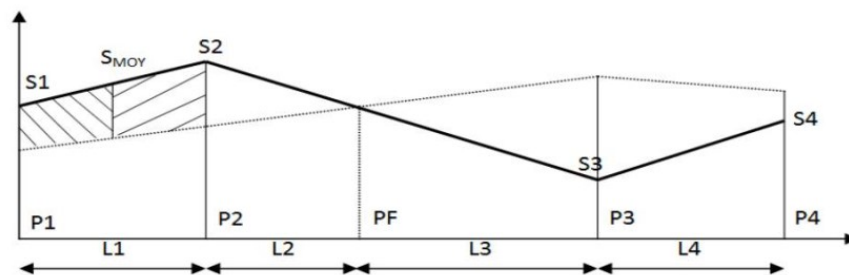


FIGURE VI.2 – Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné.

Avec

PF : profil fictive, surface nulle.

Si : surface de profil en travers Pi.

Li : distance entre ces deux profils.

SMOY : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions SMOY et  $(S_1+S_2) / 2$ ; Ceci donne :

$$V_i = Li/2(S_i + S_{(i+1)}) \quad (\text{VI.2})$$

$$V_1 = L1/2(S_1 + S_2) \text{Entre } P1 \text{ et } P2 \quad V_2 = L2/2(S_2 + S_0) \text{Entre } P2 \text{ et } P3 \quad V_3 = L3/2(S_3 + S_3) \text{Entre } P3 \text{ et } P4 \quad V_4 = L4/2(S_4 + S_4) \text{Entre } P4 \text{ et } P5 \quad (\text{VI.3})$$

Donc le volume total des terrassements :

$$V = [L1/2(S_1 + S_2)] + [L2/2(S_2 + S_0)] + [L3/2(S_3 + S_3)] + [L4/2(S_4 + S_4)] \quad (\text{VI.4})$$

#### • La méthode linéaire

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

## IV Application au projet

#### • Calcul des Cubatures du projet

Le calcul a été effectué à l'aide de logiciel Covadis (voir détails du calcul en annexe). Les volumes de déblais et remblais sont évalués à :

- Le volume de déblais est de :  $VD = 244690.42m^3$
- Le volume de remblais est de :  $VR = 41207.45m^3$

# Chapitre VII

## Assainissement

### I Introduction

L'assainissement routier est une composante cruciale dans la conception, la réalisation et l'ex-ploitation des infrastructures linéaires. L'eau constitue le principal adversaire des routes, car elle génère de nombreux problèmes complexes affectant la chaussée. Cela compromet la sécurité des usagers (glissance, inondations, réduction de la visibilité, projection de gravillons suite au désenrobage des couches de surface, etc.) et impacte la durabilité de la chaussée en réduisant la portance des sols de fondation.

### II Variétés d'équipements d'assainissement

Pour réduire l'humidité de surface par drainage induit par la pente transversale, divers moyens sont utilisés, notamment des tranchées, des canaux, des ravins et même des gondoles, qui divisent la zone longitudinalement.

- Les drainages souterrains : sont responsables de la collecte et de l'évacuation des eaux souterraines, utilisant des canaux spécialement conçus à cet effet.
- Les canalisations : regroupent toutes les structures conçues pour faciliter l'écoulement des fluides, comprenant des composants externes comme les tuyaux, les chambres, les cheminées, les sacs et d'autres éléments similaires.

### III Type de dégradation

Ces types de dégradations nécessitent une surveillance et un entretien réguliers pour préserver la sécurité et la durabilité des infrastructures routières et des talus.

1. Pour les chaussées :

- Affaissement.
- Désenrobage.
- Nid de poule.
- Décollement des bords.

2. Pour les talus :

- Glissement.
- Erosion.
- Affouillements du pied de talus.

## IV L'objectif de l'assainissement

Les objectifs de l'assainissement sont centrés sur :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux pluviales et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Maintenir des conditions de viabilité optimales.
- Réduire les coûts d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosion. • La sauvegarde de l'ouvrage routier (l'eau accélère la dégradation de la surface, augmente la teneur en eau du sol support, entraîne par la suite, des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée).
- Garantir la stabilité de l'ouvrage pour toute sa durée de vie.

## V Les différents réseaux

### Réseau de pied de talus de déblais

Ces fossés sont aménagés au pied des talus de déblai pour évacuer les eaux des plateformes et des talus vers les exutoires. Ils sont généralement en terre et ont une section trapézoïdale, mais sont bétonnés lorsque la pente de la section longitudinale dépasse 3%.

### Réseau de crête de talus de déblais

Ces fossés sont aménagés au sommet des talus de déblais pour évacuer les eaux de ruissellement vers l'emprise. Leur fonction principale est de protéger les pentes des talus contre l'érosion en canalisant l'eau de pluie de manière contrôlée. Ils sont habituellement en terre et

possèdent une section trapézoïdale, mais ils peuvent être bétonnés si la pente de la section longitudinale dépasse 3%, afin d'assurer une meilleure durabilité et efficacité.

### **Réseau de pieds de talus de remblais**

Le réseau de pieds de talus de remblais désigne un ensemble de dispositifs tels que des fossés et des canaux installés au pied des talus artificiels créés lors de la construction de routes ou d'autres infrastructures. Son but principal est de gérer efficacement le drainage des eaux de ruissellement qui descendent des talus et des plateformes environnantes. Cela permet de prévenir l'érosion des talus en contrôlant le flux d'eau et en assurant la stabilité des remblais, ce qui est crucial pour maintenir la sécurité et la durabilité des infrastructures routières.

