



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : GÉNIE CIVIL ET ARCHITECTURE

DÉPARTEMENT : GÉNIE CIVIL

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : Abdi Mohamed Saadi

DOMAINE : TECHNOLOGIE

FILIERE : GÉNIE CIVIL

OPTION : VOIES ET OUVRAGES D'ART

Thème

**ANALYSE DU COMPORTEMENT STRUCTUREL ET
RENFORCEMENT DE LA CHAUSSÉE DU TRONÇON
ROUTIER "KHAT EL OUED" DANS LA VILLE DE
LAGHOUCAT SUITE AU DÉBORDEMENT DE OUED M'ZI
DU 29 AU 30 SEPTEMBRE 2016.**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	qualité
M ^r Ziregue Ahmed	M.C.B	Président
M ^r Alloui Yousri	DIRECTEUR LTPS	Examineur
M ^{me} F.Boulaghman	M.A.A	Rapporteur

Promotion : Juin - 2018

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, Je tiens à remercier Dieu tout Clément et Miséricordieux de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Mes plus grands remerciements vont à M^{me} Boulaghmen, ma Promotrice, pour m'avoir guidé pour l'accomplissement de cette étude et le soutien scientifique et morale qu'elle m'a apporté.

Mes remerciements s'adressent également aux membres de jury M^r Ziregue Ahmed et M^r Alloui Yousri pour avoir accepté et pris la peine d'examiner ce mémoire de fin d'étude.

Je suis reconnaissant envers l'ensemble des enseignants du département de Génie Civil, spécialité travaux publics de l'Université Amar Telidji de Laghouat d'avoir contribué à ma formation avec beaucoup de dévouement et de compétence.

Un grand merci pour M^r Mahboubi Attalah ; l'ingénieur de le DTP de Laghouat de m'avoir ouvert ces services et de m'avoir accordé de son temps précieux afin de faire ce travail de fin d'étude.

Mes remerciements vont également à tous ceux et celles qui de près ou de loin m'ont apportés aide et encouragements durant toute la période de préparation de ce projet de fin d'étude.

Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

عنوان المذكرة : التحليل الهيكلي وتعزيز طريق " خط الواد " بمدينة الأغواط جراء فيضان وادي مزي من 29 إلى 30 سبتمبر 2016

المؤطر: ف. بولغمان

الإسم: محمد سعدي

اللقب: عدي

ملخص : إن هذا المشروع يعالج إشكالية هامة تتمثل في : طرق تعزيز هيكل الطريق، نتيجة التدهور الكبير الذي تعرّض له هذا المقطع من الطريق الذي يحيط بمدينة الأغواط والمخصّص أساسا لمركبات للوزن الثقيل . لقد تعرّض هذا الطريق لأضرار كبيرة جراء فيضان " وادي مزي " وذلك يومي : 29 إلى 30 سبتمبر سنة 2016 . و من جهة ثانية اهتمّ بإصلاح شبكة الصّرف الصحي قصد تحسين وضعية سكان المنطقة المحاذية للوادي .

لقد أنجز هذا العمل مقسّمًا إلى مجالين : تهدف دراسات المجال الأول إلى التحليل الهيكلي للطريق الموجود، من أجل التدخل المناسب . وينقسم هذا المجال بدوره إلى ثلاثة فصول : أما الفصل الأول فيشمل تقريرا حول التدهور، أما الثاني فاهتمّ بتحليل المواد في المخابر، أما الفصل الثالث فتمثّل في دراسة التصميم و التعزيز وذلك بالاستعانة بالبرنامج الحسابي " بيست 5.05 " . هذا عن المجال الأول أما المجال الثاني فيخصّص أساسا لأعمال الصرف الصحي .

كلمات مفتاحية : التعزيز ، التدهور، البنية التحتية، التصميم، الطريق "بيست 5.05"، الصرف الصحي .

Memory title : Structural Analysis and Pavement Reinforcement of 'KHAT EL OUED' Road in Laghouat city, following the overflow of Oued M'zi from the 29th to the 30th September 2016 .

Name : Abdi

First name : Med Saadi

Directed by : M^{me} F. Boulaghmen

Abstract : This final study project is about the problematic of the global reinforcement of the causeway of the tragical heavy deterioration of this roadly section which heavy trucks bypass road of Laghouat city and specially near the river of Oued M'zi. The goal of sewerage network rehabilitation is to improve the duration life and toughness quality of the road. The work is developed in two parts. In the first part, the studies carried are intended to analyze the structural behavior of the existing roadway in order to adopt the appropriate type of intervention; this part is divided into three chapters: the campaign of degraded construction materials in the site. The analysis of the materials in the laboratory gave use the design and reinforcement study with the help of software Piste5.05, the second part of this project mainly concern sanitation works carried out in this part .

Key words: Degradation, Dimensioning, Infrastructure, Piste5.05, Reinforcement, Road, Sanitation.

Titre du mémoire : Analyse du Comportement Structurel et Renforcement de la Chaussée du Tronçon Routier 'KHAT EL OUED ' dans la Ville de Laghouat suite au Débordement de Oued M'zi du 29 au 30 Septembre 2016 .

Nom: Abdi

Prénom: Med Saadi

Promotrice: M^{me} F. Boulaghmen

Résumé : Ce projet de fin d'étude a pour problématique le renforcement globale du corps de chaussée qui, à l'origine, a subit de fortes dégradations de ce tronçon routier stratégique contournant la ville de Laghouat et destinée aux véhicules lourds et qui a subis des dommages considérable après le débordement d'Oued M'zi du 29 au 30 Septembre 2016 et La réfection du réseau d'assainissement afin d'améliorer la qualité de vie des riverains, qui souffre de la dégradation de cette infrastructure. Le travail a été élaboré en deux parties. Dans la première partie consiste à la réalisation de l'étude elle même et qui a pour but l'analyse et le comportement structurel de la chaussée existante. Afin d'adopter le type d'intervention adéquat de réparation et renforcement. Cette partie regroupe trois chapitre : la campagne de relevé des dégradations, l'analyse des matériaux au laboratoire et en fin l'étude de dimensionnement et de renforcement à l'aide du logiciel de calcul Piste5.05. La seconde partie de ce projet concerne essentiellement les ouvrages d'assainissement à réalisé sur ce tronçon routier.

Mots clés : Assainissement, Dégradation, Dimensionnement, Infrastructure, Piste5.05 Renforcement, Route.

Dédicace

Tout d'abord je tiens à remercier le bon Dieu tout Miséricordieux qui m'a donné la santé et le courage pour accomplir ce sujet de mémoire de fin d'étude et d'aboutir à ces résultats d'un travail laborieux sur terrain.

Je dédie ce modeste travail :

- A la plus belle étoile qui puisse exister à mes yeux dans l'Univers tout entiers... ma très Chère Mère ;*
- A mon père le plus beau de tous, le père le plus bon et le plus généreux de tous les pères... mon très Cher Père Omar ;*
- A ma grande mère et mon grand père adorés ;*
- A ma tante Mebaraka spécialement ainsi que mes oncles, tantes, cousins et cousines ; A toute ma famille ;*
- A mes collègues et amis: Djekaoua , Bensaha , Daoudaoua, Amar, Yacine, Abdeldjalil, Abdelhak et A toute la promotion de VOA 2018 ainsi que tous les Enseignants du département de Génie-Civil.*
- A tous mes cher amis : Amine, potchi, Mounir, Hamza, Delassi, Djamel, Ahmed, Bachir, Abdou, Ayoub, Malik et mes amis d'enfance de Hassir'mel.*

إن الذين نحبهم و نعزهم مكانتهم ليست بين الأسطر و الصفحات، لأن مقامهم أجلّ و أعلى فالقلوب

سكناهم و الذكري ذكراهم، و الفؤاد لن ينساهم..

TABLES DES MATIERES

CHAPITRE I

1.Introduction	2
2.Définition du terme route	2
3.Classification technique des routes	2
4.Les différentes parties de la route	2
5.Les différentes étapes de la construction des routes	3
6.Définition des chaussées	4
7.Constitution des structures de chaussée	4
8.Les différents types de chaussée	4
8.1 Chaussées souples	5
8.2 Chaussées rigides	6
8.3 Chaussées mixtes	7
9. Dimensionnement des structures de chaussées	8
9.1 Les Méthodes Empiriques	9
10. Géométrie des chaussés.....	13
10.1 Tracé en plan	13
10.2 Profil en long	18
10.2.2Raccordements en Profil En Long.....	19
10.3 Profil en Travers	21
11.Pathologie et entretien	22
12. Conclusion	26

CHAPITRE II

1. Introduction	27
2. Présentation du site	27
3. Expertise de tronçon routier "KHAT EL OUED"	30
3.1 Introduction	30
3.2 Objectif de l'étude d'expertise	30
3.3 Recueil des données	31
4. Conclusion	43

CHAPITRE III

1. Etude Géotechnique	44
1.1 Introduction	44
1.2 Les moyens de la reconnaissance	44
1.3 Les essais de laboratoire	45
1.3.1 Analyse granulométrique	45
1.3.2 Equivalent de sable	47
1.3.3 Limites d'Atterberg	48
1.3.4 Essai Proctor.....	49
1.3.5 Essai C.B.R (California Bearing Ratio)	51
2. Etude du trafic	53
2.1 Introduction	53
2.2 Analyse du trafic	54
2.3 Différents type de trafics	54
2.4 Modèles de présentation de trafic	54
2.5 Notion de Capacité de la route	55
2.5.1 Définition	55
2.5.2 Trafic à un horizon donné	56
2.5.3 Trafic effectif	56
2.5.4 Débit de pointe horaire normal	57
2.5.5 Débit horaire admissible	57
3. Application au projet	57
4. Dimensionnement de la chaussée avec la méthode de C.B.R	61
5. Assainissement	63
5.1 Introduction	63
5.2 L'objectif de l'assainissement	64
5.3 Assainissement de la chaussée	64
5.3.1 Fossé de pied du talus de déblai	65
5.3.2 Fossé de crête de déblai	65
5.3.3 Fossé de pied de talus de remblai	65
5.3.4 Drain	65
5.3.5 Descentes d'eau	65
5.4. Définition des termes hydrauliques	66
6. Application au projet	67
7. Conclusion	68

CHAPITRE IV

1. Introduction	69
2. Présentation de Piste 5	69
2.1 Fichier	70
2.2 Affichage	70
2.3 Outils	70
2.4 Application de la fonction point d'interrogation(?,Aide)	71
3. Un projet Piste	71
3.1 Terrain naturel	71
3.2 Projet	71
4. Interface utilisateur	72
4.1 Les opérateurs spécifiques	72
5. Application du tronçon routier au logiciel Piste5.05	73
5.1 Définition de l'étape conception plane (.dap)	74
5.2 Réalisation de l'étape conception longitudinale (.dpl)	76
5.3 Définition de l'étape création profil en travers type (.typ)	77
5.4 Réalisation de l'étape conception transversale (.pis)	82
6. Analyse des résultats obtenues	84
7. Conclusion	85

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I

Figure I.1:	Parties d'une route	3
Figure I.2:	Coupe type d'une structure de chaussée et terminologie des différentes couches	4
Figure I.3:	Couches d'une chaussée souple	6
Figure I.4:	Couches d'une chaussée rigide	7
Figure I.5:	Couches d'une chaussée mixtes	7
Figure I.6:	Différents types de chaussées	8
Figure I.7:	Elément de la clothoïde	16
Figure I.8:	Courbe convexe/concave	18
Figure I.9:	Éléments constitutifs du profil en travers normal	22
Figure I.10:	Classement des dégradations	26

CHAPITRE II

Figure II.1:	Situation géographique de la wilaya	28
Figure II.2:	Site géographique de projet	29
Figure II.3:	Site géographique d'Oued M'zi	30
Figure II.4:	La crue centennale de Oued M'zi et l'effondrement du pont de Sidi Hakoum	32
Figure II.5:	Dégât Oued M'zi 2016	32
Figure II.6:	Dégât Oued M'zi 2016	32
Figure II.7:	Dégât Oued M'zi 2016	33
Figure II.8:	L'effondrement du Mur en Gabionnage	33
Figure II.9:	L'effondrement du Mur en Gabionnage	34
Figure II.10:	La composition du trafic de la route de "KHAT EL OUED"	36
Figure II.11:	Fissures transversales	37
Figure II.12:	Fissure en piste de roues	38
Figure II.13:	Fissures en carrelage	38
Figure II.14:	Désenrobage et arrachement	39
Figure II.15:	Nid-de-poule	39
Figure II.16:	Le sondage sous chaussée	40
Figure II.17:	Carotte N° 01	41

Figure II.18: Carotte N° 02	41
Figure II.19: Carotte N° 03.....	42
Figure II.20: Carotte N° 04	42
Figure II.21: Carotte N° 05	42
Figure II.22: Carotte N° 06	42

CHAPITRE III

Figure III.1: Appareil de tamisage	46
Figure III.2: Essai Equivalent de sable	47
Figure III.3: Compacteur automatique	50
Figure III.4: courbe Proctor modifié ordinaire	51
Figure III.5: Essai CBR	52
Figure III.6: Essai CBR Imbibition	52
Figure III.7: représentation des épaisseurs des différentes couches selon <i>CBR</i>	62
Figure III.8: L' emplacement des ouvrages d'assainissements	66

CHAPITRE IV

Figure IV.1: Tracé en plan	74
Figure IV.2: La tabulations de l'axe	75
Figure IV.3: L'interpolation des profils	76
Figure IV.4: Profil en long	77
Figure IV.5: Plate forme	77
Figure IV.6: Schématisation de la plate forme	78
Figure IV.7: Déblais	78
Figure IV.8: Remblais	79
Figure IV.9: La couche d'assisse	80
Figure IV.10: La couche de forme	80
Figure IV.11: La couche de base	81

Figure IV.12: Demi Profil en travers type .	81
Figure IV.13: Information sur notre fichier Piste	82
Figure IV.14: Le calcul de devers	83
Figure IV.15: Le calcul du projet	83
Figure IV.16: Profil en travers	84
Figure IV.17: Le calcul des cubatures	85

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I

Tableau I.1: Comparaison (empirique/ rationnelle)	9
Tableau I.2: Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau	11
Tableau I.3: le devers en fonction de la vitesse	19
Tableau I.4: Traitements des déformations	23
Tableau I.5: Traitements des fissures	24
Tableau I.6: Traitements des arrachements	25
Tableau I.7: Traitements des remontées	26

CHAPITRE II

Tableau II.1: La constitution du trafic	35
Tableau II.2: Description du matériau prélevé	37
Tableau II.3: Les points de carottage	38

CHAPITRE III

Tableau III.1: Résultats de l'essai Analyse Granulométrique	46
Tableau III.2: Spécification de ES pour la construction des chaussées	48
Tableau III.3: Tableaux des résultats de l'essai	48
Tableau III.4: les résultats de l'essai Proctor modifié ordinaire	51
Tableau III.5: les conditions Proctor optimum.....	51
Tableau III.6: Classement des sols selon C.B.R	53
Tableau III.7: Coefficient d'équivalence P	57
Tableau III.8: Coefficient lié à l'environnement (valeur de K1)	58
Tableau III.9: Coefficient de réduction de capacité (valeur de K2)	58
Tableau III.10: Valeur de la capacité théorique	58
Tableau III.11: Les résultats des calculs	61
Tableau III.12: Epaisseur de la chaussée	62

CHAPITRE IV

Tableau IV.1: Les opérateurs spécifiques de l'utilisateur de Logiciel Piste5.05	72
Tableau IV.2: Les mots-clés de l'utilisateur de Logiciel Piste5.05.....	73

A decorative border with a repeating geometric pattern of interlocking squares and lines, rendered in a light blue color, frames the entire page.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dans le contexte équipement et développement d'un pays, il est toujours cité le secteur du transport. Au fait, il constitue une base dans le plan de développement du pays et de la croissance économique. Comme étant un secteur stratégique sur les plans économique et social, le secteur du transport est un secteur concourt à la satisfaction des besoins essentiels de la population et impulse et conforte le reste de l'économie du pays, dont il constitue un véritable noyau, comme cela a été le cas dans l'histoire des pays actuellement développés ou en voie de développement tel que l'Algérie.

En Algérie le transport routier joue un rôle majeur dans la mesure où la route supporte plus de 80% du trafic de marchandise et voyageurs. Afin de fluidifier le trafic l'état a opté pour un programme portant sur la réalisation des tracés routiers neuf et des mises a niveau des routes existantes permettant de contourner les grandes villes. C'est dans ce contexte qu'on peut classer notre projet de fin d'étude et qui consiste à l'analyse du comportement structurel et de renforcement de la chaussée du tronçon routier « KHAT EL OUED » et qui représente un tronçon routier de la RN1 permettant de contourner la ville de Laghouat. Sachant qu'il existait au préalable, le débordement d'Oued M'zi du 29 au 30 Septembre à causé de grave détérioration de celle-ci.

Ce mémoire comporte quatre chapitres :

- Le premier chapitre porte sur des généralités sur le projet ;
- Un deuxième chapitre qui introduit les connaissances du site étudié ainsi que tous les paramètres qui interviennent dans la problématique de réparation et renforcement ;
- Le troisième chapitre consiste à l'analyse des matériaux in-situ au laboratoire afin de définir les renforcements à entreprendre ;
- Le quatrième chapitre englobe le dimensionnement et le calcul par le Logiciel Piste 5.05. et enfin une analyse et discussion des résultats obtenus à été établis afin de concrétiser ce travail dans un avenir proche.

A decorative border with a repeating geometric pattern of interlocking squares and lines, framing the entire page.

CHAPITRE I

GÉNÉRALITÉ

1. Introduction:

Actuellement, la route est un élément indispensable à la vie humaine. La liberté, l'échange, la culture et le loisir qui passent aussi par la voiture. Il convient toujours de se poser la question de savoir si ce qui est fait est juste pour assurer le devenir. Il est important d'avoir une démarche « route et développement durable ».

Pour répondre aux exigences de confort et de la sécurité, la réalisation d'une route exige des compétences nombreuses et variées . Ces conceptions impose bien des études préalables pour définir : nombre de voies, dimensions et différentes structures de la chaussée ;les caractéristiques de la couche de surface .Sa réalisation fait appel à des techniques, des matériaux et des matériels spécifiques . Fréquentée par des millions de conducteurs, la route demande aussi un entretien permanent et une assistance constante à l'utilisateur[30].

2. Définition du terme route :

Le terme route vient de l'appellation romaine ‘ via rupta ‘ qui signifie une voie aménagée. Au sens littéral, on peut définir une route comme étant une voie terrestre aménagée pour permettre la circulation de véhicules à roues. Ce terme s'applique plutôt aux voies importantes situées en rase campagne [14]. Dans les pays vastes et peu peuplés, à la fin du 20^{ème} siècle, de nombreuses routes étaient encore des pistes de cailloux ou de sol damé [15].

3. Classification technique et administratif des routes :

En Algérie, les routes sont classées d'un point de vue administratif d'après leur liaison d'un point de vue technique d'après la vitesse de référence [14] :

Catégorie exceptionnelle $V_r = 120$ KM/H , Catégorie1 $V_r = 100$ KM/H , Catégorie 2 $V_r = 80$ KM/H , Catégorie 3 $V_r = 60$ KM/H , Catégorie 4 $V_r = 40$ KM/H ;

Chemins communaux (CC) , Chemins de wilaya (CW) , Routes nationales (RN) , Autoroutes .

4. Les différentes parties de la route :

Une route est généralement constituée d'une plateforme qui est la surface horizontale située plus haut que le terrain environnant, d'une chaussée qui est la partie médiane réservée à la circulation des véhicules, d'un fossé qui est un canal servant à

l'évacuation des eaux, d'un accotement qui est l'espace entre la chaussée et le fossé, et des différentes couches inférieures de la route [10].