### **Réseau de crête de remblais**

Le réseau de crête de remblais est constitué d'aménagements destinés à prévenir l'érosion et à gérer les eaux de ruissellement sur les sommets des remblais. Ces structures sont essentielles pour canaliser efficacement les eaux pluviales loin des remblais afin de maintenir leur stabilité et d'éviter tout affaissement potentiel.

## **VI L'assainissement de la chaussée**

### **Descentes d'eau**

Sur les tronçons routiers avec remblais, lorsque la hauteur du remblai dépasse 2,50 m, les eaux de ruissellement sur la chaussée seront drainées par des tuyaux de descente. Lorsque la pente de la section longitudinale est supérieure à 1%, généralement espacées tous les 50 m. Leur écartement varie entre 30 m et 40 m lorsque la pente est inférieure à 1%.

### **Bassin versons**

Un bassin versant est une zone géographique définie par les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux. Il représente la surface totale de la région qui peut recevoir de l'eau de pluie.

### **Collecteur principal**

Le collecteur principal est la conduite principale qui collecte les eaux provenant d'autres conduites, appelées collecteurs secondaires, et qui recueille directement les eaux de surface

ou les eaux souterraines.

## Chambre de visite

C'est une structure placée sur les canalisations pour permettre leur inspection et leur nettoyage. Les chambres de visite doivent être prévues aux endroits où il y a des changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, ainsi qu'aux points de convergence de deux collecteurs. Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne doit pas dépasser 80 à 100 mètres.

## Sacs

C'est une structure placée sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles. Les sacs sont souvent équipés d'un dépotoir destiné à retenir les déchets solides qui peuvent être entraînés par les eaux superficielles.

## Faussée d'arrêt

Ce sont des structures construites pour prévenir l'érosion du terrain lors des pluies.

## Les regards

Ils consistent en un puits vertical, muni d'un tampon en fonte ou en béton armé, dont le rôle est d'assurer diverses fonctions pour le réseau, des fonctions de raccordement des conduites, de ventilation et d'entretien entre autres et aussi à résister aux charges roulantes et aux poussées des terres.

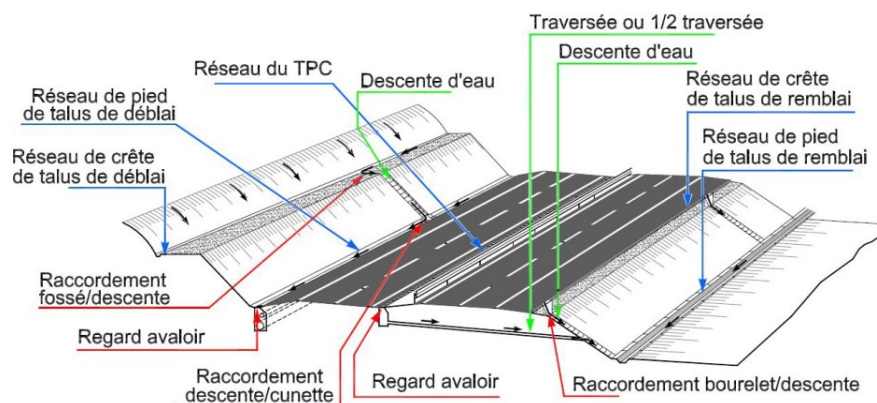


FIGURE VII.1 – L'emplacement des ouvrages d'assainissement.

## VII Types de canalisation

### Réseaux de canalisation longitudinaux

- Comprend les fossés, les cuvettes et les caniveaux.
- Ces structures sont conçues pour collecter et diriger l'eau sur de longues distances, suivant généralement le relief du terrain ou l'alignement de la route.

### Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement

- Inclut les regards, les descentes d'eau, les têtes de collecteur et les dalots.
- Ces ouvrages sont positionnés perpendiculairement aux flux d'eau principaux et servent à connecter différents segments de canalisation, assurer la ventilation, faciliter l'entretien et permettre le passage des eaux de ruissellement d'un niveau à un autre.

Chaque type d'ouvrage joue un rôle spécifique dans la gestion efficace du drainage des eaux pluviales et dans le maintien de la fonctionnalité des infrastructures hydrauliques.

## VIII Données pluviométriques de la zone d'étude

La région de Tizi-Ouzou présente un climat méditerranéen caractérisé par une période sèche suivie d'une saison froide et humide avec des précipitations abondantes. (Saison sèche, Saison humide, Pic des précipitations, Climat hivernal). Ces données climatiques sont importantes pour la gestion des ressources en eau, la planification agricole et la conception d'infrastructures hydrauliques dans la région de Tizi-Ouzou.

## IX Étude hydraulique

### Calcul des débits

Pour les petits bassins versants, la méthode utilisée est généralement la méthode rationnelle où le débit de pointe se définit par la formule suivante :

$$Q_a = K.C.I.A$$

Où :

$Q_a$  : débit de la crue décennale (en  $m^3/s$ ).

$C$  : coefficient de ruissellement supposé uniforme sur le bassin.

$I_t$  : l'intensité de l'averse en (mm/h) sur la période de concentration (temps de concentration).

$A$  : superficie du bassin versant en  $\text{Km}^2$ .

## Calcul de l'intensité de la pluie I

L'intensité de l'averse est fonction du temps une durée de 1h de concentration ( $T_c$ ), donnée par la relation suivante :

$$I(t) = I(t_c/24)^B \quad (\text{VII.1})$$

Avec

$I = P$  (%) / 24 (L'intensité horaire).

$b$  : l'exposant climatique.

$I$  : l'intensité horaire pour une durée 1h.

$I_t$  : l'intensité de l'averse en (mm/h).

$T_c$  : c'est le temps de concentration obtenu à l'aide des formules ci-dessous en fonction de la superficie de bassin versant (BV).

## La fréquence de l'averse

La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

Avec

$P(t)$  : hauteur de la pluie de durée (t) en (mm).

$PJ\%$  : pluie journalière maximale pour une fréquence donnée en (mm).

$B$  : exposant climatique=0.4 (station de Bouzareah).

$T$  : durée de pluie égale au temps de concentration en heure.

- Formule de VENTURI : lorsque  $A < 5\text{km}$ .

$$T_c = 0.127\sqrt{(A/P)} \quad (\text{VII.2})$$

- Formule de PASSINI : lorsque  $5 \leq A < 25\text{km}$ .

$$T_c = 0.108 \times \sqrt[3]{\frac{AL}{\sqrt{P}}} \quad (\text{VII.3})$$

- Formule de GIANDOTHI : lorsque  $25 \leq A < 25\text{km}$ .

$$T_c = \frac{1.5L + \sqrt[4]{A}}{0.8 \times \sqrt{H}} \quad (\text{VII.4})$$

Avec

$T_c$  : temps de concentration (heures).

$A$  : superficie du bassin versant km<sup>2</sup>.

$P$  : pente moyenne du bassin versant (%).

$L$  : longueur du bassin versant (km).

$H$  : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale(m).

## Calcul de précipitation

La détermination de l'intensité de la pluie passe par les étapes de calcule suivantes :  
Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :

$$P_j(\%) = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \times \exp(u \times \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}) \quad (\text{VII.5})$$

Avec

$P_{j\text{moy}}$  : pluie moyenne journalière (mm).

$C_v$  : Coefficient de variation.

$U$  : Variable de Gauss, donnée par le tableau suivant :

Fréquence au dépassement	Période de routeur	Variables de Gauss
50	2	0
20	5	0.841
10	10	1.282
5	20	1.645
2	50	2.057
1	100	2.327

TABLE VII.1 – Variable de GAUSS

### Remarque :

Les buses seront dimensionnées pour une période de retour de 10ans. Les ponceaux (dalots) sont dimensionnés pour une période de retour de 50ans. Les ponts sont dimensionnés pour une période de retour de 100ans.

## Coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement est le rapport entre la quantité d'eau tombée sur le bassin versant et celle qui ruisselle effectivement sur sa surface. Le coefficient de ruissellement varie avec la nature de la couverture végétale et la pente P du bassin versant.

Le tableau ci-dessous résume quelque valeur de C en fonction de la couverture :

Type de couvertures	C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobé	0.80 à 0.95	0.95
Accotement sol légèrement perméable	0.15 à 0.40	0.4
Talus	0.10 à 0.30	0.30
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

TABLE VII.2 – Valeurs de coefficient de ruissellement

## Calcul des débits de saturation Qs

Pour les fusées le débit de saturation est donné par la formule de MANNING-STRICKLER.

$$Q_s = K_{st} S_m R_h^{(2/3)} I^{(1/2)}$$

Avec

Qs : débit en m<sup>3</sup>/s.

Sm : section mouillée en m<sup>2</sup>.

J : pente longitudinale du cours d'eau en m/m.

Rh : rayon hydraulique en m (Rh= Sm /Pm).

Kst : coefficient de Manning Strickler tel que :

- Paroi en terre : Kst=30.
- En buses métalliques Kst=40.
- Maçonneries Kst=50.
- Bétons (dalots) Kst=70.
- Buses préfabriquées Kst=80 bétons.

P : pente de talus :  $P = \text{tga} = h/e = 1/n$

## Débit d'apport

Pour les petits bassins versants, la méthode utilisée est généralement la méthode rationnelle où le débit de pointe se définit par la formule suivante :

$$Q_a = 0.278 C I t A$$

Avec

$Q_a$  : débit de la crue décennale (en m<sup>3</sup>/s)

$C$  : coefficient de ruissellement supposé uniforme sur le bassin

$I_t$  : l'intensité de l'averse en mm/h sur la période de concentration (temps de concentration)

$A$  : superficie du bassin versant en Km<sup>2</sup>.

### Dimensionnement des ouvrages transversaux (buses)

On appelle ouvrages hydrauliques traversés, toute construction dans le remblai pour permettre à l'eau de passer d'un côté à l'autre de la route. Dans le cadre de cette étude ces ouvrages se composent essentiellement, des ouvrages busés. Et leurs dimensions (diamètres) sont obtenues en s'écrivant :  $Q_a = Q_s$ .

On a

$$\begin{aligned} Q_a = Q_s &= K_{st} \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \\ Q_a &= 0.278 \times C \times I_t \times A \\ Q_a = Q_s &= K_{st} \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \times \frac{1}{2} \pi R^2 \end{aligned} \tag{VII.6}$$

### Dalot

Pour les dalots, la section d'un dalot est calculée comme pour le fossé, seulement en changer la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot.