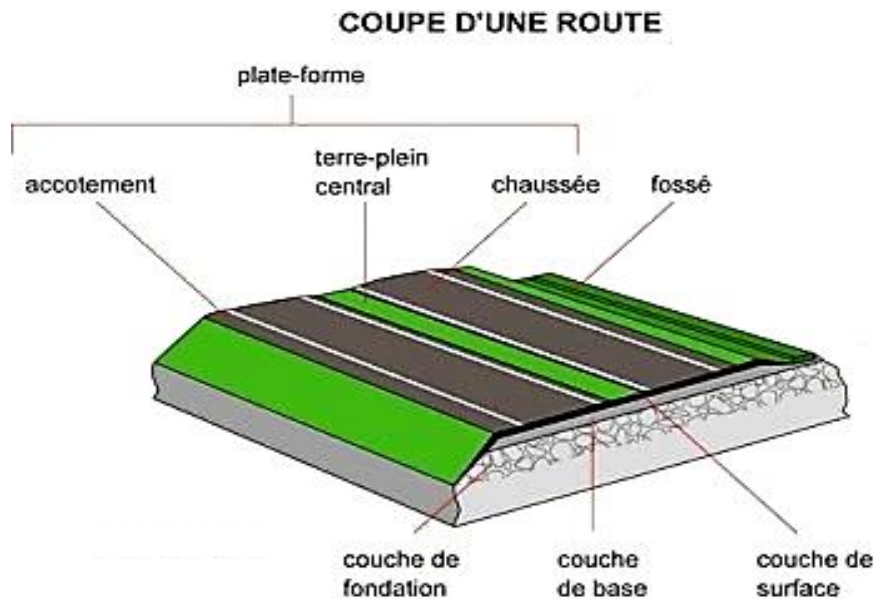


Figure I.1 : Parties d'une route[10].

5. Les différentes étapes de la construction des routes :

La nécessité et le besoin de la construction d'une route commence par englober tous les besoins allant de la nécessité de construire une route jusqu'aux caractéristiques voulues (points de départ et d'arrivée, nature de la route, matières utilisées) ;

L'Étude du plan: concerne l'étude de la carte géographique où la route doit passer, et la définition des caractéristiques du terrain et le choix du meilleur itinéraire possible ;

Le terrassement: dans la phase de préparation du terrain, plusieurs tâches sont réalisées, comme le comblement des trous, le rangement des bosses . . . ;

L'arase du terrassement : afin d'obtenir une surface plane ;

Construction de la couche de forme : c'est la couche de transition, elle a deux fonction intermédiaire entre la couche supérieure et le sol qui participe dans le comportement mécanique de la chaussée ;

Construction de la couche d'assise : elle apporte la résistance nécessaire aux charges. Elle est composée elle aussi en deux couches : la couche de base et la couche de fondation ;

Construction de la couche d'accrochage : la liaison entre la couche d'usure et la couche de forme. Elle est réalisée par une émulsion de bitume ;

Application de la couche de roulement (d'usure) : revêtement supérieur de la couche de surface. Elle assure le confort, la sécurité aux usagers de la route, et l'étanchéité du revêtement[22] .

Le réseau routier d'un pays est un actif majeur du patrimoine national qui représente un effort d'investissement très important. Il contribue au développement économique et à la croissance du pays ,Les routes, plus que beaucoup d'autres actifs nécessitent toutefois une attention continuelle pour lutter contre leur dégradation [10] .

6. Définition des chaussées :

Géométriquement une chaussée est la surface spécialement aménagée sur le sol sur laquelle circulent les véhicules en tout temps dans les conditions optimales de confort et de sécurité[7]. D'autre part au sens structurel une chaussée c'est l'ensemble des couches des matériaux superposés et mises en œuvre de façon à permettre la reprise des charges extérieures[14] .

7. Constitution des structures de chaussée :

Une chaussée routière se présente comme une structure composite réalisée par empilements successifs de couches de matériaux granulaires, le tout reposant sur un sol support [11] .

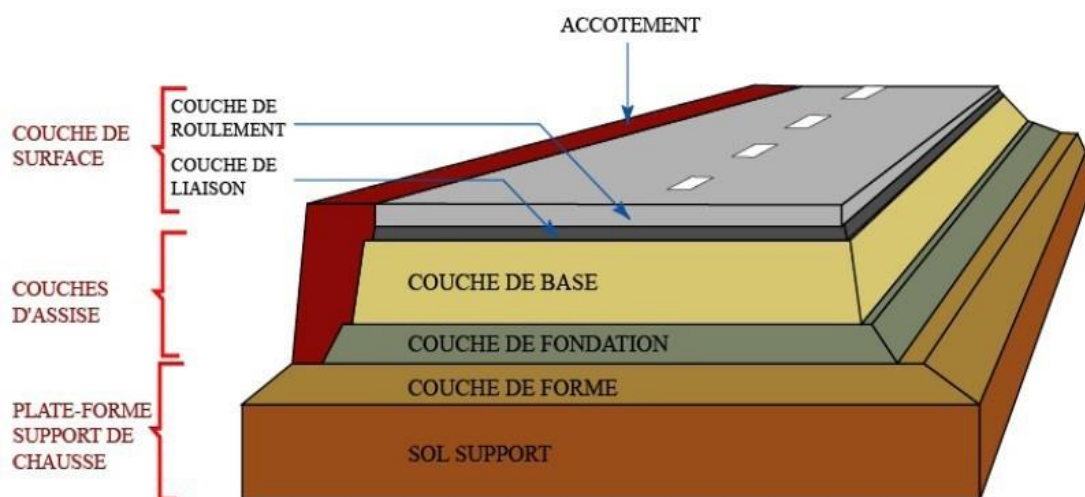


Figure I.2 : Coupe type d'une structure de chaussée et terminologie des différentes couches [11].

En général, une chaussée comporte une seule couche de surface appelée couche de roulement .cette couche doit supporter les agressions de dégradation rapide. Une

couche de liaison peut être intercalée entre la couche de roulement et le corps de chaussée.

Une couche de base située immédiatement sous la couche de surface forme avec la couche de fondation, le corps de chaussée.

Le corps de chaussée, (couche de base et couche de fondation), reposent sur le sol support, doit transmettre à ce dernier, en les répartissant, les agressions verticales, sans déformations irréversibles trop importantes et également sans dégradation (fatigue prématurée).

Une couche de forme et parfois une sous – couche de forme peuvent être interposées entre couche de fondation et le sol support, la couche de forme sert à la protection de la forme des terrassements (sol support) contre les intempéries, de piste de circulation pour les engins de chantier et de facteur d'amélioration de l'uni et de la portance de sol support.

Le rôle de la sous –couche peut être l'anticondensation, l'anti capillarité ou le drainage. On peut remarquer qu'à l'exception de la couche de base, une ou plusieurs des couches citées peuvent être supprimées dans certains chaussés[3].

8. Les différents types de chaussée :

Il existe une grande diversité de chaussées. Ainsi, le choix d'un type de chaussée peut être fonction de la durée de vie de la route, des sollicitations auxquelles la dite chaussée sera soumise après mise en service, et/ou coût de réalisation. Il paraît utile de faire la distinction entre les différentes natures des structures de chaussées que l'on peut classer en trois principales familles [11] :

8.1 Chaussées souples :

Ces structures comportent une couverture bitumineuse relativement mince (inférieure à 15cm), parfois réduite à un enduit superficiel pour les chaussées à très faible trafic, reposant sur une ou plusieurs couches de matériaux granulaires non traités. L'épaisseur globale de la chaussée est généralement comprise entre 30 et 60 cm.

La couverture bitumineuse, représentant la couche de roulement, a pour fonction de supporter les efforts de cisaillement dus au trafic, de réduire les infiltrations d'eau dans les couches inférieures et de constituer une surface de roulement plane et suffisamment rugueuse pour assurer l'adhérence pneu-chaussée.

La couche de base a en premier lieu une fonction de répartition des efforts verticaux et longitudinaux dus au trafic, afin d'éviter des déformations excessives de la fondation. Son épaisseur dépendra essentiellement des charges de trafic, de la portance du sol et de la fondation ainsi que de la résistance des matériaux qui la composent.

En règle générale, la couche de fondation est constituée de grave roulée ou concassée à granulométrie continue, d'une teneur en fines faible. L'épaisseur minimale de la fondation en grave est imposée par la nécessité d'assurer le passage des véhicules de chantier (min. 20 cm). L'épaisseur totale de la couche doit être au moins égale à trois fois le diamètre du plus gros grain[9].

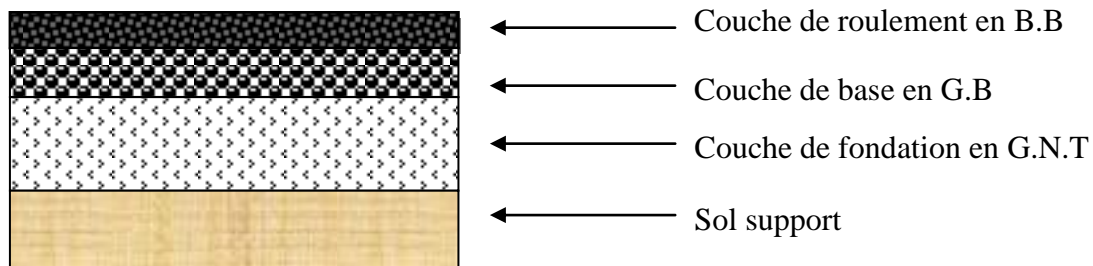


Figure I.3 : Couches d'une chaussée souple[5].

8.2 Chaussées rigides :

Ces structures comportent une couche de béton de ciment de 15 à 40 cm d'épaisseur. La couche de béton repose soit sur une couche de fondation (qui peut être en matériaux traités aux liants hydrauliques, en béton de ciment), soit directement sur le support de chaussée.

Dans le cas d'une chaussée neuve à faible trafic, la couche de fondation n'est pas nécessaire. La dalle en béton de ciment peut ainsi être réalisée directement sur l'arase terrassement ou sur la plate-forme support de chaussée.

La dalle en béton répartit les efforts dus aux charges de circulation sur une large surface. Elle fléchit élastiquement. L'épaisseur de la couche doit être choisie de sorte qu'elle puisse réduire les risques de fissuration durant la phase de prise du béton et de flambage par température élevée. Sur un sol support très déformable et peu

homogène, la dalle en béton ne peut pas suivre les mouvements de déformation en raison de sa rigidité ; la flexion devient trop forte et peut entraîner des fissures et des ruptures [9] .

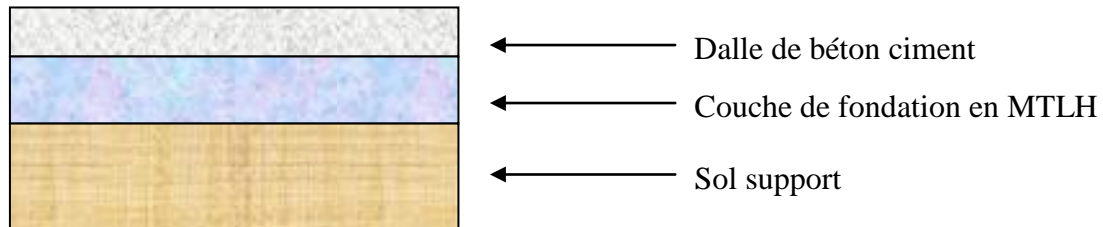


Figure I.4 : Couches d'une chaussée rigide[5] .

8.3 Chaussées mixtes :

Qualifiées couramment de chaussées "semi-rigide", elles comportent une couche de surface bitumineuse sur une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques disposés en une couche (base) ou deux couches (base et fondation) dont l'épaisseur totale est de l'ordre de 20 à 50 cm[9].

Chaque couche des structures mixtes a un rôle différent des autres couches.

La couche de matériau traité aux liants hydrauliques placée en fondation constitue un support de faible déformabilité pour les couches bitumineuses supérieures. Elle diffuse et atténue, du fait de sa raideur élevée, les efforts transmis au sol support. Quant aux couches bitumineuses, elles ont plusieurs rôles : elles assurent les qualités d'uni et de continuité que ce type de matériau permet ; grâce à leur épaisseur, elles servent à ralentir la remontée des fissures transversales de la couche de matériaux traités aux liants hydrauliques ; elles réduisent les contraintes de flexion à la base de la couche de fondation[12] .

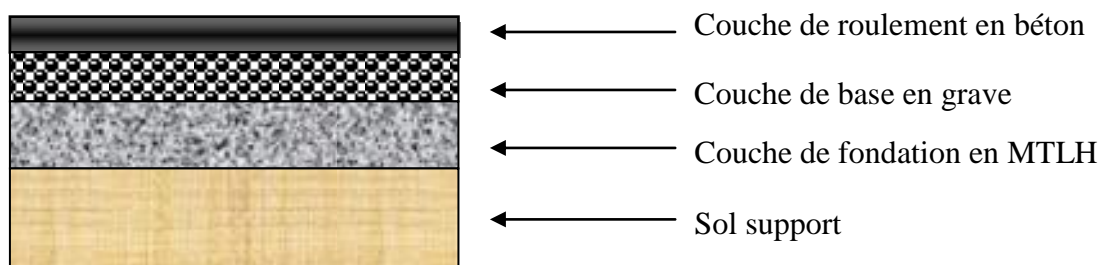


Figure I.5 : Couches d'une chaussée mixtes[5].

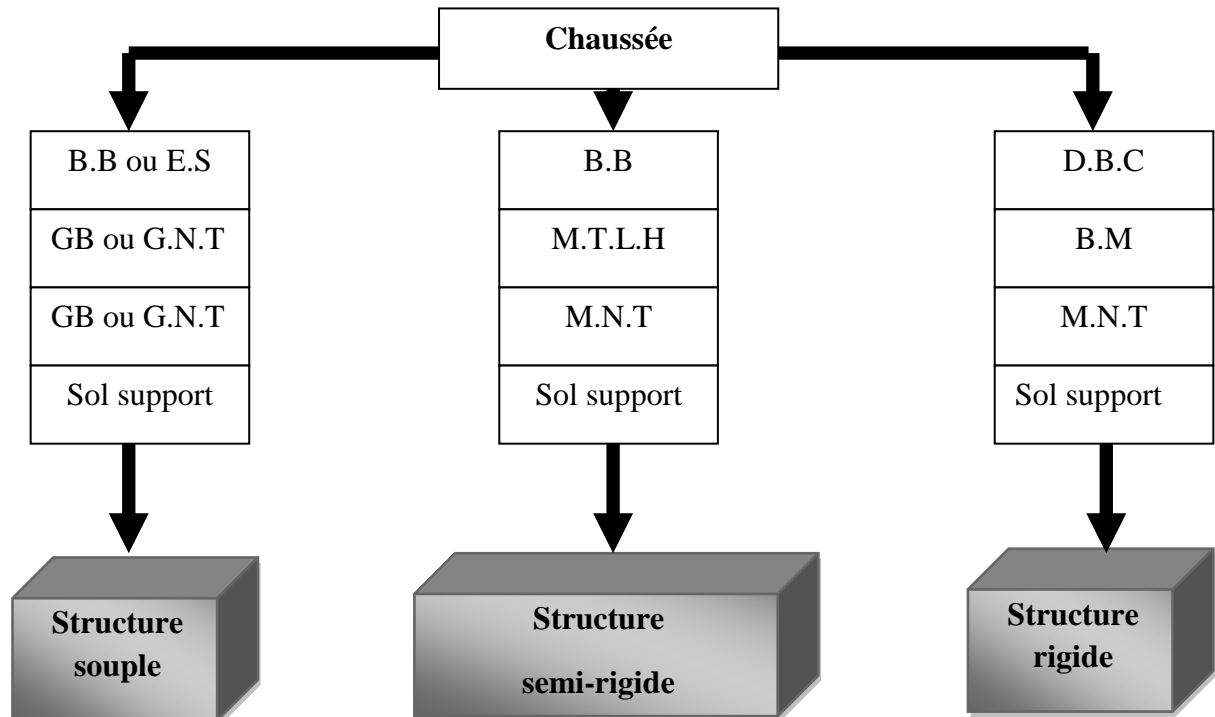


Figure I.6 : Différents types de chaussées[12].

9. Dimensionnement des structures de chaussées :

Le dimensionnement est basé sur la connaissance d'un certains paramètres fondamentaux liés au[12] :

- Le trafic ;
- Le climat ;
- Le sol support ;
- Les matériaux.

Le dimensionnement routier consiste en langage simple à déterminer les épaisseurs et la qualité des matériaux routiers afin de s'assurer que les contraintes et les déformations induites par les sollicitations susceptibles de détruire la structure de chaussée, restent inférieures à des proportions raisonnables[3]. Pour la réalisation des différentes structures de route, plusieurs modèles de dimensionnement ont été élaborés suivant deux méthodes[7] :

1/Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.

2/Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées[23].

Tableau I.1 : Comparaison (empirique/ rationnelle)[3] .

	Avantages	Inconvénients
L'approche empirique	l'observation du comportement réel de chaussées existantes.	- elle est très coûteuse en temps d'observation et en moyens. - elle ne permet pas de généraliser les résultats obtenus et les extrapolations sont assez hasardeuses.
L'approche rationnelle	-offrant le support théorique Nécessaire. -permettre de généraliser le comportement sur les nouveaux matériaux.	donne des résultats assez éloignés de la réalité les modèles complexes sont assez délicats à manipuler.

De toutes les manières, le meilleur moyen de résoudre un problème de dimensionnement des Structures de chaussées serait sans doute de considérer les deux aspects de la théorie et de l'expérience en essayant de les concilier dans la mesure du possible au moyen du calage des résultats théoriques à partir d'observations effectuées sur des cas réels[3].

On va s'intéresser aux méthodes empiriques (les plus utilisées).

9.1 Les Méthodes Empiriques:

a) Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio) :

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15cm[1] .

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 [25] :

- Pour un trafic en voiture particulière : $TMJA \times 365 \times 1.5t < 100000 \text{ t/ans}$

$$e = \frac{100+150\sqrt{p}}{I_{cbr}+5} \text{ (cm)} \quad \text{I.1}$$

➤ Pour un trafic en voiture particulière : $TMJA \times 365 \times 1.5t \geq 100000$ t/ans

$$e = \frac{100 + (\sqrt{p})(75 + 50 \log_{10} \frac{TJMA}{10})}{I_{cbr} + 5} \text{ (cm)} \quad I.2$$

Avec:

e: épaisseur équivalente

I: indice CBR(sol support)

TJMA: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide.

$$TJMA = T_H \cdot \% PL \quad I.3$$

T_H : Trafics prévus pour une durée de vie de 15 ans.

$$T_H = \frac{T_0}{2} (1 + \tau)^m \quad I.4$$

T_0 : trafics actuel (v/j)

m : année de prévision

P: charge par roue $P = 6.5$ t(essieu 13 t)

Log: logarithme décimal

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3 \quad I.5$$

$c_1 \wedge e_1$: couche de roulement

$c_2 \wedge e_2$: couche de base

$c_3 \wedge e_3$: couche de fondation

Où: c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches .

Tableau I.2 : les coefficients d'équivalence pour chaque matériau[7].