En considérant une période de hauteur 50 ans :

On a

$$Q_s = K_{st} S_m R_h^{(2/3)} I^{(1/2)}$$

# Chapitre VIII

## Signalisation Et Éclairage

### I Signalisation

#### Introduction

La signalisation routière désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le domaine routier et destinés à assurer la sécurité des usagers de la route. Ces signaux informent des dangers et des prescriptions relatives à la circulation, fournissent des éléments utiles à la prise de décisions, et indiquent les repères et équipements utiles aux déplacements.

La signalisation routière rappelle :

- Les limitations de vitesse.
- Les règles de priorité et de passage.
- Les zones de stationnement interdit ou autorisé. • Les interdictions spécifiques (comme les sens interdits ou les interdictions de tourner).
- Les obligations, telles que le port de la ceinture de sécurité ou l'utilisation des feux.
- Les précautions à prendre, comme la présence de passages piétons ou d'écoles à proximité.
- Les zones de danger, comme les virages serrés, les descentes abruptes, ou les travaux en cours.

#### Objectifs de signalisation

La signalisation routière a pour objectifs :

- D'assurer la sécurité de la circulation routière.
- De faciliter la fluidité de la circulation.
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions de police.
- De fournir des informations relatives à l'usage de la route.

- D'orienter les usagers vers leurs destinations.
- De signaler les zones de travaux et les déviations.
- De limiter la vitesse et de réguler les flux de trafic.
- De protéger les zones piétonnes et les cyclistes.
- De signaler les passages à niveau et autres intersections dangereuses.

## Les types de signalisation

On distingue deux types de signalisation :

1. La signalisation routière verticale : Cette catégorie comprend les panneaux, les balises, les feux de signalisation (comme les gyrophares), les bornes et les feux tricolores.
2. La signalisation routière horizontale : Celle-ci est constituée des marquages au sol et des plots.

## Marques longitudinales

### a) Ligne continues

La ligne continue est un élément de signalisation routière utilisé dans des conditions de circulation jugées dangereuses, comme en l'absence de visibilité sur une côte ou à proximité d'un virage. Il est crucial de rappeler la fonction de la ligne continue à tous les candidats au code de la route, car elle interdit tout dépassement ou changement de voie pour assurer la sécurité de tous les usagers.

### b) Ligne discontinues

Les lignes utilisées pour le marquage routier varient selon leur module, c'est-à-dire le rapport entre la longueur des traits et celle des intervalles. On distingue :

- Les lignes axiales ou de délimitation des voies, avec des traits dont la longueur est égale à un tiers de celle des intervalles.
- Les lignes de rive et celles des voies d'accélération, de décélération ou d'entrecroisement, avec des traits dont la longueur est approximativement égale à celle des intervalles.
- Les lignes d'avertissement pour les lignes continues et les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, avec des traits dont la longueur est environ trois fois celle des intervalles.
- Les modulations des lignes discontinues sont récapitulées dans le tableau suivant :

## Marques transversales

C'est une ligne continue qui oblige les usagers à marquer un arrêt.

### A. Marques sur chaussée

Type de modélisation	Largeur de trait (cm)	Intervalle entre deux traits successifs (m)
T1 / T'1	30 / 15	10 / 5
T2 / T'2	30 / 50	3.5 / 0.5
T3 / T'3	30 / 20	1.33 / 6

TABLE VIII.1 – Lignes discontinues

- Les lignes mixtes : Typiquement, les lignes mixtes désignent des lignes continues qui s'accompagnent de lignes discontinues de type T1.
- Lignes transversales : Les lignes transversales ont un but de marquage et peuvent être facilement identifiées.
- Ligne stop : La "ligne d'arrêt" est une ligne solide et ininterrompue qui oblige les conducteurs à s'arrêter complètement avant de continuer.

### B. Autres signalisation

Largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route :

- $U=7.5\text{cm}$  sur autoroutes et voies rapides urbaines.
- $U=6\text{cm}$  sur les routes et voies urbaines.
- $U=5\text{cm}$  sur les autres routes. Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un  $U= 7.5\text{cm}$ .

## Les critères de conception de signalisation

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation tout en respectant les critères suivants :

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéités).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.

## Application au projet

### Signalisation verticale

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 d'obligation (type D).

- Panneaux de pré signalisation (type E).
- Panneaux de signalisation de direction type (E/B).
- Panneaux donnant les indications utiles pour les conduites de véhicules (type E).
- Panneaux de signalisation d'identification des routes (type E).




		
Signalisation de direction	Signalisation de direction	Signalisation de direction

FIGURE VIII.1 – Type de panneaux.

### Signalisation horizontale

## II L'éclairage

### Introduction

L'éclairage public doit permettre aux usagers de circuler la nuit en toute sécurité et avec confort. Les automobilistes doivent pouvoir voir clairement les points importants de la route et les obstacles sans avoir besoin des phares. Les piétons ont besoin de bien voir les trottoirs, les véhicules et les obstacles, et il ne doit pas y avoir de zones d'ombre. On distingue quatre catégories d'éclairage public :

- Éclairage des routes et autoroutes, catégorie A.
- Éclairage urbain pour les grandes rues et les routes de distribution, catégorie B.
- Éclairage d'un point singulier (carre four, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

### Paramètres de l'implantation des luminaires

- L'espacement (e) entre luminaires : qui varie en fonction du type de voie.
- La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et par fois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (l) de la chaussée.
- La porte à faux (p) du foyer par rapport au support.

- L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

Avec

e : l'espacement entre luminaires qui varie en fonction de type des voies.