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave bitume	1.20 à 1.70
Sable ciment	1.5
Grave concasse ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse et T.V.O	0.75
Sable	0.50
Tuf	0.60 à 0.9

b) Méthode A.A.S.H.O:(American Association of State HighwayOfficials) :

Cette méthode empirique est basée sur des observations du comportement, sous trafic des chaussées réelles ou expérimentales. Chaque section reçoit l'application d'environ un million des charges roulantes qui permet de préciser les différents facteurs [1]:

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

c) Méthode de ASPHALT INSTITUTE :

Elle basée sur les résultats obtenus des essais «AASHO », on prend en considération le trafic composite par échelle de facteur d'équivalence et utilise un indice de structure tenant compte de la nature des diverses couches[1]. L'épaisseur sera déterminée en utilisant l'abaque de l'asphalte institue.

d) Méthode Du catalogue des structures «SETRA »:

C'est le catalogue des structures type neuves et établi par «SETRA ».Il distingue les structures de chaussées suivant les matériaux employés (GNT, SL, GC, SB)[1].Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance, allant de 200 à

1500 Véh/J . Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation. Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

- Trafic cumulé de poids lourds à la **15^{ème}** année **T_j**.
- Les caractéristiques de sol (**S_j**).

e) La Méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées):

Cette méthode est dérivée des essais **A.A.S.H.O**, elle est basée sur la détermination du trafic équivalent donnée par l'expression[1] :

$$T_{eq}=[TJMA \cdot a [(1 + Z)^n - 1] \times 0.75 \times p \times 365] / [(1+Z) - 1] \quad \text{I.6}$$

T_{eq}= trafic équivalent par essieu de **13t**.

TJMA = trafic à la mise en service de la route.

a = coefficient qui dépend du nombre de voies.

Z = taux d'accroissement annuel.

n = durée de vie de la route.

p = pourcentage de poids lourds.

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente **e** (en fonction de **T_{eq}**, **ICBR**) à partir de l'abaque **L.C.P.C**.

L'abaque **L.C.P.C** est découpé en un certain nombre de zones pour lesquelles, il est recommandé en fonction de la nature et la qualité de la couche de base.

f) Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP):

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

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée[6].

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

- Approche théorique ;
- Approche empirique.

10. Géométrie des chaussées:

La chaussée est définie géométriquement par le tracé de son axe en plan et son profil en long et par le profil en travers. Ces caractéristiques sont déterminées de façon à correspondre à la solution la meilleure au point de vue économique mais elles doivent satisfaire certaines conditions minimales imposées par la nature et l'importance du trafic prévu.

10.1 Tracé en plan :

10.1.1 Définition :

Le tracé en plan est une projection horizontale sur un repère cartésien topographique (schématisé par des courbes de niveau) de l'ensemble des points définissant le tracé de la route. C'est la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route, il est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes ; il est caractérisé par la vitesse de référence appelé ainsi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier [7] .

Le raccordement entre les alignements droits et les courbes entre elles d'autre part ; elle se fait à l'aide de **Clothoïdes** qui assurent un raccordement progressif par nécessité de sécurité et de confort des usagers de la route[1] .

10.1.2 Règles à respecter dans le tracé en plan :

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

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Le raccordement de 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 et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologique.

- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé [1] .

10.1.3 Les éléments du tracé en plan.:

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments[7] :

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

a) Les Droites du tracé en plan :

La droite est l'élément géométrique le plus simple, mais les grands alignements droits sont très déconseillés. La longueur maximale d'un alignement ne dépasse pas la longueur parcourue par la vitesse de base durant une minute[7]. La cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment [4] :

- De nuit, éblouissement prolongé des phares.
- Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents.
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.

Il existe toutefois des cas où l'emploi d'alignement se justifie[7] :

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

Donc la longueur des alignements dépend de[6] :

- La vitesse de base, plus précisément de la durée du parcours rectiligne
- Des sinuosités précédentes et suivant l'alignement.
- Du rayon de courbure de ces sinuosités.

$$L_{\max} = \frac{60 \times V \left(\frac{\text{Km}}{\text{h}}\right)}{3.6} = 60 v \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \quad \text{I.7}$$

$$L_{\min} = \frac{5 \times V \left(\frac{\text{Km}}{\text{h}}\right)}{3.6} = 5V \text{ (m/s)} \quad \text{I.8}$$

b. Les arcs de cercle du tracé en plan:

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures [2] :

- Stabilité des véhicules en courbe.

L'équilibre des forces agissant sur le véhicule nous amène à la conclusion suivante [4] :

$$R_{\min} \geq \frac{v^2}{130 (f_t + d)} \quad \text{pour } g = 10 \text{ m/s}^2 \quad \text{I.9}$$

$$R_{\min} = \frac{v_b^2}{127 (f_t + d)} \quad \text{pour } g = 9.81 \text{ m/s}^2 \quad \text{I.10}$$

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

c. Courbe de raccordement du tracé en plan:

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 et ça pour assurer [4] :

- La stabilité transversale du véhicule.
- La variation progressive des devers, et la courbure afin de respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique.
- Un tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

c.1 Types de courbe de raccordement:

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

c.1.1 Parabole cubique : est définie par l'équation : $y=c.x^3$.elle est peu utilisé et sa en raison de sa courbure vite atteint (utilisé sur tout dans le tracé de chemin de fer)[4] .

c.1.2 Lemniscate : est défini par l'équation est : $K.F=(1/R)$, sa courbe est proportionnelle à la longueur du rayon vecteur F.

c.1.3 Clothoïde : C'est une spirale dont le rayon de courbure décroît dès l'origine jusqu'au point asymptotique ou il est nul.

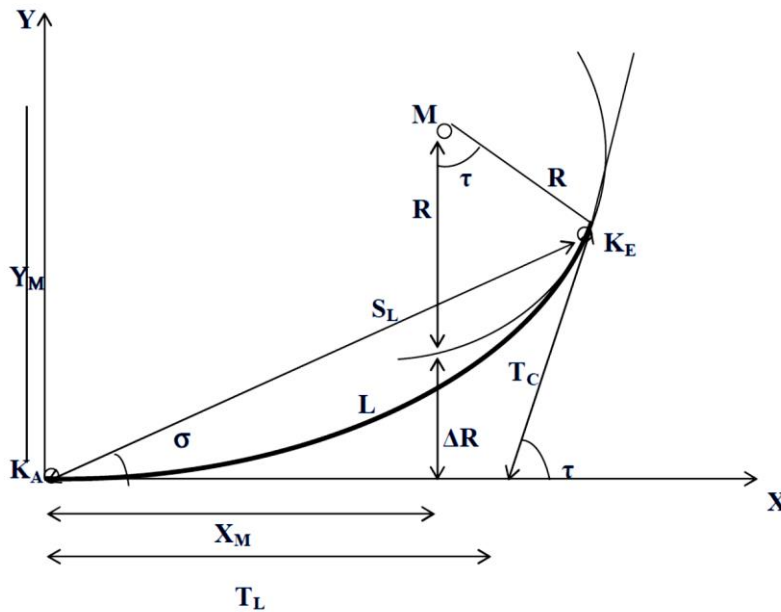


Figure I.7 : Élément de la clothoïde[4] .

R : Rayon du cercle.

L : Longueur de la branche de clothoïde.

A : Paramètre de la clothoïde.

KA : origine de la clothoïde.

KE : extrémité de la clothoïde.

DR : ripage.

t : Angle des tangentes.

TC : tangente courte.

TL : tangente longue

S : Angle polaire.

SL : corde KE –KA.

M : centre du cercle d'abscisse XM.

XM : abscisse du centre du cercle M a partir de KA.

YM : ordonnée du centre du cercle M à partir de KA.

Le choix d'une clothoïde doit respecter les conditions suivantes :

Condition de confort optique :

Elle permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels et pour cela la rotation de la tangente doit être supérieure à 3°.

$$A_{\min} = R/3 \text{ et } R > A \geq R/3 \quad \text{I.11}$$

Condition de confort dynamique :

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

D'où :

$$L = \left[\frac{V_r^2}{18} \left(\frac{V_r^2}{127R} - \Delta d \right) \right] \quad \text{I.12}$$

V_r : vitesse de référence en (Km /h).

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers.

Condition de gauchissement :

Elle se traduit par la limitation de la pente relative en profil en long du bord de la chaussée déversée.

$$L \geq (I \times \Delta d \times V_r) \quad \text{I.13}$$

L : Longueur de raccordement.

I : Largeur de la chaussée.

Dd : variation de dévers.

on peut vérifier la condition de gauchissement et de confort dynamique en

appliquons la formule :

Cette variation est limitée à 2% : $L \geq \frac{5 \times \Delta d \times V_r}{36} \quad \text{I.14}$

La vitesse de référence :

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

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

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

Notion de ripage :

La clothoïde se définit par le déplacement du Rayon R par rapport à l'AD : c'est ce qu'on appelle le Ripage ΔR .

10.2 Profil en long

10.2.1 Définition : Un profil en long est une coupe suivant un plan verticale passant par l'axe de la route de tracé en plan, développé et représentée sur un plan à une échelle [5]. Il se compose de segments de droite de déclivité en rampe et en pente et des raccordements circulaires, ou parabolique [6]. Ces pentes et rampes peuvent être raccordé entre elles soit par des angles saillants ou par des angles rentrants [14]. La courbe de raccordement la plus couramment utilisée est le parabolique qui facilite l'implantation des points du projet [25].

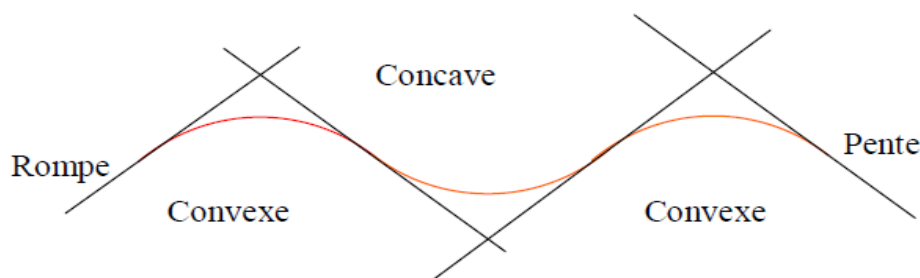


Figure I.8 : Courbe convexe/concave [5].

Il comprend deux lignes :

a. Le profil en long du terrain naturel (ligne noir) .

b. Le profil en long du projet (ligne rouge) .

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

Le profil en long est conçu en utilisant de grands rayons verticaux là où la topographie le permet.

L'aspect paysager est un élément fondamental pour le tracé. Le profil en long doit suivre autant que possible le terrain naturel en léger remblai, dans le but de minimiser l'impact sur l'environnement et ainsi limiter les perturbations de la nature. Relief chahuté avec des pentes de terrains naturels se situant plus souvent au-dessus de $i = 10\%$ (Tableau ci-dessous) .

Tableau I.3 : le devers en fonction de la vitesse [7] .

V(km/h)	40	60	80	100	120
i max(%)	8	7	6	5	4

10.2.2 Raccordements 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 raccordements[7] :

a. Raccordements Convexes (Angle Saillant):

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain d'une part, des distances d'arrêt et de visibilité d'autre part [2] . Les conceptions doivent satisfaire aux conditions suivantes [7] :

- de confort.

➤ de visibilité.

a.1 Condition de confort:

Lorsque le profil en long comporte une forte convexité, le véhicule subit une accélération verticale importante qui modifie sa stabilité et gêne les usagers[4].

La condition de confort consiste à limiter l'accélération verticale est représentée par la formule suivante[25] :

$$\frac{v^2 r}{R_V} \leq \frac{g}{40} \rightarrow R_V \geq \frac{40}{g} V_R^2 \text{ Pour (cat. 1, 2)} \quad \text{I.15}$$

$$\frac{v^2 r}{R_V} \leq \frac{g}{30} \rightarrow R_V \geq \frac{30}{g} V_R^2 \text{ Pour (cat. 3, 4, 5)} \quad \text{I.16}$$

Avec : $v = V/3.6$ et g (accélération de la pesanteur) = 10m/s^2 .

r étant le rayon de raccordement.

Donc :

$$R_{V \min} \geq 0.3 V_B^2 \text{ pour (cat. 1, 2)} \quad \text{I.17}$$

Pour notre cas le rayon vertical minimal correspondant à une vitesse de base ($V_B = 80\text{km/h}$) est de :

$$R_{V \min} \geq 0.3 V_B^2 \geq 1920 \text{ m} \quad \text{I.18}$$

b. Condition de visibilité:

La visibilité est assurée lorsque l'œil d'un conducteur aperçoit la partie supérieure de la voiture qui vient à sa rencontre ou s'arrêter[4]. Le rayon devrait assurer la visibilité d'un obstacle éventuel à une distance de manœuvre de dépassement d_l déterminée par la relation[25] :

$$R = \frac{d_1^2}{2(\sqrt{h_0+h_1})} \quad \text{I.19}$$

h₀: étant la hauteur de l'œil et **h₁** la hauteur de l'obstacle.

Pour les chaussées bidirectionnelles, les valeurs obtenues pour le rayon minimal absolu assurent pour un œil placé à 0.10m de hauteur la visibilité d'un véhicule de 0.20m de hauteur à la distance de visibilité de manœuvre de dépassement d_{md} .

$$R_{vm} = 0.09 \times d_{md}^2 \times V_r \quad I.20$$

b.1 Raccordement concave:

Dans un raccordement concave, les conditions de visibilité du jour ne sont pas déterminées mais par contre lorsque la route n'est pas éclairée, la visibilité de nuit doit être prise en compte [4].

10.3 Profil en Travers :

10.3.1 Définition :

un profil en travers est une coupe suivant un plan verticale et transversale . On distingue deux types de profils en travers [14] :

- Profil en travers en zone urbaine .
- En rase campagne .

10.3.2 Classification du Profil en Travers :

Ils existent deux types de profil [4] :

- Profil en travers type.
- Profil en travers courant.

a. Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes . Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations(remblais, déblais).L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

b. Le profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distance de 20 m.

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord

un profil unique appelé «profil en travers type» contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc...).

10.3.3 Les éléments de composition du profil en travers:

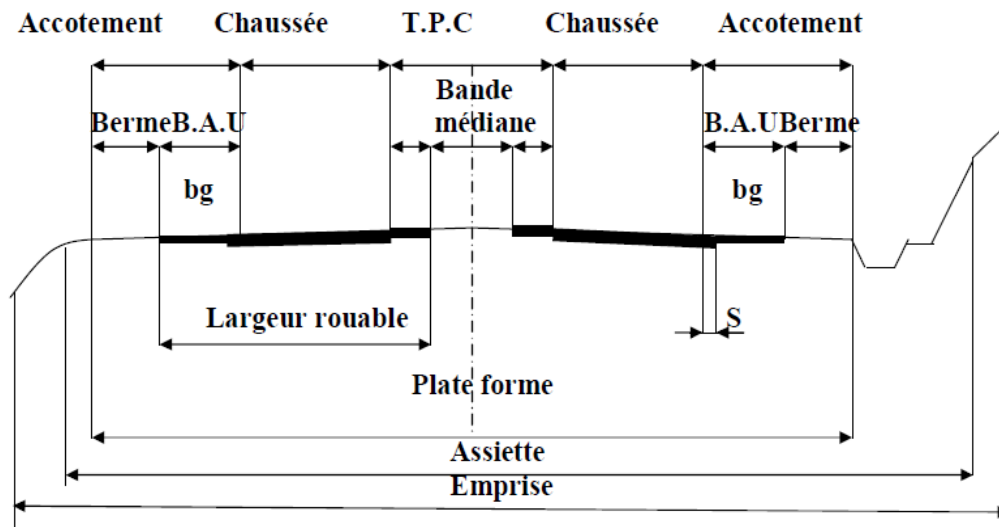


Figure I.9 : Eléments constitutifs du profil en travers normal[7] .

11.Pathologie et entretien :

Il existe un grand nombre de dégradations routières apparaissant sous certaines conditions (climat, trafic...). Les experts du domaine reconnaissent plus de 16 types différents de dégradations, parmi lesquelles nous citerons ci-dessous quelques unes.

Les dégradations les plus couramment rencontrées se classent en deux grandes familles : les dégradations structurelles et les dégradations superficielles. Les premières apparaissent au sein de la structure de chaussée ou de son support et mettent en cause le patrimoine. Les secondes prennent naissance dans la couche de surface de la chaussée et affectent d'abord ses qualités superficielles[19] .

Il existe quatre types de dégradations de surface : déformation , fissures , arrachements , remontées .

Tableau I.4 : Traitements des déformations [19] .

Dégradations	Description	Causes	Évolutions	Traitements
Affaissement de rives	Tassement de la chaussée en rive formant parfois une cuvette avec un bourrelet de matériaux sur le bord de la chaussée .	Fatigue de la chaussée due à épaisseur et/ou une mauvaise qualité des matériaux ou à un calage en rive insuffisant .	Apparition de faïençage et de bourrelet au droit de l'affaissement .	-Reprofilage . -Purge profonde en cas de présence d'argile -Vérifier drainage et assainissement .
Flache	Tassement en pleine chaussée , souvent arrondi .	Fatigue due à un défaut de portance localisé du sol(poche d'argile) ou à une mauvaise qualité localisé des matériaux d'assise .	Faiençage puis départ des matériaux formant un nid de poule .	-Flache de 2à5cm : purge sur l'épaisseur des matériaux désagrégés . -Flache >5cm : purge sur l'épaisseur. -Purge profonde en cas de présence d'argile . - Vérifier drainage et assainissement .
Orniérage	Tassement en pleine chaussée sous le passage des roues des véhicules dû a une fatigue de la chaussée par tassement des couches inférieures .	-Défaut de portance sol(orniérage de grand rayon). -Mauvaise stabilité d'un enrobé mou dans les fortes pentes, rampes ou zone de freinage (orniérage de petit rayon) .	-Faiençage dans les ornières et bourrelets (orniérage de grand rayon). -Augmentations de la profondeur (orniérage de petit rayon) .	-Orniérage de 2à5cm : pas d'entretien courant. -Orniérage > 5cm sans autre dégradations : reprofilage dans les ornières . -Orniérage lié à d'autres dégradations: relève de l'entretien programmé .

L'évolution caractéristique des chaussées souples traditionnelles comporte donc l'apparition de déformations permanentes (flaches, affaissements de rive et ornière à grand rayon) qui croissent en gravité (amplitude verticale) et en étendue, l'apparition d'une fissuration longitudinale dans les bandes de roulement, qui se ramifie, se dédouble et évolue vers un faïençage à mailles fines [3] .

La fissuration favorise les infiltrations d'eau qui amplifient la réduction de portance du support en période pluvieuse, donc aggravent les déformations permanentes, ces infiltrations d'eau accélèrent également l'évolution de la fissuration en provoquant l'épaufrure des bords de fissure, des arrachements puis des nids de poule [3] . En période de dégel, l'augmentation très rapide des déformations permanentes peut

conduire à la ruine de ce type de chaussée si des mesures de restriction du trafic poids lourds ne sont pas prises [3] .

Tableau I.5 : Traitements des fissures [19] .

Dégradations	Description	Causes	Évolutions	Traitements
Fissure longitudinale	Cassure de la couche de surface parallèle à l'axe de la chaussée Retrait du sol argileux	-Fatigue de la chaussée due à : *Une structure insuffisante vis-à-vis du trafic . *Une portance insuffisante du sol . -Défaut de construction .	Faïençage et désolidarisation des matériaux (trous) .	-Fissures fines < 2mm : pas d'entretien courant, suivre l'évolution . -Fissures larges > 2mm sans désordre secondaire : pontage à chaud avec mastic spécial . -Avec des désordres secondaires (faïençage, trous) : imperméabilisation localisée de surface .
Fissures transversale	Cassure de la couche de surface perpendiculairement à l'axe de la chaussée	-Retrait dû à la prise de l'assise traitée aux liants hydrauliques (la fissure remonte au travers de la couche de surface) . -Défaut de construction d'un joint de reprise d'enrobé .	D'abord fines, les fissures peuvent s'épaissir et évoluer vers des faïençages, flaches et désolidarisation de matériaux .	-Pas d'entretien courant (surtout pas d'imperméabilisation localisée à l'émulsion de bitume). -Pontage à chaud avec un mastic spécial dans le cadre d'une opération programmée .
Faïençage	Ensemble de fissures plus ou moins rapprochées formant un maillage	Fatigue de la couche de roulement ou de la chaussée due à : *Une structure insuffisante vis-à-vis du trafic . *Une portance insuffisante du sol .	-Ouverture progressive des fissures . -Arrachement des matériaux et déformation .	-Faïençage fin (fissures < 2mm) : pas d'entretien courant (imperméabilisation de surface inutile et même nuisible) . -Faïençage ouvert avec désolidarisation de matériaux : scellement et imperméabilisation de surface .

Une chaussée traverse, généralement, trois périodes de comportement lors de sa durée de vie :

- une période de compactage complémentaire par le trafic immédiatement après la mise en service.
- une période de comportement élastique caractérisée par des déformations réversibles pendant toute la durée de vie pour laquelle la chaussée a été dimensionnée.
- enfin, une période de fatigue sous l'action des sollicitations répétées du trafic. La dégradation de la chaussée survient alors assez rapidement avant

d'atteindre son stade ultime de ruine complète. A ce moment là, les déformations ne sont plus réversibles et leur amplitude augmente rapidement: la chaussée doit, alors, être renforcée.

Tableau I.6 : Traitements des arrachements [19] .

Dégradations	Description	Causes	Évolutions	Traitements
Nid de poule	Trou à la surface de la chaussée, stade final d'un faïençage ou d'un flache .	Désagrégation et désolidarisation de matériaux dus à : *Mauvaise qualité de la chaussée . *Une pollution par remontée d'argile dans le corps de la chaussée . *Une forte perméabilité de la couche de roulement .	- Augmentation des trous en nombre et en taille . -Ruine totale de la chaussée .	-Intervention d'urgence : bouchage avec enrobés à froid ou spéciaux conditionnés . -Intervention ultérieures si nécessaire : *Purge superficielle aux enrobés à chaud. *Imperméabilisation de surface .
Pelade	État d'un enduit présentant des manques par plaques .	-Pour les enrobés : trop faible épaisseur de la couche de roulement avec collage défectueux -Pour les enduits : *Mauvais collage du support . *Arrachement provoqué par le ressuage . *Surdosage de gravillons en première grille dans le cadre d'enduit superficiel .	Arrachement de la couche de surface .	-Sur enduit : pas d'entretien courant, sauf s'il y a d'autres dégradations . -Sur enrobés, surveiller : *Si la dégradation se généralise, pas d'entretien courant mais un entretien général par enrobé . *Sinon, bouchage aux enrobés adaptés avec couche d'accrochage en émulsion .
Plumage	État d'un enduit dont la mosaïque est rendue non jointive par la désolidarisation des granulats .	-Sous-dosage e, liant d'un enduit superficiel . -Mise en œuvre dans de mauvaises conditions atmosphériques . -Utilisation de gravillons sales -Compactage insuffisant . -Épandage de liant inadapté . -Remise trop rapide sous circulation .	Arrachement progressif de la totalité des gravillons .	-Pas d'intervention manuelle en entretien courant, surveiller l'évolution -S'il y a généralisation de plumage, les scellements de surface doivent être mécanisés .

Les chaussées évoluent et se dégradent essentiellement sous l'effet du trafic lourd et des conditions climatiques. La rapidité de cette évolution et les désordres qui apparaissent sont également liées à la nature et à l'épaisseur des matériaux utilisés et à leurs conditions de fabrication et de mise en œuvre . Certains désordres consécutifs à l'instabilité du support de la chaussée (remblai ou terrain naturel) peuvent apparaître indépendamment du trafic et du climat. Les coûts d'entretien élevés: lorsque les dégradations se généralisent, les travaux d'entretien courant deviennent de plus en

plus lourds et plus fréquents avec des coûts (dans notre cas le budget de renforcement de ces 2200m est estimée a soixante millions de dinars) .

Tableau I.7 : Traitements des remontées [19] .

Dégradation	Description	Causes	Évolutions	Traitements
Resuage	Remontée de liant de l'enduit en plaques recouvrant la mosaïque .	-Surdosage de bitume sur des emplois partiels à l'émulsion ou sur des enduits prégravillonnés . -Enfoncement des granulats dans un support bitumineux trop mou ou trop gras . -Délai insuffisant entre les réparations localisées à l'émulsion et la réalisation de l'enduit .	Sous circulation, l'ensemble de la couche de roulement peut être arraché par collage aux pneumatiques des véhicules (pelade) . Ces phénomènes sont aggravés par forte chaleur	-Intervention d'urgence (lors de fortes chaleurs) : gravillonnage au 4/6, 6/10 . Ne jamais employer de sable fillérisé 0/2 ou 2/4 (risque d'arrachement) -Entretien ultérieur : *Coulage avec des granulats chauds . *Enduit prégravillonné . *Fraisage superficiel .

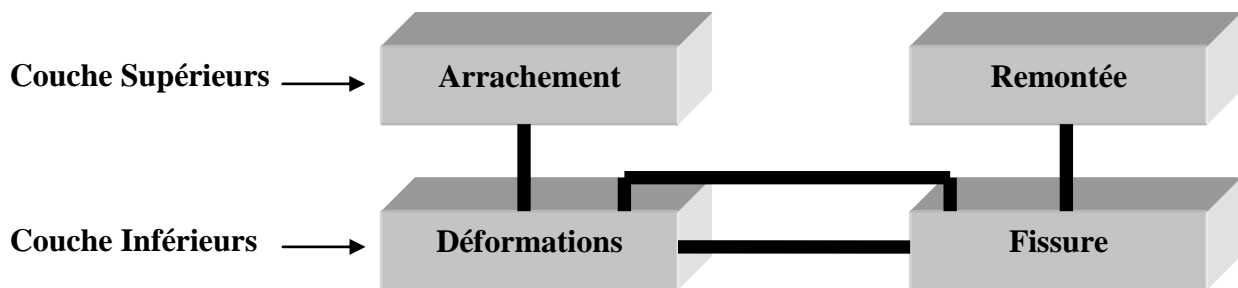


Figure I.10 : Classement des dégradations [8] .

12. Conclusion :

La structure de chaussée la plus économique est celle de la méthode CBR, et c'est la méthode la plus répandue en Algérie .Le domaine des travaux publics donne une place importante et un grand intérêt à l'amélioration d'infrastructures qui souffre des différents dégradations, et permet d'améliorer la qualité de maintenance du réseau routier qui forme le support de l'économie d'un pays.

Les routes sont classées d'un point de vue administratif d'après leur liaison , d'un point de vue technique d'après la vitesse de référence .

Le choix d'un type de chaussée peut être en fonction de la durée de vie de la route , des sollicitations aux quelles la dite chaussée sera soumise après mise en service , coût de réalisation (90% du réseau routier Algérien est de type chaussée souple) .

A decorative border with a repeating geometric pattern of interlocking squares and lines, rendered in a light blue color, frames the entire page.

CHAPITRE II

PRÉSENTATION DE LA

ZONE D'ÉTUDE

1. Introduction :

Le projet routier moderne apparaît comme un assemblage d'éléments de constructions répétitifs, agencés de telle sorte qu'elle réponde aux impératifs de confort et de sécurité cités. Cet assemblage dépend plus particulièrement du trafic et de ses variations, de l'importance des besoins d'échange à satisfaire et notamment de la longévité espérée de l'ouvrage à construire.

La conception et la construction des routes fait aujourd'hui partie de ces domaines dont l'optimisation du rapport qualité / prix est l'un des paramètres les plus importants. En effet, voici un ouvrage qui porte la responsabilité des vies des personnes qui l'utilisent, mais qu'on trouve parfois cher à construire (de fait, les routes comptent parmi les ouvrages les plus coûteux en travaux publics). Mais aussi c'est un domaine qui ouvre encore des perspectives de recherche très vastes, car il est très vaste et par conséquent peu connu. Beaucoup de choses restent à faire tant du côté mécanique des chaussées que du point de vue optimisation des structures[3] .

2. Présentation du site :

La wilaya de Laghouat Située au centre du pays à 400 km au sud de la capitale Alger, la wilaya s'étend sur une superficie de 25 052km², Elle est composée de 10 daïras, comprenant au total 24 communes selon le dernier découpage administratif en 1984. Sa population à été évaluée, en 2008, à 477.328 habitants, et une densité de 18 habitants par km². Elle est limitée par la wilaya de Djelfa et Tiaret au Nord, la wilaya de ElBayadh à l'Ouest, la wilaya de Ghardaïa au Sud et la wilaya de Djelfa en Est. Région pastorale de l'Algérie, elle possède également le plus grand gisement de gaz naturel d'Afrique, la wilaya de Laghouat est traversée par la chaîne de l'Atlas saharien avec des sommets qui dépassent les 2 000 mètres ("Djebel Amour" 2 200 mètres) [20] .le climat est de type continental au Nord-Ouest avec une pluviométrie variant de 300 à 400 mm, des chutes de neige et des gelées blanches. Dans la région des Hauts Plateaux, le climat est de type saharien et aride. La pluviométrie varie entre 150 mm au Centre et 50 mm au Sud. Les hivers sont caractérisés par des gelées blanches et les étés par une forte chaleur accompagnée de vents de sable. Les principaux Oued sont : **Oued M'zi** , Oued Touil et Oued Medsous[28].



Figure II.1 : Situation géographique de la wilaya [27] .

En Algérie, l'évolution démographique et la forte urbanisation ont engendré plusieurs mutations, ainsi des recherches et des études des tracés linéaires des routes et d'autoroutes ont été menées à travers le pays afin d'améliorer les infrastructures de transport.

Les structures de chaussées en place non renouvelées à ce jour représentent une grande majorité du réseau qui supporte l'intense trafic actuel, c'est ce qui a poussé à mener des études de modernisation et de renforcement des chaussées dégradées selon l'intensité du trafic supporté[12].

D'où le cas de notre étude, qui consiste à faire le renforcement d'un tronçon routier (la double voie) longeant **Oued M'zi** entre la RN01 et le pont de SIDI HAKOUM (KHAT EL OUED) sur 2 km suite au débordement de Oued M'zi dans la Wilaya de Laghouat. C'est dans ce sens que la **DTP (Direction des Travaux Publics de Laghouat)** a confié à la **L.T.P.S (Laboratoire des Travaux Publics du Sud)** l'étude de sol de ce tronçon routier sur 2 km. L'objectif principal du projet est de renforcer la route existante reliant BenNacer Benchohra au contournement de la ville de Laghouat afin d'augmenter le niveau de service de cette dernière, garantir une meilleure fluidité de la circulation, gain de temps donc gain sur les frais d'exploitation (économie sur la consommation de carburant) et préservation de l'environnement par la réduction des gaz d'échappement des véhicules [12]. Par ailleurs, ce renforcement doit

assurer la sécurité et le confort de l'utilisateur, améliorer le système de drainage, élargir la chaussée à 7.00 ml [4] .



Figure II.2 : Site géographique de projet [27] .

Oued M'zi constitue l'un des plus importants cours d'eau dans l'Atlas Saharien Central, il prend sa source au niveau d'Aflou dans le massif de Djebel Amour, **vers le Sud-est de Laghouat** il rejoint l'Oued Messaad d'ou il prend le nom de l'Oued Djedi qui se débouche dans le Chott Melghir au sud de Biskra après un parcours de 450 kms formant ainsi un système endoréique typique des régions arides et semi-aride [29] .Oued M'zi franchit la ville de Laghouat et la découpe en deux parties donc il fait partie essentiel de la ville et c'est pour cela que la Direction des Travaux Publics et l'Assemblée Populaire Communale de la Wilaya de Laghouat ont engagé des solutions pour confronter ce problème de Oued M'zi .



Figure II.3 : Site géographique d'Oued M'zi[27] .

3. Expertise de tronçon routier "KHAT EL OUED" sur 2 km :

3.1 Introduction :

Pour assurer le rôle de voie de liaison, la conception et le dimensionnement du corps de chaussée doivent d'inscrire dans une stratégie qui correspond à un choix de longue durabilité des qualités **structurelles** combinée évidemment à une politique d'entretien préventive efficace, néanmoins pour diverses raisons, des insuffisances peuvent toujours se manifester au niveau d'une route dès sa mise en service, et qui se traduisent généralement par l'apparition des dégradations prématurées . Dans ce cas-là il devient indispensable d'identifier les causes y afférentes à ces désordres et essayer d'apporter les solutions adéquates pour y remédier [16].

Cette étude s'est articulée principalement sur une base de données constituée :

- D'un examen visuel de l'itinéraire fait en Novembre 2016 ;
- D'une Campagne géotechnique réalisée en Novembre 2016;
- D'une campagne de carottage de la couche d'enrobé bitumineux ;

3.2 Objectif de l'étude d'expertise :

Cette étude d'expertise a pour objectif d'établir un diagnostic détaillé sur l'état de la route dans son ensemble soit sur le **plan structurelle** ou sur le plan fonctionnelle et les dégradations

constatées sur la chaussée en procédant à des auscultations visuelles et des investigations géotechniques ainsi une campagne de carottage qui doit aboutir [16] :

- A déterminer la nature et le type de dégradations constatées ;
- A l'appréciation des caractéristiques géotechniques constituant le corps de chaussée et le sol support ;
- A définir les causes probables et l'origine des dégradations ;
- A proposer des solutions techniques adéquates pour la remise en état ;

3.3 Recueil des données :

3.3.1 Historique du Projet :

- La route a été construite en remblais dans les années soixante (60) soutenue par un mur en gabionnage sur 2200 ml(coté Oued).
- La route est équipée de deux trottoirs et une corniche revêtue en béton armée.
- L'autre côté vers les jardins et habitations, la route est soutenue par un mur poids en maçonnerie.
- Au début le revêtement était en tri-couche superficielle avec des trottoirs et un terre-plein central.
- En 2002 le revêtement il a été reconstruit en béton bitumineux.
- En 2007 le revêtement il a été reconstruit en béton bitumineux avec un système d'assainissement pour l'évacuation des eaux pluviales vers l'Oued.
- En 2010 il y avait des travaux d'assainissement réalisé par l'entreprise locale SOTIL pour la rénovation des eaux usées reliées la station d'épuration, ensuite l'entreprise à réparer les sections endommagé (touché) par les fouilles seulement , ce qui a entraîné des tassements de chaussées provoquant ainsi des dégradations de la chaussées sous l'effet des tassements et les actions des eaux pluviales .
- En 1994 une partie du mur a été emporté par la crue de 1994 (crue centennales) provoquant des victimes, même dégât en 1997 avec des victimes aussi [16].
- En 2016 une crue centennale, le débordement de l'Oued M'zi, l'effondrement du pont de Sidi Hakoum...énormes dégâts enregistrés :



Figure II.4: La crue centennale de Oued M'zi et l'effondrement du pont de Sidi Hakoum[33].

Des routes, des ponts, des maisons effondrés et des routes étaient fermées à la circulation dans la wilaya de Laghouat, après les dernières inondations enregistrées dans la région. «Tous les villages du chef-lieu de wilaya, situés à proximité de l'oued M'zi, en l'occurrence Tadjmout, El Merdja, **Khat El Oued** et Bordj Esnoussi, ont été inondés suite aux pluies torrentielles qui se sont abattues sur la région pendant plus de 30 heures. Ces pluies ont causé des dégâts matériels considérables»[21] .



Figure II.5 : Dégât Oued M'zi 2016[33] .Figure II.6 : Dégât Oued M'zi 2016[33] .



Figure II.7 : Dégât Oued M'zi 2016[33].

- L'effondrement des Murs en Gabionnages sur la berge droite d'Oued M'zi(La route longeant la rive droite d'Oued M'zi .



Figure II.8 : L'effondrement du Mur en Gabionnage [33].



Figure II.9: L'effondrement du Mur en Gabionnage[33] .

- En 2017 ils ont localisé les sections critiques touchées par les dégâts des crues, et ils ont remplacé la conception classique construite en soutènement en gabionnage à une conception moderne construite en mur en soutènement en béton armée fondé sur des pieux.(La longueur totale de l'ouvrage est estimée à 500 ml avec un budget qui dépasse les trois cent (300) millions de dinars). Il est composé de deux murs de soutènement) [16].
- ✓ Un mur au côté nord dont l'étude d'exécution est achevée d'une longueur totale égale à 368 ml composé de 16 semelles contenant chacune 12 pieux, soit 192 pieux.
- ✓ Un mur au côté sud d'une longueur 120 ml près de l'ouvrage d'art Sidi Hakoum dont l'étude d'exécution est en cours.

Les caractéristiques de l'ouvrage sont comme Suits :

- ✓ Ouvrage en béton armé.
- ✓ Des fondations profondes : semelle (3.6m x 0.8m x 23m), pieux forés (diamètre 0.8m entraxe 4.3m).
- ✓ La hauteur des murs est de 6.5m.

- ✓ Les murs de soutènement sont sollicités par des poussées de terre ainsi que les surcharges sur remblais (La surcharge considéré 1.00t/m²).
- ✓ La construction est vérifiée d'après les exigences et les recommandations données par BEAL 91 [32].

3.3.2 Données sur le Trafic :

L'étude de trafic a pour but la détermination, d'une part de l'intensité du trafic et d'autre part de la constitution, notamment la proportion des véhicules poids lourds (PL) [16] .
 Le comptage du trafic réalisé en 2012 par les services de la DTP au niveau de cet axe montre que ce tronçon "KHAT EL OUED" draine un réseau de véhicule avec un trafic moyen journaliers (TJMA) de l'ordre de 2244véh/jour avec un pourcentage de poids lourd de l'ordre 45 %.

Ce trafic a été évalué par catégorie de véhicule selon leurs caractéristiques ou on distingue six (06) catégories définies comme suit [16] :

- P1** : Véhicules particuliers ;
- P2** : Véhicules utilitaires (camionnettes) ;
- P3** : Cars et Bus ;
- P4** : Camions à deux essieux ;
- P5** : Camions à trois essieux ;
- p6** : Ensembles articulés .

Tableau II.1: La constitution du trafic .

TJMA (Véh/jour)	Répartition en pourcentage par catégorie de véhicule						%Poids Lourds
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
2244	40.36	10.75	3.89	7.39	23.41	14.2	45%

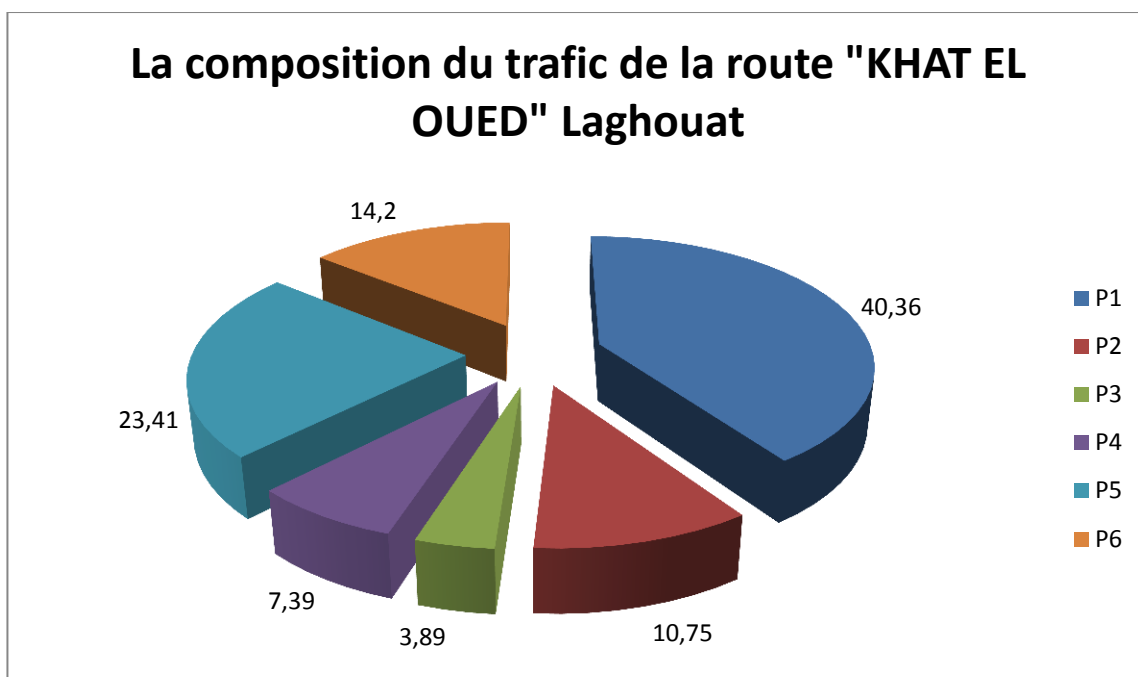


Figure II.10: La composition du trafic de la route de "KHAT EL OUED"[16] .