H : la hauteur du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées.

L : la largeur (l) de la chaussée.

P : la porte à faux (p) du foyer par rapport au support.

S : l'inclinaison ou non du foyer lumineux et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

		
Panneau de l'arrêt Panneau limitation de vitesse type B14_60	Panneau limitation de vitesse type B14_60	Panneau de circulation double sens
		
Panneaux de signalisation De danger type A1 a	Panneaux de signalisation de danger type A1b	Panneau permanent chaussée glissent A4
		
Panneaux de signalisation de danger type A1 d	Panneaux de signalisation de cédez le passage AB3a+M9c	Panneau danger

FIGURE VIII.2 – Type de panneaux.

**Ligne discontinue****Ligne continue**

FIGURE VIII.3 – Les signalisations horizontales.

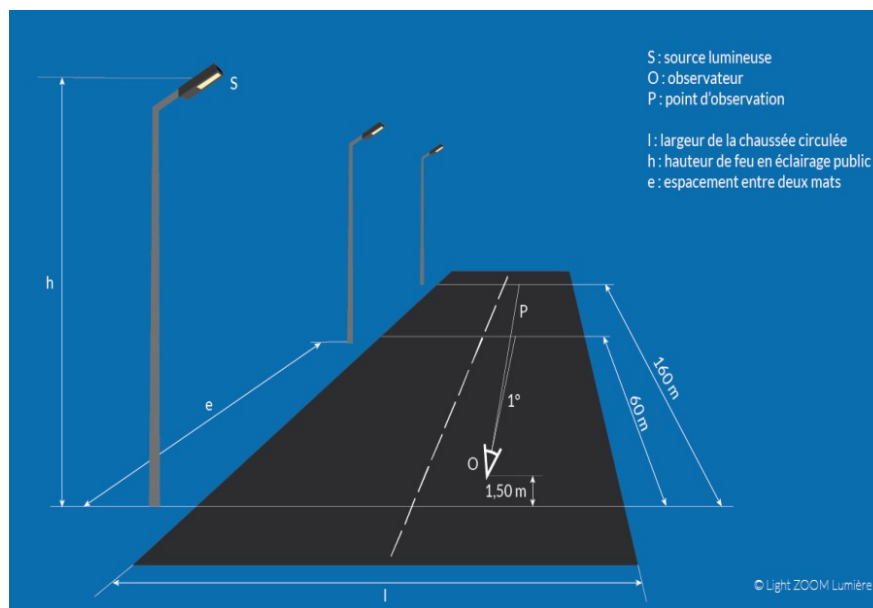


FIGURE VIII.4 – Implantation des luminaires.

# Chapitre IX

## Impact sur l'environnement

### I introduction

L'impact sur l'environnement est une préoccupation majeure dans le contexte actuel de développement durable. Les activités humaines, en particulier celles liées à l'infrastructure routière, ont des effets significatifs sur l'environnement. Ce chapitre examine le cadre juridique, les définitions essentielles, et les études d'impact environnemental spécifiques aux infrastructures routières. Il met également en évidence l'importance de la végétation dans ce contexte et propose des méthodologies pour une implantation végétale optimale.

### II Cadre juridique

#### Définitions L'environnement

L'environnement englobe tous les éléments naturels (air, eau, sol, faune, flore) et les interactions entre ces éléments, ainsi que les aspects socioéconomiques et culturels qui influencent la qualité de vie et le bien-être des populations.

#### Impact sur l'environnement

L'impact sur l'environnement désigne les effets des actions humaines sur les composantes de l'environnement. Ces effets peuvent être positifs ou négatifs, temporaires ou permanents, et varient en intensité et en étendue.

## Étude d'impact sur l'environnement

### ● Impacts négatifs

Les infrastructures routières ont plusieurs impacts négatifs sur l'environnement :

- Pollution de l'air : Les véhicules émettent des gaz à effet de serre et des polluants tels que le dioxyde d'azote et les particules fines.
- Pollution sonore : Le trafic routier génère du bruit, perturbant la faune et les habitants.
- Fragmentation des habitats : Les routes peuvent diviser les écosystèmes, empêchant les espèces de se déplacer librement.
- Contamination des sols et des eaux : Les déversements de carburant, les huiles et les produits chimiques des véhicules peuvent contaminer les sols et les cours d'eau.

### ● Impacts positifs

Malgré les impacts négatifs, certaines pratiques liées aux infrastructures routières peuvent avoir des effets positifs :

- Réduction de la congestion : Des routes bien conçues peuvent réduire les embouteillages, diminuant ainsi les émissions de gaz à effet de serre.
- Amélioration de l'accessibilité : Les routes facilitent l'accès aux services essentiels et aux zones rurales, contribuant au développement économique.
- Végétalisation des abords routiers : Planter des arbres et des arbustes le long des routes peut améliorer la qualité de l'air, réduire le bruit et offrir des habitats pour la faune.

## Méthodologie du choix de l'implantation du type de plantes

- Adaptation aux conditions locales : Sélectionner des plantes adaptées au climat et au sol locaux pour assurer leur survie et leur croissance.
- Fonction écologique : Choisir des espèces qui offrent des habitats pour la faune, contribuent à la séquestration du carbone, et améliorent la qualité de l'air et de l'eau.
- Maintenance et durabilité : Opter pour des plantes nécessitant peu d'entretien et résistantes aux conditions difficiles des bords de route.