3.3.3 Données sur l'auscultation de la chaussée par relevé de dégradation :

Auscouter une chaussée revient à évaluer son état **structurel** et fonctionnel et à son diagnostic afin d'y apporter des remèdes nécessaires pour son maintien dans un niveau de service appréciable donc apporter des solutions appropriées au choix de la technique à mettre en œuvre.

L'évaluation de l'état apparent de la route est basée principalement sur l'examen visuel de la chaussée qui permet de déterminer la nature et l'intensité des dégradations apparues au niveau de la route et de formuler les premières hypothèses au sujet des causes de dégradations constatées.

Dans le cadre de l'étude d'expertise de "KHAT EL OUED", le relevé des dégradations a été réalisé au mois de Novembre 2016 par l'ingénieur du LTPS chargé de l'étude muni de fiches de dégradations, celui-ci a effectué tout le parcours objet d'étude.

Le relevé visuel effectué a permis de reconnaître les types de dégradations et d'en déterminer sa sévérité [16] .

Le relevé des dégradations effectué au niveau du tronçon objet de cette expertise dévoile la présence des faïençages a mailles larges évoluant en mailles fines, des

fissures longitudinales et transversales et des ornières sur les lieux préférés des roues ainsi que des affaissements localisés .

Ce relevé a demandé des moyens :

Humaines ; Matériels ; Techniques ; Financières.

L'état de dégradation la chaussée est qualifiée par la méthode suivante :

Etablir un schéma itinéraire (sur site) en fonction du linéaire, type de dégradations et fréquence de celles-ci. Nous présentons une liste des dégradations de la chaussée ,que nous avons remarquée pendant la visite effectuée sur le site :

➤ Fissures transversales :

Rupture du revêtement relativement perpendiculaire à la direction de la route, généralement sur toute la largeur de la chaussée[3] .



Figure II.11 : Fissures transversales .

➤ Fissures en piste de roues :

Rupture du revêtement parallèle à la direction de la route et située dans les pistes de roues [3] .



Figure II.12 : Fissure en piste de roues [16] .

➤ Fissures en carrelage :

Rupture de revêtement sur les superficies plus ou moins étendus, formant un patron de fissuration à petites mailles polygonales dont la dimension moyenne est de l'ordre de 300mm ou moins [3] .



Figure II.13 : Fissures en carrelage .

➤ Désenrobage et arrachement :

Érosion du mastic et perte des gros granulats en surface produisant une détérioration progressive du revêtement[3] .



Figure II.14 : Désenrobage et arrachement [16] .

➤ **Nid-de-poule :**

Trous de forme irrégulière et de taille variée , ils sont dus en générale à un défaut localisé de la couche de surface consécutif à une mauvaise qualité des matériaux à la fabrications ou à la mise en œuvre . Ils peuvent aussi résulter d'un défaut de portance [18] .



Figure II.15 : Nid-de-poule .

3.3.4 Données sur les sondages sous chaussées : Pour connaître la nature et les caractéristiques des matériaux constituant le corps de chaussée existant ainsi que le sol support, un sondage sous chaussée a été réalisé afin de relever d'une part les épaisseurs des couches non traitées constituant la base et la fondation et d'autre part déterminer la nature et les caractéristiques mécaniques de ces matériaux et ceux du sol support .

La description de la nature du matériau prélevé donnée comme suit :

Tableau II.2 : Description du matériau prélevé .

Profondeur en (m)	Nature du terrain
0.00 - 0.06	Couche de BB
0.06 - 0.12	Couche de BB
0.12 - 0.14	Enduit superficiel ES
0.14 - 0.45	Tuf
0.45 - 0.90	Sol supports



Figure II.16: Le sondage sous chaussée .

3.3.5 Données sur les sondages carottés :

Afin de déterminer la qualité de la couche de roulement en béton bitumineux ainsi que les épaisseurs mises en place, le CTPP a effectué des prélèvements sur la couche de roulement de BB en procédant à une campagne de carottage dans le but :

- ✓ De vérifier le collage des interfaces ;
- ✓ De mesurer les épaisseurs ;
- ✓ De déterminer les caractéristiques de l'enrobé.

Les points de carottage est donnée dans le tableau suivant :

Tableau II.3 : Les points de carottage [17] .

N° Carotte	Bande	Essais réalisé
01	Bande droit au milieu des fissures	Extraction
02	Bande gauche au milieu de l'ornière	Extraction
03	Bande droit au milieu des fissures	Extraction
04	Bande gauche au milieu de l'ornière	Extraction
05	Bande droit chaussée en bon état	Extraction
06	Bande gauche au milieu de l'ornière	Extraction



Figure II.17 : carotte N°01 . Figure II.18 : carotte N° 02 .



Figure II.19 : carotte N° 03 . Figure II.20 : carotte N° 04 .



Figure II.21 : carotte N° 05 . Figure II.22 : carotte N° 06 .

4. Conclusion :

Notre objectif principal dans ce chapitre est d'établir un diagnostic global de l'état des lieux. Pour cela, il consiste à observer (inspecter), comprendre, noter et renforcer en premier lieu la route touché par les désordres tel que la crue centennale du 2016 et d'y remédier, et aussi renforcer les berges droites d'Oued M'zi (les murs en soutènement) .

A decorative border with a repeating geometric pattern of interlocking squares and lines, framing the entire page.

CHAPITRE III

ANALYSE DES

MATERIAUX ET CHOIX DE

RENFORCEMENT

1. Etude Géotechnique :

1.1 Introduction :

Sachant que la géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure [13], cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches sur site et donner l'identification de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol . L'élaboration et l'exécution des projets routiers nécessitent une bonne connaissance des terrains traversés. Pour cela, l'étude géotechnique constitue une source d'information indispensable à chacune des étapes de la naissance d'une section de route. Les méthodes de reconnaissance du sol sont très nombreuses et il est rare qu'on les utilise toutes sur un même chantier .l'ingénieur routier a principalement deux objectifs de qualité conditionnés par le comportement des sols :

- ✓ La tenue des talus ;
- ✓ La résistance des remblais et couches des chaussées aux déformations .

Pour assurer cette résistance des remblais il faut qu'il y a :

- ✓ Une bonne portance en surface ;
- ✓ Absence de tassement ultérieur.

1.2 Les moyens de la reconnaissance :

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

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

Pour cela, on effectue dans le sol des prélèvements et des excavations qui permettent de renseigner d'abord sur la nature des terrains .On réalise ensuite des essais sur le site et au laboratoire sur les prélèvements, pour obtenir les caractéristique physiques et mécanique des terrains qui vont supporter les charges transformé par les déférents couches de la chaussée. Les essais en place (appelés aussi essai in-situ) mettent en œuvre des équipements lourds. Ils présentent l'avantage de permettre l'étude des terrains tels qu'ils existent à l'état naturel .

Les essais de laboratoire se font sur des échantillons prélevés par des procédés spéciaux . Ils donnent avec précision toutes les caractéristiques physiques et mécaniques de sols [5] .

La géotechnique routière a pour objectif :

- ✓ Etablir le projet de terrassement,
- ✓ De définir les caractéristiques des sols qui serviront d'assise pour le corps de chaussée
- ✓ Détecter des zones d'emprunts de matériaux de construction pour les remblais et le corps de la chaussée,
- ✓ Préserver l'environnement et les ressources naturelles,
- ✓ La sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais [6] .

1.3 Les essais de laboratoire :

Parmi les différents essais de laboratoire utilisés pour la reconnaissance des sols je cite ici avec plus de détail trois essais d'identifications et quatre autre mécanique [4] .

✓ **Les essais d'identifications :** Analyse granulométrique, Equivalent de sable, Limites d'Atterberg.

✓ **Les essais mécaniques :** essai PROCTOR (normal et modifié) , essai CBR.

1.3.1 Analyse granulométrique :

Il s'agit du tamisage (soit au passant de $2mm$, soit au passant de $80\mu m$) qui permet par exemple de distinguer sols fins, sols sableux (riches en fines) et sols graveleux (pauvres en fines). C'est un essai qui a pour objectif de : déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur, Mesurer de g_{app} : Masse volumique apparente, elle est comprise entre 12 et 18 kn/m^3 et de g_{abs} : Masse volumique absolue, elle est comprise entre 25 et 27 kn/m^3 (La mesure de g_{app} et de g_{abs} va nous permettre de faire une composition de béton) [5] .

Tamisât : poids de matériau passant à travers un tamis donné.

Refus : poids de matériau retenu par ce même tamis.

D_n : Dimension à laquelle sont inférieurs $n\%$ des grains.

C_u : Coefficient d'uniformité.

C_c : Coefficient de courbure .



Figure III.1 : Appareil de tamisage [27] .

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

Le principe de l'essai consiste à prendre une masse de sable ou de gravier, de diamètre $D(\text{mm})$, entre $200D$ et $600D$ (g) et à l'aide d'une colonne de tamis (une pour le sable et autre pour le gravier), on procède au tamisage, après on pèse le refus de chaque tamis et faire un calcul en refus cumulés et enfin ramener cela en tamisât cumulé et faire une courbe granulométrique qui nous permet de calculer C_u et C_c dans le but de classer le sol.

Les analyses granulométriques effectuées sur des échantillons prélevés du dépôt alluvionnaire, ont montré les distributions granulaires suivantes :

Tableau III.1 : Résultats de l'essai Analyse Granulométrique.

Échantillon	% Graviers	% Gros sable	% Sable fin	% Limon	% Argile
S1: 0.0-3.5	02	82	04	/	/
S2 : 3.5-4.0	00	00	24	46	30
S3 :4.0-4.5	02	70	28	/	/
S4 :6.0-9.0	10	66	24	/	/
S5 :3.0-7.0	02	88	10	/	/
S6 :7.0-10.0	12	22	30	06	30

Ces résultats ont montré qu'il s'agit d'un sable grossier à fin limoneux argileux à argileux limoneux. Il est à noter que l'analyse granulométrique n'a été effectuée que sur la fraction inférieure à 10 mm.

1.3.2 Equivalent de sable :

C'est un essai qui permet de mesurer la propreté d'un sable. C'est-à-dire, déterminer la quantité d'impureté soit des éléments argileux ultra fins ou des limons . On mesure la hauteur h1 de sable propre + des éléments fins, et la hauteur h2 (respectivement h2') de sable propre à vue (respectivement au piston) .

$$ESV = 100 \times \frac{h2}{h1} \quad \text{III.1}$$

$$ES = 100 \times \frac{h2'}{h1} \quad \text{III.2}$$

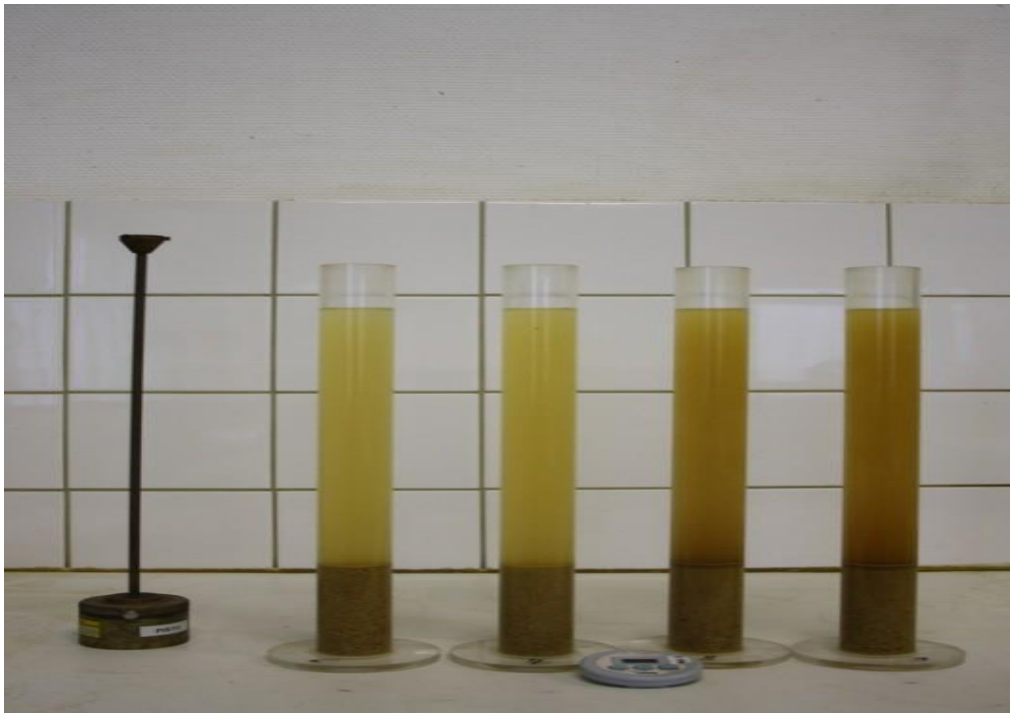


Figure III.2 : Essai Equivalent de sable [27].

Le Principe de l'essai consiste à laver l'échantillon selon un processus normalisé puis on le laisse reposer. Par décantation des particules, on va voir se former des couches, alors on mesure h1 (hauteur totale) et h2 (hauteur su sable).

Un ES < 65 ou un ESV < 60 correspond à un sable présentant une proportion de fines qui peut devenir un risque lors de la confection d'un béton.

Tableaux III.2 : Spécification de ES pour la construction des chaussées.

Matériaux	ES minimum
Graves pour couche de base .	30
Agrégats pour route mixte .	35
Agrégats pour enrobées denses .	45
Agrégats pour béton bitumineux .	55
Sable pour béton	80

Tableaux III.3 : Tableaux des résultats de l'essai.

	Essai 01	Essai 02
Hauteur totale H1 (cm)	31.4	33.3
Hauteur de sable H2 (cm)	4.7	4.9
$ES = \frac{H_2}{H_1} \times 100$	14.96	14.71
ES moyen (%)	14.83	

1.3.3 Limites d'Atterberg :

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

WP sépare l'état solide de l'état plastique et WL sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité ($IP = WL - WP$), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau . Cet essai permet de prévoir le comportement des sols pendant les opérations de terrassement, en particulier sous l'action des variations de teneur en eau , et aussi permet de faire une classification du sol (notamment avec le classement du CTTP) .

il est possible d'avoir des teneurs en eau supérieures à 100 %.

Détermination de w_l :

1. recherche de la teneur en eau pour laquelle une rainure de dimension normalisée, pratiquée dans le sol disposé dans la coupelle de Casagrande, se ferme sous l'action de 25 chocs appliqués.
2. comme il est impossible d'avoir un sol dont la rainure se refermera exactement à 25 chocs, on procède alors à 5 essais en faisant varier la teneur en eau.
3. on s'intéressera aux résultats d'essai dont la rainure s'est refermée entre 15 et 35 chocs

Détermination de w_p :

Il s'agit de rechercher la teneur en eau pour laquelle un cylindre de sol de diamètre 3mm, confectionné manuellement, se fissure lorsqu'on le soulève .

Indice de plasticité = $I_p = w_l - w_p$.

Indice de consistance = $I_c = (w_l - w) / I_p$.

Les mesures des limites d'Atterberg effectuées sur la fraction fine, ont révélé les paramètres suivants :

- Limite de liquidité entre non mesurable et 48 % ;
- Limite de plasticité entre non mesurable et 25 % ;
- L'indice de plasticité entre non mesurable et 23 % .

Ces résultats montrent que la fraction fine du sable possède une plasticité faible voire nulle.

1.3.4 Essai Proctor :

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

Proctor normal : rend assez bien compte des énergies de compactage pratiquées pour les remblais.

Proctor modifié : L'essai Proctor modifié consiste à compacter le matériau dans un moule standard, avec une dame normalisée selon un processus bien déterminé, dans le but de définir la teneur en eau optimale qui conduit à la densité sèche maximale.

γ_{dmax} : la valeur maximale du poids spécifique du sol.

Le principe de l'essai consiste à compacter dans un moule et suivant un processus bien défini une série d'échantillon identique et représentatif du sol et préalablement imbibés à des teneurs croissantes, l'eau favorise la mise en place et le serrage des grains . L'essai est répété plusieurs fois de suite pour des échantillons portés à des teneurs en eau croissantes (10%,12%,14%,16%,18%) , on détermine ainsi plusieurs points de la courbe représentative des densités sèches en fonctions des teneurs en eau . La courbe tracée représente un maximum dont l'abscisse est « la teneur en eau optimum Proctor » et l'ordonnée « la densité sèche maximum Proctor » .



Figure III.3 : Compacteur automatique [27] .

Sur les chantiers de stabilisation, on exige en générale des densités sèches égales à 90% à 95 % de la densité sèche maximum déterminer à l'essai Proctor .

Il est très important d'avoir au moment de compactage une teneur en eau voisine de la teneur optimum.

En période pluvieux la teneur en eau du sol naturel est généralement supérieure à la teneur en eau optimum, il faut aérer le sol pour le faire sécher ou attendre une période plus sèche .

En période sèche les rapports d'eau sont importants (la teneur en eau optimum varie entre 6 et 12% selon la nature du sol et l'engin de compactage utilisé) .

Tableaux III.4 : les résultats de l'essai Proctor modifié ordinaire.

$\omega(\%)$	10 %	12 %	14 %	16 %	18 %
$\gamma_d (t/m^3)$	1.79	1.80	1.83	1.79	1.72

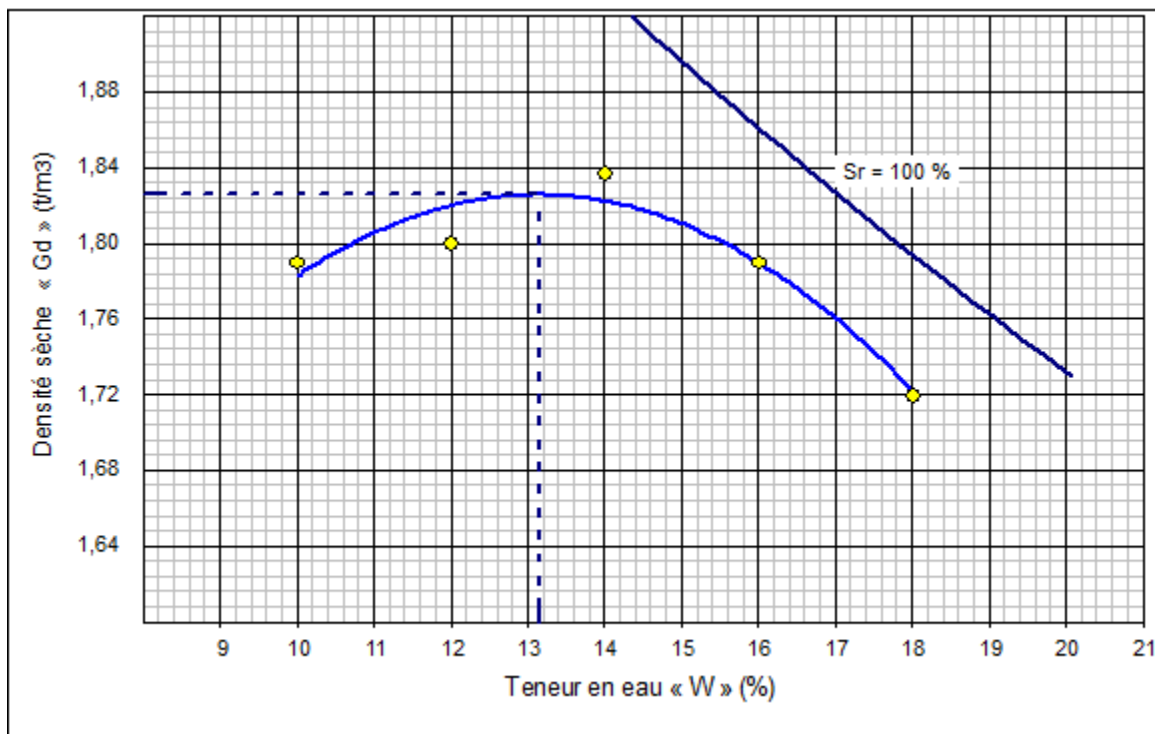


Figure III.4 : courbe Proctor modifié ordinaire.

Donc :

Tableaux III.5 : les conditions Proctor optimum.

$\omega(\%)$	13.2
$\gamma_d(t/m^3)_{max}$	1.824

1.3.5 Essai C.B.R (California Bearing Ratio) :

Cet essai a pour but d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, l'essai permet de déterminer la capacité de portance d'un sol compacté afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassements , détermination de l'indice

ICBR (exprime en % le rapport entre les pressions produisant dans le même temps un enfoncement donné dans le sol étudié d'une part et dans un matériau type d'autre part) . L'indice **CBR** est déterminé pour des sols à vocation routière de manière purement empirique. Sa mesure va nous permettre de dimensionner le corps de chaussée.

Après avoir compacté le matériau dans les conditions de l'essai Proctor modifié, on lui applique les conditions hydriques prévues :

- Immersion pendant 4 jours dans l'eau ;
- Immersion pendant 2 jours dans l'eau ;
- Pas d'immersion : essai immédiat.

Le matériau à étudier étant placé dans un moule dans un état donné de densité et de teneur en eau, on applique ensuite une charge voisine de ce que sera la charge de service, puis on le poinçonne par un piston (19.3 cm² à la vitesse de 1.27 mm/min dans le sol compacté selon l'essai de Proctor Modifié) tout en mesurant les efforts et déplacements résultant. Une comparaison de ces résultats avec ceux obtenus sur un sol de référence (californien) est ensuite effectuée.



Figure III.5 : Essai CBR [27] .



Figure III.6 : Essai CBR Imbibition [27] .

Selon les essais CBR réalisés sur des échantillons prélevés du sol support ont donné des indices différents selon le cas si l'essai du CBR était immédiat ou imbibé, la moyenne est :

$$\text{ICBR} = 6$$

Tableau III.6 : Classement des sols selon C.B.R .

Classe de sol	Indice C.B.R
S ₀	> 40
S ₁	25 - 40
S ₂	10 - 25
S ₃	05 - 10
S ₄	< 05

2. Etude du trafic :

2.1 Introduction :

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant, soit par défaut, soit par insuffisance. Il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions, d'en quantifier précisément les composantes. C'est le champ des études de circulation. Une étude de trafic est une phase fondamentale qui doit intervenir à l'amont de toute réflexion relative à un projet routier et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers . Elle permet de déterminer l'intensité du trafic et son agressivité (poids lourds) [1].

Cette conception repose, en partie « **stratégie, planification** » sur la prévision des Trafics sur les réseaux routiers, qui est nécessaire pour :

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

Le dimensionnement du corps de chaussée nécessite la connaissance du trafic journalier moyen annuel (TJMA) ainsi que sa répartition sur les différentes catégories de véhicules [6].

2.2 Analyse du trafic :

Afin de déterminer en un point et en un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage qui nécessite une logistique et une organisation appropriées. Pour obtenir le trafic, on peut recourir à divers procédés qui sont : La statistique générale [1].

- ✓ Le comptage sur route (manuel ou automatique).
- ✓ Une enquête de circulation.

2.3 Différents type de trafics :

2.3.1 Trafic normal : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet [1] .

2.3.2 Trafic dévié : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination [1] .

2.3.3 Trafic induit : C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations [1] .

2.3.4 Trafic total : Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié [2] .

2.4 Modèles de présentation de trafic :

2.4.1 Prolongation de l'évolution passée :

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé. On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel [2]. Le trafic $T(n)$ à l'année (n) sera :

$$T_n = T_0 (1 + \tau)^n \quad \text{III.3}$$

Avec :

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

τ : est le taux de croissance du trafic.

2.4.2 Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques :

Elle Consiste en la recherche dans le passé d'une corrélation entre le niveau du trafic d'une part et certains indicateurs macro-économiques [2] :

- Produit nationale brute (PNB) ;
- Produit des carburants.

D'autres part, si on pense que cette corrélation reste a vérifier dans le taux de croissance du trafic, mais cette méthode nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation, ce qui sort de cadre de notre étude [2].

2.4.3 Modèle gravitaire :

Il est nécessaire pour la résolution des problèmes concernant les trafics actuels au futur proche, mais il se prête mal à la projection [2].

2.4.4 Modèle de facteur 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 [2] :

- le taux de motorisation des véhicules légers et 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. Dans notre cas nous utiliserons la première (prolongation de l'évolution passée) , vu sa simplicité et parce qu'elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région .

2.5 Notion de Capacité de la route :

2.5.1 Définition :

La capacité est le nombre de véhicules qui peuvent raisonnablement passer par une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui

lui sont propre durant une période bien déterminer. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

2.5.2 Trafic à un horizon donné :

Du fait de la croissance annuelle du trafic [25] :

$$TJMA_n = TJMA_0 (1 + \tau)^n \quad \text{III.4}$$

tel que:

- $TJMA_h$: Trafic journalier moyen à l'année n .
- $TJMA_0$: Trafic journalier moyen à l'année 0.
- τ : Taux d'accroissement annuel.
- n : Nombre d'année à partir de l'année d'origine.

2.5.3 Trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (**UVP**), en fonction du type de la route et de son environnement. Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les **PL** en (**UVP**).

Le trafic effectif est donné la relation suivante [25] :

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + P \times Z] \times TJMA_h \quad \text{III.5}$$

Avec :

- T_{eff} : Trafic effectif à l'année horizon en (**UVP**).
- Z : Pourcentage de poids lourd.
- P : Coefficient d'équivalence pour le poids lourds (Tableau III.7)

Tableau III.7 : Coefficient d'équivalence P [31] .

Type de route	Profil de plaine (E ₁)	Profil vallonnée (E ₂)	Profil montagneux (E ₃)
Route à 2 voies	3	6	12
Route à 3 voies	2.5	5	10
Route à 4 voies et plus	2	4	8

2.5.4 Débit de pointe horaire normal :

Le débit de pointe horaire normal est une fraction de trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule [25] :

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) T_{eff} \quad \text{III.6}$$

Avec :

- **Q** : Débite de pointe horaire (**UVP**).
- **n** : Nombre d'heure, (en général n = 8 heure).
- **T_{eff}** : Trafic effectif.

2.5.5 Débit horaire admissible :

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule [25] :

$$Q_{adm} = K_1 \times K_2 \times C_{th} \quad \text{III.7}$$

Avec :

- **K₁** : Coefficient lié à l'environnement (Tableau 2) .
- **K₂** : coefficient de réduction de capacité (Tableau 3) .
- **C_{th}** : capacité théorique par voie qu'un profil en travers peut écouler en régime stable (Tableau 4) .

✓ Valeur de K_1 [25] :

Tableau III.8 : Coefficient lié à l'environnement (valeur de K_1) .

Environnement	E_1	E_2	E_3
K_1	0.75	0.85	0.90-0.95

✓ Valeur de K_2 [25] :

Tableau III.9 : Coefficient de réduction de capacité (valeur de K_2) [31] .

Catégorie Environnement	1	2	3	4	5
	E_1 : Facile	1.00	1.00	1.00	1.00
E_2 : Moyen	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E_3 : Difficile	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

✓ Valeur de C_{th} [25] :

Tableau III.10 : Valeur de la capacité théorique .

Nombre des voies de la route	Capacité théorique (UVP/h)
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.5m	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	1500 à 1800

3. Application au projet :

3.1 Données de trafic sur notre projet :

Un contage est effectué en **2012** par le service concerné de la Direction des Travaux Publics de la Wilaya de Laghouat, pour estimer le trafic à l'horizon . On fait une projection jusqu'à l'an **2032**, tout en sachant que la durée de vie de notre projet estimer à **20 ans**, et sa mise en service est prévue pour l'année **2019**.

On a:

- Le trafic à l'année 2012 $TJMA_{2012} = 2244$ v/j ;
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4$ % ;
- La vitesse de base sur le tracé $V_b = 80$ km/h ;
- Le pourcentage moyen de poids lourds $Z = 45$ % ;
- L'année de mise en service sera en 2019 ;
- La durée de vie estimée de 20 ans ;
- Catégorie C3 ;
- L'Environnement E1 .

3.2 Calcul de TMJA à l'horizon :

L'année de mise en service (2019) :

$$TJMA_h = TJMA_0(1 + \tau)^n \quad \text{III.8}$$

Avec :

$TJMA_h$: trafic à l'horizon (année de mise en service 2019) ;

$TJMA_0$: trafic à l'année zéro (origine 2012) ;

$$TJMA_{2019} = 2244 (1 + 0,04)^7 = 2953 \text{ v/j} . \quad \text{III.9}$$

Trafic à l'année (2027) pour une durée de vie de 15Ans :

$$TJMA_{2039} = 2953 (1 + 0,04)^{20} = 6471 \text{ v/j} . \quad \text{III.10}$$

3.3 Calcul de trafic effectif :

$$T_{eff} = [(1 - Z) + P \times Z] \times TJMA_h \quad \text{III.11}$$

Avec:

Z : pourcentage de poids lourd on a $Z = 45 \%$.

P : coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds pour une route à deux voies et un environnement E1 on a dans le Tableau III. 7 la valeur est $P = 3$.

$$T_{eff} = [1 - 0.45 + 3 \times 0.45] \times T_{JMA_{2012}} \quad \text{III.12}$$

Donc : $T_{eff_{2012}} = 4264 \text{ UVP/j}$

Donc : $T_{eff_{2039}} = 12295 \text{ UVP/j}$

3.4 Débit de pointe horaire normal :

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

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) T_{eff} \quad \text{III.13}$$

Avec :

$1/n$: coefficient de pointe horaire pris est égale à 0.12 (n = 8heure) .

Q : est exprimé en UVP/h .

$Q_{2012} = 0.12 \times 4264 = 512 \text{ UVP/h}$;

$Q_{2039} = 0.12 \times 12295 = 1476 \text{ UVP/h}$.

3.5 Débit horaire admissible :

$$Q_{adm} = K_1 \times K_2 \times C_{th} \quad \text{III.14}$$

Avec :

K_1 : coefficient correcteur pris égal à **0.75** pour **E1** (Tableau III.8) ;

K_2 : coefficient correcteur pris égal à **1** pour environnement **E2** et catégorie **C3** (Tableau III.9) ;

C_{th} : capacité théorique pris égal à **1800** (d'après le Tableau III.10 pour **E1** , **C3** et pour Route à chaussée séparée) . Alors :

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1 \times 1800$$

$Q_{adm} = 1350 \text{ UVP/h} .$

Tableau III.11 : Les résultats des calculs .

TJMA ₂₀₁₂ (v/j)	TJMA ₂₀₁₉ (v/j)	TJMA ₂₀₃₉ (v/j)	T _{eff} (uvp/j)	Q (uvp/h)
2244	2953	6471	12295	1476

4. Dimensionnement de la chaussée avec la méthode de C.B.R :

La chaussée de notre route est de type « chaussée souple » caractérisée par les matériaux de concassage pour les différent couche en (GNT / GB / BB) :

$TJMA \times 365 \times 1.5t = 5319 \times 365 \times 1.5 = 2912153 > 100000 \text{ t/ans}$

Donc on utilise :

$$e = \frac{100 + (\sqrt{p})(75 + 50 \log_{10} \frac{TJMA}{10})}{I_{cbr} + 5} \approx 50 \text{ cm} \quad (\text{cm}) \quad \text{III.15}$$

Avec :

- e: épaisseur équivalente
- I_{CBR} : indice CBR (sol support) = 6 (sol appartient à la classe S3)
- TJMA: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide =1456 v/j/sens (6471/2 = 3236 x 0.45 = 1456) .
- P: charge par route P = 6.5 t (essieu 13 t)
- Log: logarithme décimal .

L'épaisseur équivalente est donné par la relation suivante :

$$e_{\text{équivalente}} = (C_1 \times e_1) + (C_2 \times e_2) + (C_3 \times e_3) \quad \text{III.16}$$

où :

- e₁, e₂, e₃ : épaisseurs réelles des couches de (surface , base , fondation) .
- C₁, C₂, C₃ : coefficients d'équivalence respectivement des matériaux des couches (e) . Généralement les épaisseurs adoptées sont (selon tableau I.2) :

6 - 8 cm : couche de roulement en **B.B** .

10 - 20 cm : couche de base en G.B .

15 - 25 cm : couche de fondation en G.N.T .

$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3 = 50 \text{ cm .}$$

Pour le calcul de l'épaisseur de la chaussée on fixe (e_1) et (e_2) et on calcule (e_3) :

$$8 \times 2 + 12 \times 1.2 + 25 \times 1 = 55.4 \text{ cm .}$$

► Notre structure comporte : **8BB + 12GB + 25GNT**

Tableau III.12 : Epaisseur de la chaussée .

Couches	Epaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence	Epaisseur équivalente (cm)
BB	8	2	16
GB	12	1.2	14.4
GNT	25	1	25
TOTAL	45	/	55.4

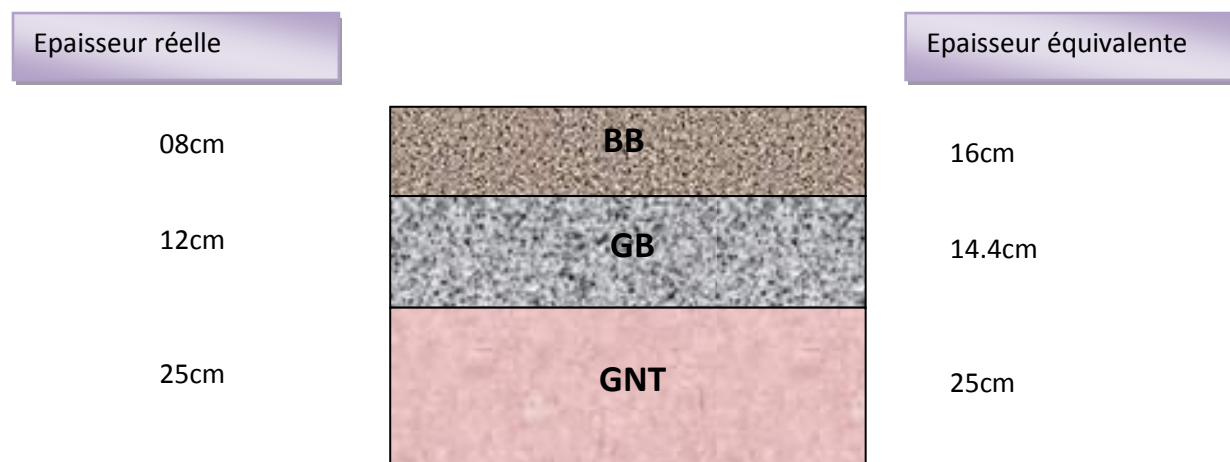


Figure III. 7 : représentation des épaisseurs des différentes couches selon CBR .

5. Assainissement :

5.1 Introduction :

La présente étude a pour but d'établir, d'une part, un diagnostic du réseau d'assainissement existant sur la route de " KHAT EL OUED " .

Le rétablissement des écoulements naturels se fait moyennant d'ouvrages busés ou maçonnerie.

La présente étude d'assainissement a consisté principalement en :

- ✓ Relevé de l'assainissement existant au niveau de la route (ouvrage busés, ouvrage en maçonnerie, fossés en terre ou fossés bétonnés) .
- ✓ Assainissement de la plate forme de la route .
- ✓ Solutions retenues.

L'assainissement routier ne se résume pas à une simple évacuation des eaux présente sur la route. Aujourd'hui où l'on commence à percevoir les effets d'erreurs antérieures, l'heure est à la réflexion. On parle de développement durable et l'écologie prend une place de plus en plus prépondérante dans les nouvelles réalisations des travaux publics.

Par exemple, lorsque l'on construit un axe routier, il arrive que le paysage soit sensiblement modifié. Les zones de déblais se succèdent aux zones de remblais modifiant considérablement l'écoulement naturel de l'eau de pluie. Le premier point que doit satisfaire un projet routier du point de vue assainissement est de rétablir au mieux ses écoulements naturels pour que l'équilibre soit le plus proche possible de son état d'origine. [5]

La présente étude hydraulique, nécessite la connaissance des données hydraulique pour la détermination des débits de crues de différentes fréquences (décennal, cinquantaine , centennales) aux diverses traversées de la route par les écoulements naturels .

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et à réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines, c'est à dire [6] :

1/ l'assèchement de la surface de circulation par des pentes transversale et longitudinale, par des fossés, caniveaux, cunettes, rigoles, gondoles, etc.... .

2/ les drainages : ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines (tranchées drainantes et canalisations drainantes) .

3/ les canalisations : ensemble des ouvrages destinés .

5.2 L'objectif de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants [34] :

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

Ces objectifs seraient atteints par une bonne installation (dans la zone en déblai et les points bas) d'ouvrages d'évacuations (fossé, dalots, buses ...etc. Selon le cas), leurs dimensions seront fonction du débit d'eaux recueillit .

5.3 Assainissement de la chaussée :

La détermination du débouché a donné aux ouvrages tels que dalots, ponceaux, ponts, etc. dépend du débit de crue qui est calculé d'après les mêmes considérations. Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire.

Parmi les ouvrages destinés à l'écoulement des eaux, on peut citer ces deux catégories :

- ✓ Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cunettes, caniveaux).
- ✓ Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur et dalot) .

Les ouvrages d'assainissement doivent être conçus dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de la route dans les meilleures conditions possibles et avec un moindre coût [35].

5.3.1 Fossé de pied du talus de déblai :

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers les exutoires. Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale. Ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 %.

5.3.2 Fossé de crête de déblai :

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penchée vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate-forme.

5.3.3 Fossé de pied de talus de remblai :

Le fossé est en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement). Ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate-forme et aussi de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau.

5.3.4 Drain :

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainant longeant l'autoroute. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements.

Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet.

5.3.5 Descentes d'eau :

Dans les sections d'autoroute en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2,50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau. Elles sont

espacées généralement tous les 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1% . Lorsque la pente est inférieure à 1 %, leur espacement est varié entre 30 m et 40 m .