## Intérêt de la végétation

### Sur le plan technique

- Stabiliser les sols et prévenir l'érosion.
- Améliorer la gestion des eaux de ruissellement en facilitant l'infiltration et en réduisant le risque d'inondation.

**Sur le plan sécuritaire**

- Réduire la vitesse du vent et minimiser les effets de la neige et du sable soufflés sur la route.
- Fournir une barrière naturelle contre les éblouissements des phares de nuit.

**Sur le plan paysager**

- L'esthétique des paysages routiers, offrant des vues agréables aux conducteurs et passagers.
- La création d'espaces verts qui améliorent le cadre de vie des communautés locales.

**Sur le plan écologique**

- La création de corridors écologiques permettant la migration et la dispersion des espèces.
- La séquestration du carbone, contribuant à la lutte contre le changement climatique.
- La purification de l'air et de l'eau, en absorbant les polluants et en améliorant la qualité environnementale.

### III conclusion

L'étude des impacts environnementaux des infrastructures routières montre qu'il est essentiel d'intégrer des pratiques durables dans la conception et la gestion des routes. La végétation, en particulier, offre des avantages techniques, sécuritaires, paysagers et écologiques significatifs, soulignant l'importance d'une planification réfléchie et adaptée.

# Chapitre X

## Devis Estimatif et Quantitatif

<b>DEVIS ESTIMATIF</b>				
Nom du dessin	C:/Users/Lenovo/Desktop/YOUNES			
Date du calcul	25/06/2024 à 14:56:01			
Désignation	Unité	Quantité	PU HT	Montant
<b>Déblais</b>				
GC-001 Volume des déblais	m <sup>3</sup>	244690	300.00	73407000.00
<b>Sous-Total HT :</b>			73 407 000.00 DA	
<b>Sous-Total TVA :</b>			14 387 772.00 DA	
<b>Sous-Total TTC :</b>			87 794 772.00 DA	
Désignation	Unité	Quantité	PU HT	Montant
<b>Remblais</b>				
GC-002 Volume des remblais	m <sup>3</sup>	41207	900.00	37086300.00
<b>Sous-Total HT :</b>			37 086 300.00 DA	
<b>Sous-Total TVA :</b>			7 268 914.80 DA	
<b>Sous-Total TTC :</b>			44 355 214.80 DA	
Désignation	Unité	Quantité	PU HT	Montant
<b>Matériaux de structure</b>				
GC-005 Fourniture et mise en oeuvre de BB	m <sup>3</sup>	887	2200.00	1951400.00
GC-023 Fourniture et mise en oeuvre de GB2	m <sup>3</sup>	2309	2900.00	6696100.00
<b>Sous-Total HT :</b>			8 647 500.00 €	
<b>Sous-Total TVA :</b>			1 694 910.00 €	
<b>Sous-Total TTC :</b>			10 342 410.00 €	

Arrête le présent devis estimatif à la somme en T.T.C :  
Cent soixante-deux millions cent soixante mille trois cent soixante-seize dinars et quatre-vingts centimes.

Désignation	Unité	Quantité	PU HT	Montant
Voirie				
Terrassements				
Terre végétale				
Décapage				
GC-121 Surface 2D totale de décapage	m <sup>2</sup>	46259	350.00	16190650.00
<b>Sous-Total HT :</b>				<b>16 190 650.00 DA</b>
<b>Sous-Total TVA :</b>				<b>3 238 130.00 DA</b>
<b>Sous-Total TTC :</b>				<b>19 428 780.00 DA</b>
Désignation	Unité	Quantité	PU HT	Montant
<b>Travaux préparatoires</b>				
TP-002 Signalisation provisoire du chantier		1	50000.00	50000.00
TP-003 Implantation, plan de phasage et contrôle		1	150000.00	150000.00
<b>Sous-Total HT :</b>				<b>200 000.00 DA</b>
<b>Sous-Total TVA :</b>				<b>39 200.00 DA</b>
<b>Sous-Total TTC :</b>				<b>239 200.00 DA</b>
RECAPITULATIF PAR LOT				
Désignation des lots	HT	TVA	TTC	
Déblais	73 407 000.00 DA	14 387 772.00 DA	87 794 772.00 DA	
Remblais	37 086 300.00 DA	7 268 DA	914.80 214.80 DA	44 355

Matériaux de structure	8 647 500.00 DA	1 694 910.00 DA	10 342 410.00 DA
Voirie	16 190 650.00 DA	3 238 130.00 DA	19 428 780.00 DA
Travaux préparatoires	200 000.00 DA	39 200.00 DA	239 200.00 DA
TOTAUX GENERAUX			
<b>Total HT :</b>			<b>135 531 450.00 DA</b>
<b>Total TVA :</b>			<b>26 628 926.80 DA</b>
<b>Total TTC :</b>			<b>162 160 376.80 DA</b>

# Conclusion générale

Ce projet de fin d'étude nous a offert l'opportunité concrète d'appliquer les connaissances théoriques et techniques acquises à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou et de nous confronter à des défis techniques et administratifs réels, typiques des projets routiers. Nous avons ainsi pu comprendre le processus général des travaux publics et développer notre expertise dans l'utilisation de technologies et logiciels comme COVADIS et AUTOCAD.

La conclusion générale de ce projet met en lumière les principaux résultats obtenus : identification des dégradations critiques de l'infrastructure actuelle, propositions d'améliorations pour la sécurité et l'efficacité du réseau routier, réhabilitation des chaussées, et ajout de nouvelles infrastructures comme des pistes cyclables et des passages piétons sécurisés. L'évaluation environnementale a montré que ces interventions réduiraient significativement l'empreinte carbone.