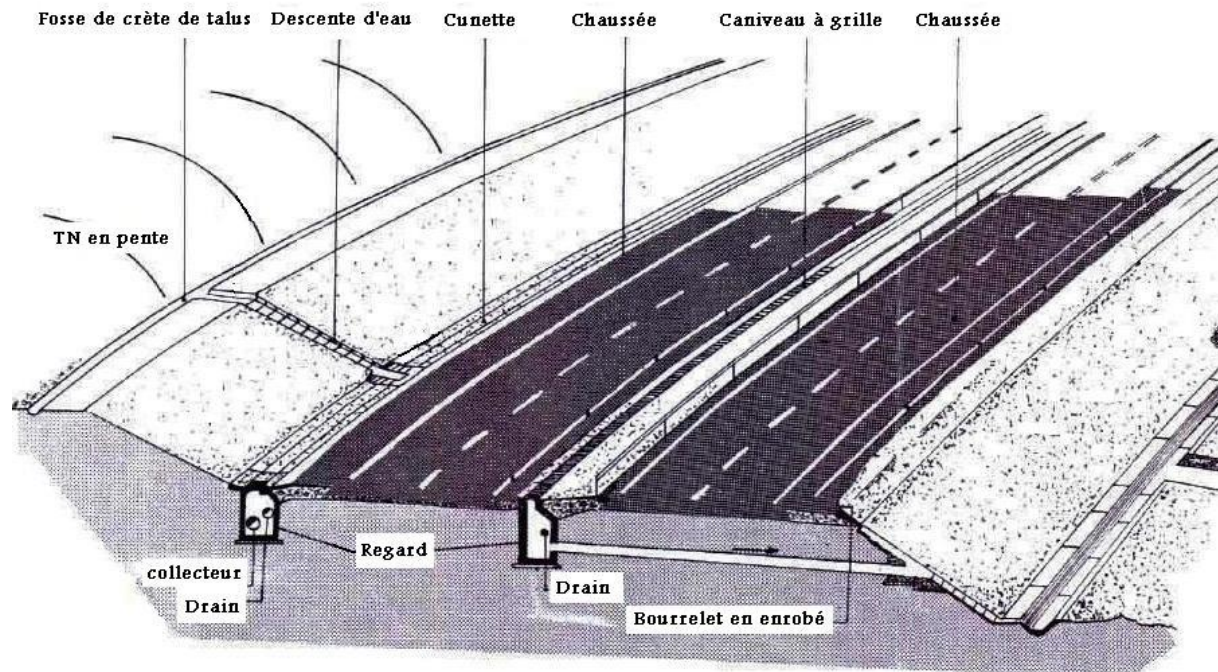


Figure III.8: L'emplacement des ouvrages d'assainissements [35] .

5.4. Définition des termes hydrauliques :

5.4.1 Bassin versant :

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

5.4.2 Collecteur principal (canalisation) :

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

5.4.3 Chambre de visite (cheminée) :

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent. Pour

faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100m.

5.4.4 Sacs :

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

5.4.5 Fossés de crêtes :

C'est un outil construit afin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des pluies .

5.4.6 Décence d'eau :

Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes .

5.4.7 Les regards :

Ils sont constitués d'un puits vertical, muni d'un tampon en fonte ou en béton armé, dont le rôle est d'assurer 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 .

6. Application au projet :

Les ouvrages d'assainissement existant dans l'ancienne voie est : Les passages busés (f 100), les cunettes en béton. Pour le nouveau projet, le même mode d'ouvrage des buses de (f 200) chaque 10m, et garder les même cunettes en béton . Pour le dimensionnement des buses :

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

$$Q_S = S_M \cdot K_{ST} \cdot R_H^{2/3} \cdot J^{1/2} \quad \text{III.17} \quad Q_A = K \cdot C \cdot I_T \cdot A \quad \text{III.18}$$

S_M : Section mouillée , $S_M = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$.

R_H : Rayon hydraulique , $R_H = \frac{R}{2}$.

$K_{ST} = 80$ pour les buses en béton .

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

$$Q_S = 80 \cdot (R/2)^{2/3} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot R^2 \cdot (J)^{1/2} \quad \text{III.19}$$

$$Q_S = Q_A \quad \Rightarrow \quad R^{8/3} = \frac{2^{5/3} \cdot Q_A}{80 \cdot \pi \cdot \sqrt{J}} \quad \text{III.20}$$

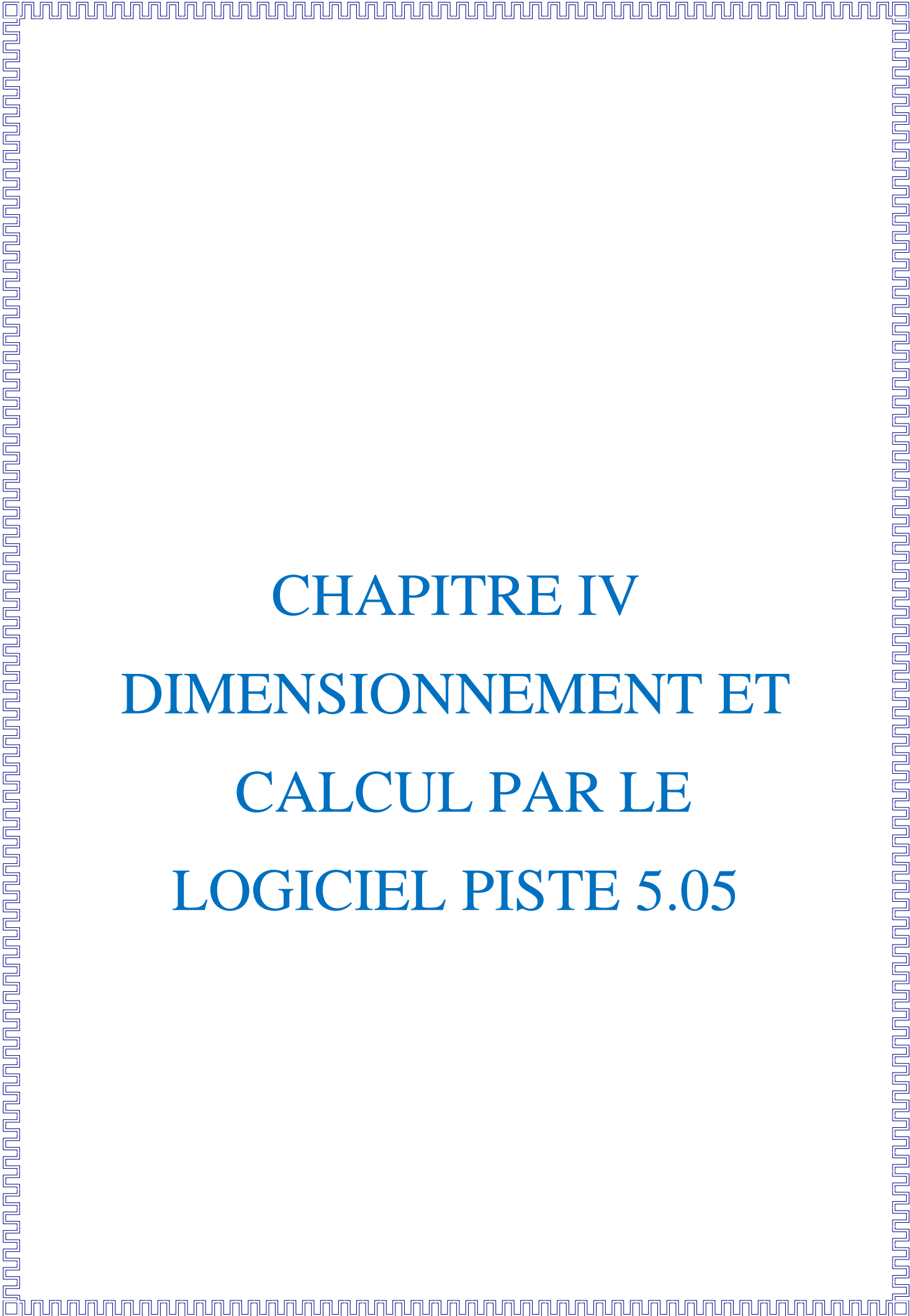
Une fois le rayon R est déterminé on prend le diamètre de la buse $\phi = 2R$.

7. Conclusion :

Dans ce chapitre on a : présenter notre projet dans ses différents contextes , citer les différentes parties d'une reconnaissance géotechnique .

On basant sur L'analyse des résultats obtenus à partir des essais réalisés sur le site et au laboratoire, on déduit que le sol présente de mauvaise caractéristiques du point de vue portance.

On a utilisé la méthode CBR parce qu'elle est la plus économique et aussi la plus répandue en Algérie. Les ouvrages d'assainissement existants ne sont pas bien dimensionnés, ils nécessitent : Un remplacement des buses de diamètre supérieur (remplacer les buses de diamètre $\emptyset = 1000$ par autres buses de diamètre $\emptyset = 2000$) .

A decorative border with a repeating geometric pattern of interlocking squares and lines, framing the entire page.

CHAPITRE IV
DIMENSIONNEMENT ET
CALCUL PAR LE
LOGICIEL PISTE 5.05

1. Introduction :

Elaboré en collaboration avec nos utilisateurs, Piste est depuis 25 ans un outil de conception adapté aux ouvrages linéaires tels que les tracés routiers . C'est l'outil de base pour les bureaux d'études devant concevoir des projets linéaires de génie civil depuis le simple chemin de remembrement jusqu'au projet autoroutier en passant par les projets de renforcement de chaussée existante. Sa souplesse lui permet en outre de pouvoir traiter toutes les études modélisables par profils en travers (canaux, digues, barrages, voies ferrées, travaux aéroportuaires, tranchées ...).

Successeur d'une lignée de produits conçus par le SETRA, Piste 5 respecte et reprend une méthode de conception basée sur 3 étapes :

- ✓ La définition d'un axe en plan et d'une tabulation .
- ✓ La définition le long de cet axe d'un profil en long .
- ✓ La construction de profils en travers respectant le profil en long et la tabulation .

En outre, de nombreuses interfaces lui permettent de communiquer avec d'autres produit . Actuellement, ce produit est une référence en matière de conception routière .

2. Présentation de Piste 5 :

L'interface utilisateur de **Piste 5** est organisée autour d'un système de menus déroulants permettant d'accéder aux différentes fonctions avec la souris ou le clavier .

Les dialogues nécessaires à l'exécution du programme sont effectués dans des boîtes de dialogue qui permettent de saisir interactivement les différentes valeurs . Les résultats de calculs sont dirigés dans des fenêtres de résultats permettant la consultation de l'intégralité des données après l'exécution du calcul . Les menus droits des modules de conception d'axes en plan et de profil en long sont contextuels. Ils varient en fonction des saisies effectuées en ligne de commande et font office d'assistance à l'utilisateur .

La gestion des utilitaires est accessible par un clic droit dans la zone graphique :

- ✓ Conception plane et conception longitudinale : Interroger, Panoramique, Zooms, Calques .

- ✓ Conception transversale : Profil, Panoramique, Zooms, Visualiser .
- ✓ Module **TPL** (Triangulation par Point et Ligne) : Panoramique, Zooms, Calques .

La gestion des utilitaires graphiques (zooms, configuration écran...) est accessible dans tous les niveaux de menu .

Le menu principal de Piste 5, proposé lors de l'ouverture du logiciel, est organisé autour de quatre menus déroulants :

2.1 Fichier :

Les fonctions Nouveau et Ouvrir permettent de créer ou d'ouvrir des fichiers de travail correspondant aux différents modules de conception de l'application :

- ✓ Conception plane (.dap) : Gestion des axes en plan d'un projet .
- ✓ Conception longitudinale (.dpl) : Gestion du profil en long associé à un fichier Piste .
- ✓ Conception transversale (.pis) : Regroupe l'ensemble des fonctions liées à l'utilisation d'un fichier Piste existant et comprend les modules suivants :
 - Prise en compte du terrain naturel .
 - Calcul des dévers .
 - Calcul des profils projet .
 - Calcul des perspectives .
 - Visualisations .
 - Sorties (Editions, Implantation et Dessin) .
 - Utilitaires divers .
- ✓ Fond de plan du module **TPL** (.seg) : Gestion du fond de plan terrain .
- ✓ Profil type (.typ) : Gestion des profils en travers type .

2.2 Affichage :

Permet la gestion de l'affichage des barres d'outils .

2.3 Outils :

Permet d'accéder à la configuration de Piste 5, aux modules de digitalisation, de gestion des *fichiers Piste* et de gestion des tables de dévers .

2.4 Application de la fonction point d'interrogation(?,Aide) :

Permet d'accéder à l'aide en ligne du logiciel ainsi qu'à la rubrique A propos . L'aide en ligne de Piste 5 n'est pas contextuelle. Il s'agit de la version électronique du manuel de référence .

3. Un projet Piste :

Un projet au sens de **Piste 5** est constitué par un fichier principal appelé fichier Piste (Le fichier Piste est organisé par profils en travers le long d'un axe réel ou fictif , vous serez donc amené à créer un fichier Piste pour chacun des axes de votre projet) . Ce fichier, organisé par profils en travers, contient toutes les informations nécessaires à l'étude. Il est reconnu par l'extension **.PIS** qui est associée à un ensemble de fichiers dont le nombre peut varier en fonction des données qu'il contient :

- ✓ **.PIS** : Données transversales (tabulation, lieu géométrique, décalages, lignes projet terrain naturel, assise, forme et base) .
- ✓ **.APL** : Eléments de l'axe en plan et zones de variation de dévers .
- ✓ **.PEL** : Eléments du profil en long .
- ✓ **.PLG** : Profil en long géologique .
- ✓ **.PER** : Perspectives .

3.1 Terrain naturel

Le terrain naturel est défini par 40 points maximum par profil pouvant être éventuellement complétés par le positionnement de segments de chaussée existante (projets de renforcement). Le terrain naturel n'est donc connu dans **Piste 5** que par les profils en travers terrain. Le profil en long terrain est déterminé automatiquement par l'ensemble des cotes terrain à l'axe .

La prise en compte du terrain dans un projet Piste consiste donc, à partir des données terrain disponibles, à générer les différents profils en travers terrain .

3.2 Projet

Le profil projet est constitué de 1 à 4 lignes de 40 points maximum chacune .

- ✓ **Projet** : ligne supérieure du projet .
- ✓ **Assise** : ligne de fond de forme permettant de déterminer les quantités de terrassement .

- ✓ **Forme** : ligne intermédiaire délimitant une première couche de la structure.
- ✓ **Base** : ligne intermédiaire délimitant une seconde couche de la structure .

Le nombre de lignes à définir dépend de la nature du projet et de la décomposition désirée du corps de chaussée .

4. Interface utilisateur :

4.1 Les opérateurs spécifiques :

Les opérateurs spécifiques correspondent à des manipulations supplémentaires qui permettent de communiquer avec l'outils informatique de façon conviviale afin de compléter les tâches qui se résume dans le tableau suivant :

Tableau IV.1: Les opérateurs spécifiques de l'utilisateur de Logiciel Piste5.05 [36] .

Opérateur	Description
AXE	Composition d'un axe en plan
CER	Construction d'un cercle
DEP	Dépendances d'un élément
DIS	Définition d'une distance
DPA	Calcul de déport d'axe
DRO	Construction d'une droite
EFE	Effacement d'élément
FIN	Sortie du module
GIS	Définition d'une valeur angulaire
IMP	Impression
INT	Calcul d'intersections
LIA	Construction d'une liaison
LIR	Lecture d'un fichier de commandes
LIS	Liste des commandes
MAN	Passage en mode de recalcul manuel
POI	Définition d'un point
TAB	Tabulation d'un axe
ZON	Création d'une zone de tabulation

Les mots-clés utilisables comme opérande :

Tableau IV.2: Les mots-clés de l'utilisateur de Logiciel Piste5.05 [36] .

Mot-clé	Description	Opérateurs possibles
AUTO	Fin d'axe automatique	AXE
COVE	Calcul d'une ove	CER , LIA
FIC	Redirection des résultats dans une fenêtre de résultats	IMP,DEP,DPA,TAB,SOM,LIS
FIN	Fin de définition d'un axe	AXE
LOC	Calcul local sans mémorisation	TAB
LONG	Définition par longueur d'une clothoïde	DIS,CER,DRO,LIA
RAPA	Définition par paramètre d'une clothoïde	DIS,CER,DRO,LIA
PIS	Avec un fichier Piste	AXE,DPA,TAB,IMP
PRN	Redirection des résultats dans une fenêtre de résultats	IMP,DEP,DPA,TAB,SOM,LIS
PRO	Effacement d'abscisses imposées	EFE
RIPA	Définition par ripage d'une clothoïde	DIS,CER,DRO,LIA
SSYM	Définition d'une courbe en S	CER,LIA
TOT	Listage total	LIS
ZON	Effacement de zones de tabulation	EFE

5. Application du tronçon routier au logiciel Piste5.05:**Fond de plan TPL (Triangulation Points et Lignes) (.seg) :**

Si la lecture a été effectuée, vous pouvez lancer la triangulation qui consiste à déterminer, pour tous les points, des facettes triangulaires qui modélisent le semis. Si des lignes sont définies, le calcul commence par celles-ci de façon à les respecter dans la définition des triangles. Les lignes permettent donc de forcer la triangulation à respecter les lignes caractéristiques du terrain (rupture de pente, chaussée, fossés...).

Après avoir fait la triangulation et les courbes de niveau avec un pas de 0.5m et aussi les points hauts et bas .

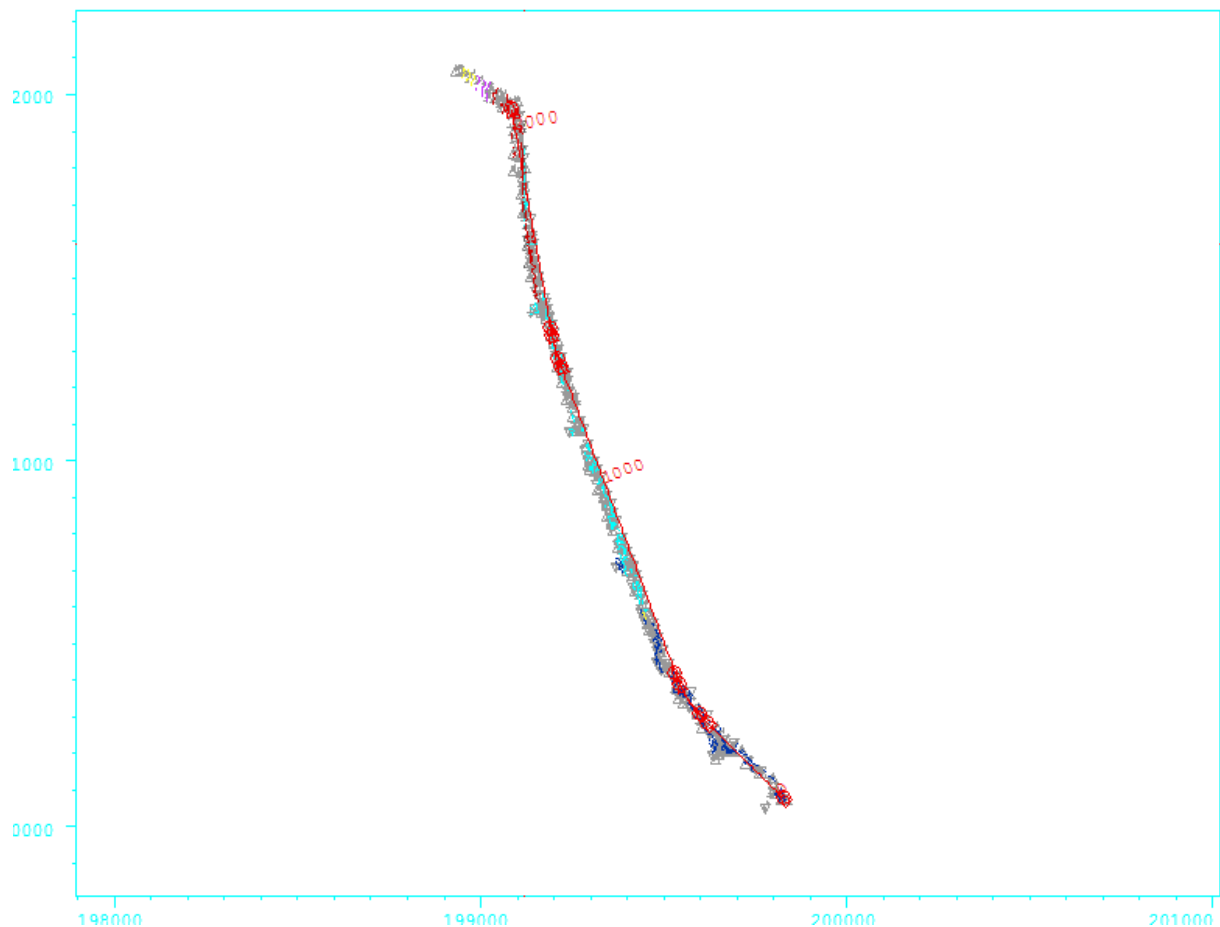


Figure IV.1: Tracé en plan [37] .