Ces résultats soulignent l'importance cruciale d'un entretien régulier et d'investissements continus pour assurer un réseau routier sûr et durable. Ils offrent également des recommandations précieuses pour les futurs projets, mettant en évidence l'impact positif de telles initiatives sur le développement socio-économique et environnemental à long terme.

## Bibliographie

- [1] Fadhila Ghanem. Etude de la corrélation entre la perméabilité et la succion. PhD thesis, Université Mouloud Mammeri, 2011.
- [2] Joseph-Michel Dûtes. Mémoires sur les travaux publics de l'Angleterre, volume 1. Imp. Royale, 1819.
- [3] Jules Dupuis. De la mesure de l'utilité des travaux publics (1844). Revue française d'économie, 10(2) :55-94, 1995.
- [4] Takfarinas Akli and Ahmed Ait Souar. Etude d'aménagement en axe autoroutier du dédoublement de la route nationale 73 en (2\* 2) voies sur un linéaire de 5km du Pk 5+ 000 au 10+ 000 avec échangeur en phase APD. PhD thesis, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, 2015.
- [5] Mhamed KHELIL and Mustapha Ghلام. DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES ROUTIÈRES CAS RN40A. PhD thesis, FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES D'ALGER, 2020.
- [6] B40.
- [7] les catalogues fascicule 1, fascicule 2, fascicule 3.

### Remarque :

La déviation de ville Makouda sur un linéaire de 7 km .

Notre mémoire on a étudié un tronçon de 2 km Pk 00 jusqu'à Pk 2 .

## DEVIS ESTIMATIF

Nom du dessin  
Date du calcul

C:/Users/Lenovo/Desktop/YOUNES  
25/06/2024 à 14:56:01

Désignation	Unité	Quantité	PU HT	Montant
<b>Déblais</b>				
GC-001 Volume des déblais	m³	244690	300.00	73407000.00

<b>Sous-Total HT :</b>	<b>73 407 000.00 DA</b>
<b>Sous-Total TVA :</b>	<b>14 387 772.00 DA</b>
<b>Sous-Total TTC :</b>	<b>87 794 772.00 DA</b>

Désignation	Unité	Quantité	PU HT	Montant
<b>Remblais</b>				
GC-002 Volume des remblais	m³	41207	900.00	37086300.00

<b>Sous-Total HT :</b>	<b>37 086 300.00 DA</b>
<b>Sous-Total TVA :</b>	<b>7 268 914.80 DA</b>
<b>Sous-Total TTC :</b>	<b>44 355 214.80 DA</b>

Désignation	Unité	Quantité	PU HT	Montant
<b>Matériaux de structure</b>				
GC-005 Fourniture et mise en oeuvre de BB	m³	887	2200.00	1951400.00
GC-023 Fourniture et mise en oeuvre de GB2	m³	2309	2900.00	6696100.00

<b>Sous-Total HT :</b>	<b>8 647 500.00 €</b>
<b>Sous-Total TVA :</b>	<b>1 694 910.00 €</b>
<b>Sous-Total TTC :</b>	<b>10 342 410.00 €</b>

Désignation	Unité	Quantité	PU HT	Montant
<b>Voirie</b>				
<b>Terrassements</b>				
<b>Terre végétale</b>				
<b>Décapage</b>				
GC-121 Surface 2D totale de décapage	m²	46259	350.00	16190650.00

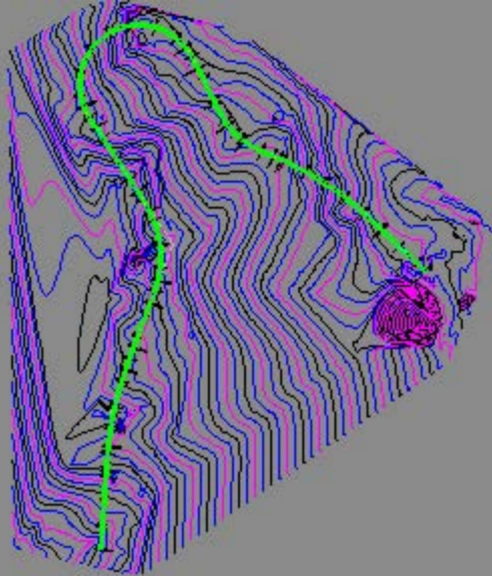
<b>Sous-Total HT :</b>	<b>16 190 650.00 DA</b>
<b>Sous-Total TVA :</b>	<b>3 238 130.00 DA</b>
<b>Sous-Total TTC :</b>	<b>19 428 780.00 DA</b>

Désignation	Unité	Quantité	PU HT	Montant
<b>Travaux préparatoires</b>				
TP-002 Signalisation provisoire du chantier		1	50000.00	50000.00
TP-003 Implantation, plan de phasage et contrôle		1	150000.00	150000.00

<b>Sous-Total HT :</b>	<b>200 000.00 DA</b>
<b>Sous-Total TVA :</b>	<b>39 200.00 DA</b>
<b>Sous-Total TTC :</b>	<b>239 200.00 DA</b>






RECAPITULATIF PAR LOT			
Désignation des lots	HT	TVA	TTC
Déblais	73 407 000.00 DA	14 387 772.00 DA	87 794 772.00 DA
Remblais	37 086 300.00 DA	7 268 914.80 DA	44 355 214.80 DA
Matériaux de structure	8 647 500.00 DA	1 694 910.00 DA	10 342 410.00 DA
Voirie	16 190 650.00 DA	3 238 130.00 DA	19 428 780.00 DA
Travaux préparatoires	200 000.00 DA	39 200.00 DA	239 200.00 DA

TOTAUX GENERAUX	
<b>Total HT :</b>	<b>135 531 450.00 DA</b>
<b>Total TVA :</b>	<b>26 628 926.80 DA</b>
<b>Total TTC :</b>	<b>162 160 376.80 DA</b>





Profil dessiné par COVADIS

	Déblai : 15.89 m <sup>3</sup>
	BB : 0.44 m <sup>3</sup>
	GB2 : 1.14 m <sup>3</sup>
	GNT_0_40 : 2.68 m <sup>3</sup>
	TOUT_VENANT : 6.12 m <sup>3</sup>

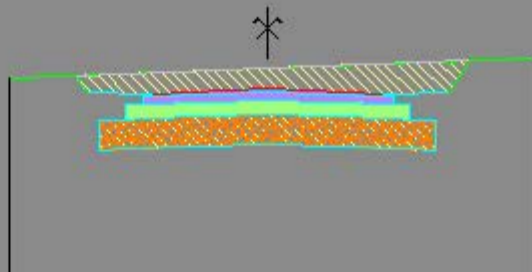
**Profil n°: P03**

Abscisse : 100.000 m







Echelle des longueurs : 1/150

Echelle des altitudes : 1/100

RN72 <= Profils types => RN72



Profil dessiné par COVADIS

	Remblai : 1.53 m <sup>3</sup>
	Déblai : 13.13 m <sup>3</sup>
	BB : 0.44 m <sup>3</sup>
	GB2 : 1.14 m <sup>3</sup>
	GNT_0_40 : 2.58 m <sup>3</sup>
	TOUT_VENANT : 8.12 m <sup>3</sup>

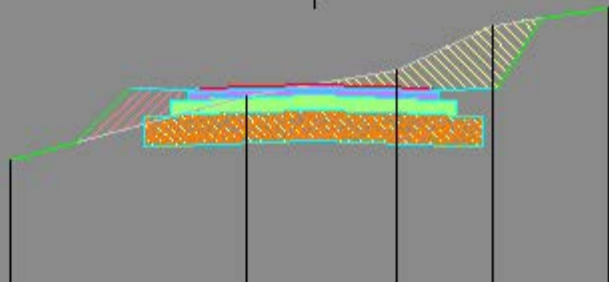
**Profil n° : P01**

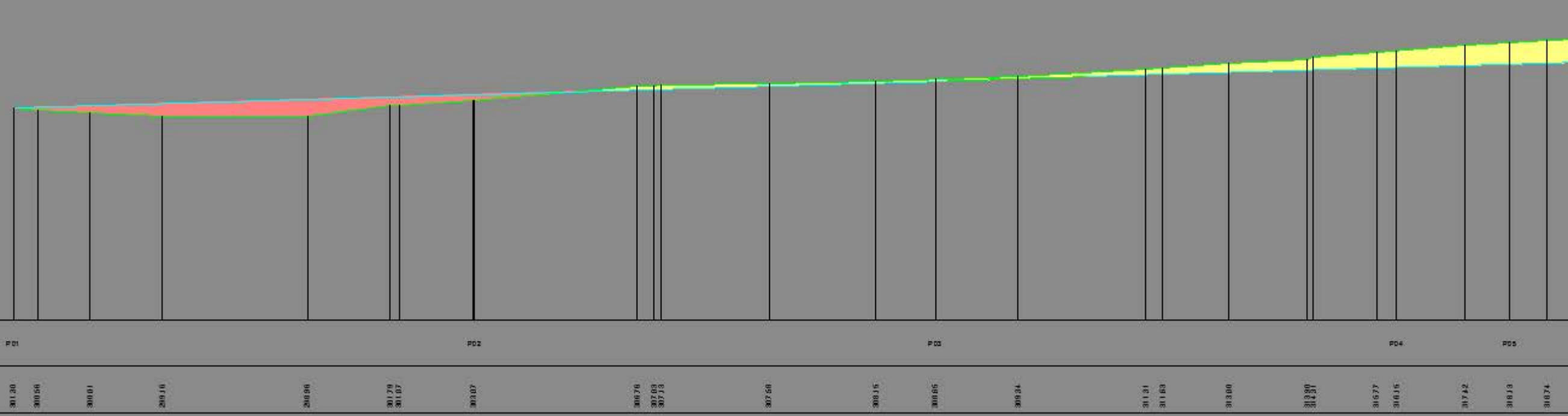
Abscisse : 0.000 m

Echelle des longueurs : 1/150






Echelle des altitudes : 1/100

RN72 <=> Profils types => RN72





Profil dessiné par COVADIS

	Remblai : 11.19 m <sup>3</sup>
	BB : 0.44 m <sup>3</sup>
	GB2 : 1.14 m <sup>3</sup>
	GNT 0_40 : 2.58 m <sup>3</sup>
	TOUT_VENANT : 6.12 m <sup>3</sup>

**Profil n° : P02**

Abscisse : 50.000 m

Echelle des longueurs : 1/150

Echelle des altitudes : 1/100

RN72 <= Profils types => RN72