5.1 Définition de l'étape conception plane (.dap) :

Le module de conception plane permet la mise au point et le calcul de la projection horizontale des axes d'une route, d'une voie de chemin de fer ou d'autres projets d'infrastructures .

Le module de conception plane offre les fonctionnalités suivantes :

- ✓ Définition d'éléments de base (points, distances, angles, tables de raccordement) .
- ✓ Calcul d'éléments géométriques (cercles et droites) et d'éléments de liaison (clothoïdes, courbes en S, courbes en C et courbes à sommet) .
- ✓ Calcul d'axes en plan définis par l'assemblage d'éléments préalablement créés et définition de leurs options de tabulation .
- ✓ Pour chacun des axes, création d'un projet (fichier Piste), par mise en place des profils en travers lors d'une tabulation .

Pour définir chaque axe en plan composant votre projet, vous devez suivre la démarche suivante:

- ✓ Définition des objets élémentaires : Les points : On a choisis quatre (04) points p1 p2 p3 p4.
- ✓ Calcul des éléments de base : Les droites : On a trois (03) droites D1 entre p1 et p2 , D2 entre p2 et p3 , D3 entre p3 et p4 ; Les liaisons : On a deux (02) liaisons L1 entre D1 et D2 , L2 entre D2 et D3 ; Les rayons : $R1 = 300$, $R2 = 500$; Le paramètre du clothoïde $A = 100$.
- ✓ Définition et calcul de l'axe : Grouper tout les éléments (p1 , D1 , L1 , p2 , D2 , L2 , p3 , D3 , p4) .

La tabulation de l'axe (chaque 10m) (La tabulation découpe l'axe et définit les données d'altimétrie inclus dans une coupe. Elle représente la position d'extraction des profils en travers à partir du modèle surfacique du Terrain naturel), et créer un fichier Piste :

de 1 jusqu'a 216 profil .

La prochaine étape avant de calculer les profils en longs c'est déterminer Z (l'interpolation) des profils (on que x et y) :

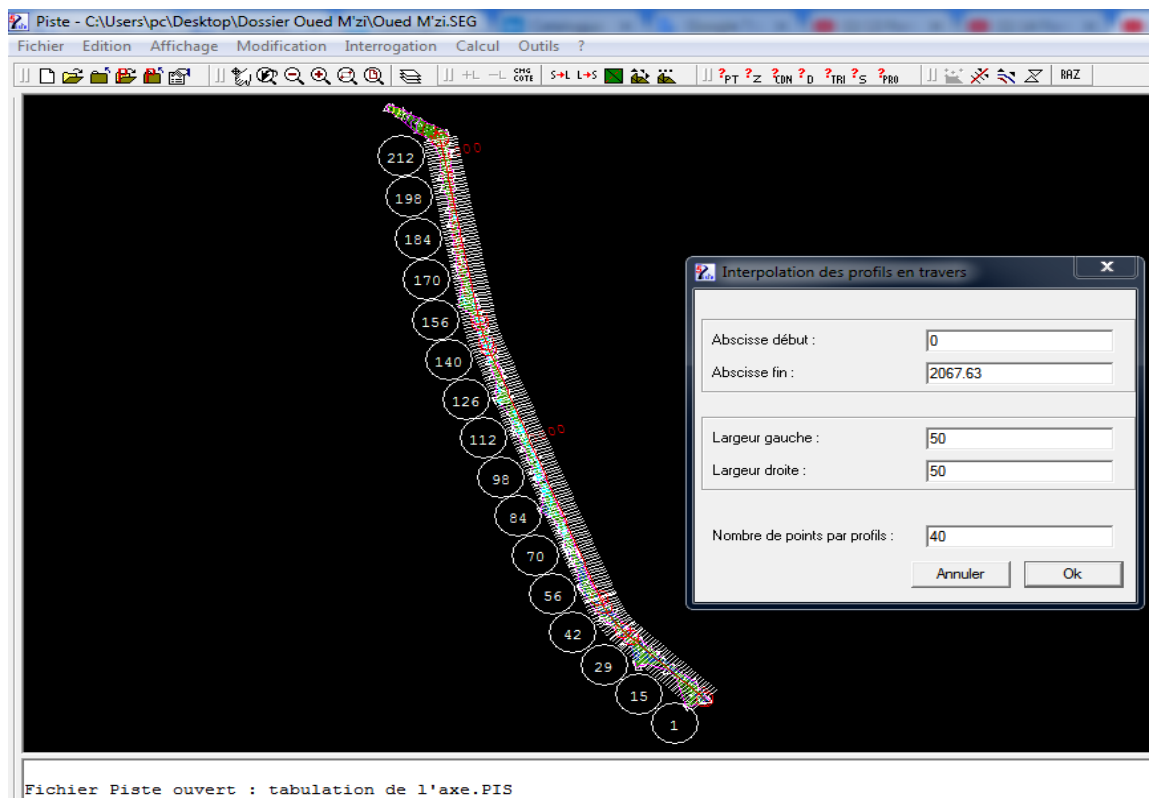


Figure IV.2: La tabulations de l'axe [37] .

Nous avons constaté lors de notre manipulation l'importance du détails du nombre de points à interpoler car il s'agit d'une compilation qui exige cette condition afin de fonctionner . Ce qui nous laisse dans notre cas à comptabiliser un nombre de 216 points sur 216 interpolations .

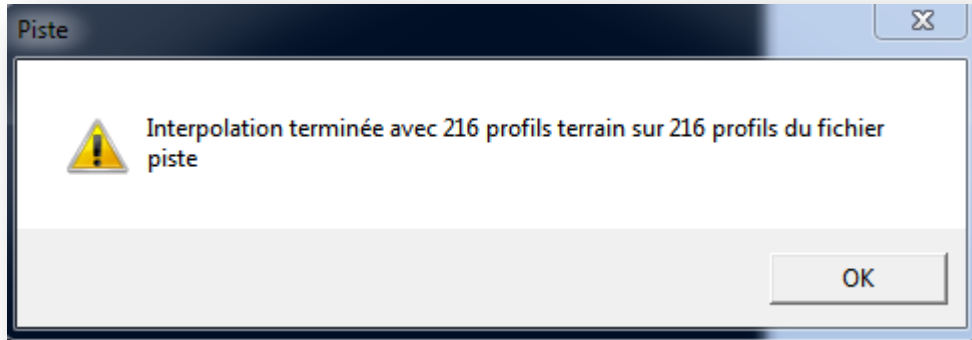


Figure IV.3: L'interpolation des profils [37] .

5.2 Réalisation de l'étape conception longitudinale (.dpl) :

Le module de conception longitudinale permet la mise au point et le calcul de la coupe verticale de l'axe en plan d'une route, d'une voie de chemin de fer ou d'autres projets d'infrastructures .

Le module de conception longitudinale offre les fonctionnalités suivantes :

- ✓ Définition et calcul d'éléments géométriques : points, rayons, pentes, paraboles et droites .
- ✓ Calcul d'un profil en long défini par l'assemblage d'éléments géométriques préalablement définis ou de sections de courbes cubiques définies par des points de passage .
- ✓ Mise à jour des cotes projet au droit de l'axe ou définition et calcul d'une tabulation déterminant la mise en place des profils en travers .
- ✓ Calcul de déports d'axe facilitant l'étude de recalibrage de chaussées .
- ✓ Définition d'un axe en mode interactif .
- ✓ Définition de la ligne rouge .

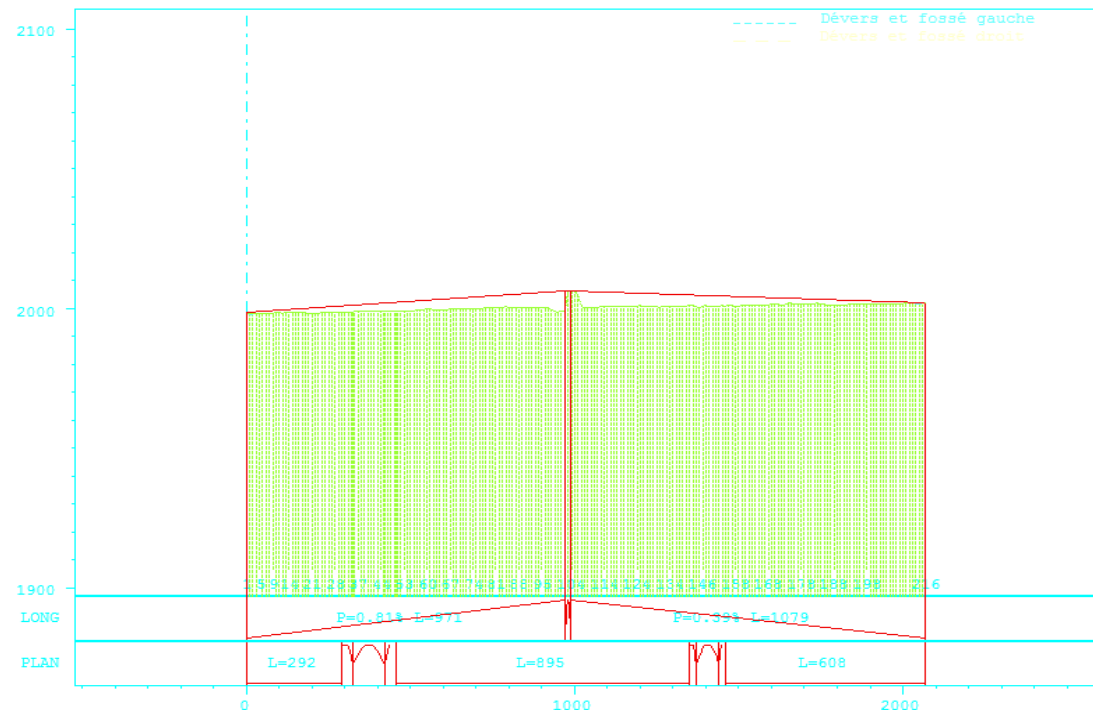


Figure IV.4: Profil en long [37] .

5.3 Définition de l'étape création profil en travers type (.typ) :

La création d'un profil en travers type d'une route c'est définir les éléments suivant :

- La plate-forme : Dans la case de la plate-forme on va citer : la demi-largeur de la chaussée (pour une voie seulement) (dans notre cas la largeur 7.00m donc on prend $L=3.5m$), la largeur et la pente de l'accotement ($L=1m$ et $P=-4\%$), le devers , la terre-plein central s'elle existe (dans notre elle n'existe pas) .

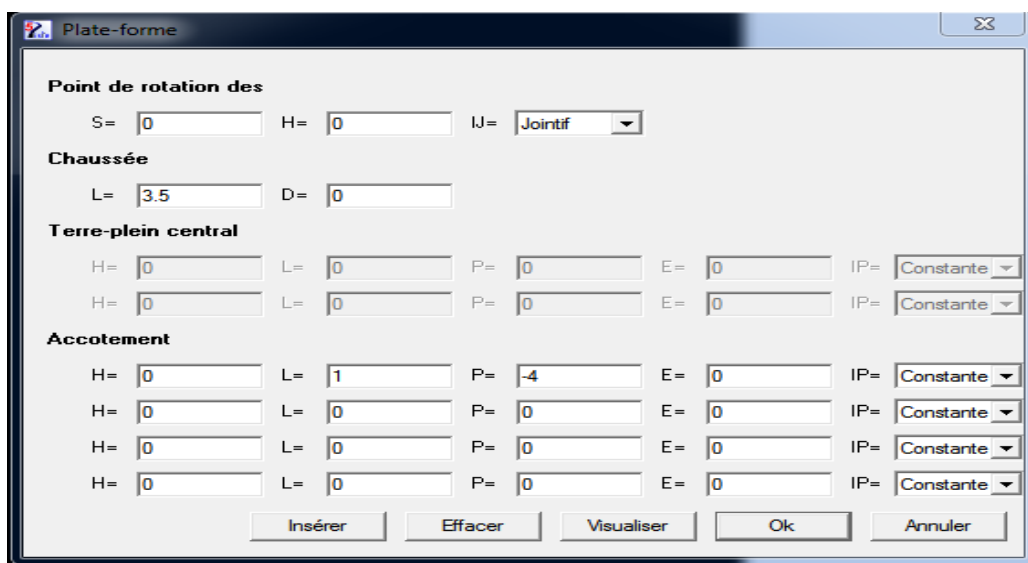


Figure IV.5: Plate forme [37] .

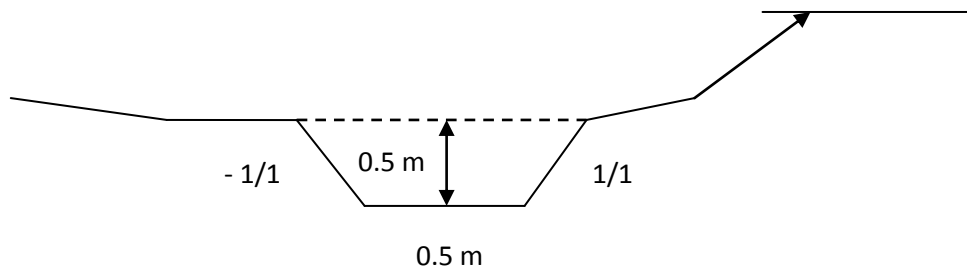


Figure IV.6: Schématisation de la plate forme .

- Le déblais : Dans la case du déblais on va introduire les dimensions de talus $L1 = 0.5m$ $P1 = -100\%$, $L2 = 0.5m$ $P2 = 00\%$, $L3 = 0.5m$ $P3 = 100\%$; les dimensions de berme $L = 0.6m$ $P = 8\%$; les dimensions de talus $L = -1$ (pour qu'il ne sera pas constant) $P = 2/3 = 67\%$.

Talus de							
H=	0	L=	0.5	P=	-100	E=	0
H=	0	L=	0.5	P=	0	E=	0
H=	0	L=	0.5	P=	100	E=	0
H=	0	L=	0.6	P=	8	E=	0
H=	0	L=	-1	P=	67	E=	0
H=	0	L=	0	P=	0	E=	0
H=	0	L=	0	P=	0	E=	0
H=	0	L=	0	P=	0	E=	0
H=	0	L=	0	P=	0	E=	0
H=	0	L=	0	P=	0	E=	0
H=	0	L=	0	P=	0	E=	0
H=	0	L=	0	P=	0	E=	0

Figure IV.7: Déblais [37] .

- Le remblais : Dans la case du déblais on va introduire seulement une petite berme de $L = 0.6\text{m}$ et $P = -8\%$ pour la signalisation après il vient notre remblais de $L = -1\text{m}$ et $P = -67\%$.

Remblai

Talus de remblai

H=	0	L=	0.6	P=	-8	E=	0
H=	0	L=	-1	P=	-67	E=	0
H=	0	L=	0	P=	0	E=	0
H=	0	L=	0	P=	0	E=	0
H=	0	L=	0	P=	0	E=	0
H=	0	L=	0	P=	0	E=	0
H=	0	L=	0	P=	0	E=	0
H=	0	L=	0	P=	0	E=	0

Fossé de pied de

L=	0	P=	0		
P1=	0	L0=	0	P2=	0
H1=	0	H2=	0		
L=	0	P=	0		

Insérer Effacer Visualiser Ok Annuler

Figure IV.8: Remblais [37] .

- La couche d'assise : C'est le corps de chaussée complet , elle contient trois couches couche de roulement , couche de base et enfin la couche de fondation . On a pris $E = 0.5\text{m}$, la longueur des accotements est $L = 1\text{m}$.

De ce qu'on a vue dans le premier chapitre , la couche d'assise c'est la couche de fondation + la couche de base (Figure I.2) . Dans le logiciel Piste5.05 les couches ont une autre définitions .

Figure IV.9: La couche d'assise [37] .

- La couche de forme : C'est pas le même couche que l'on connaît , cette couche de forme dans ce logiciel est différente , c'est la couche de roulement + la couche de base les deux premières couches . On a pris l'épaisseur de cette couche $E = 0.2\text{m}$ et une longueur des accotements égal à 1m avec une pente qui teint vers l'infini ($P=999999$) pour que les accotements augmente à 90° .

Figure IV.10: La couche de forme [37] .

- La couche de base : C'est la dernière couche , couche de roulement . On a pris l'épaisseur de cette couche égale à $E = 0.08\text{m}$, et une longueur des accotements égal à 1m avec une pente qui teint vers l'infini ($P=999999$) pour que les accotements augmente à 90° .

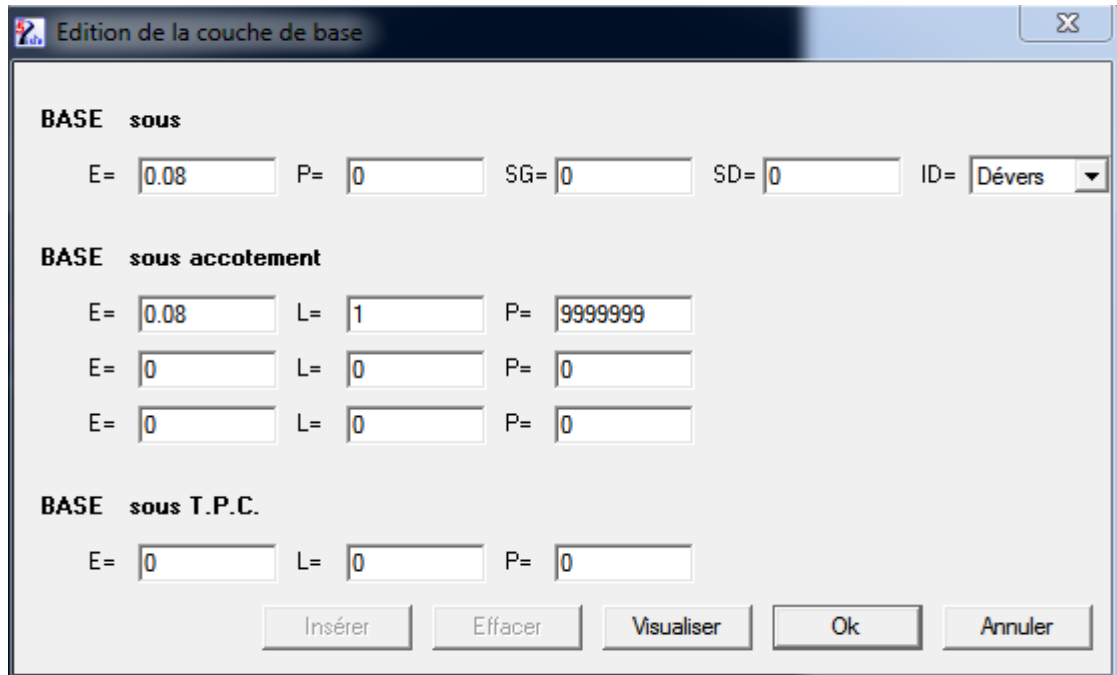


Figure IV.11: La couche de base [37] .

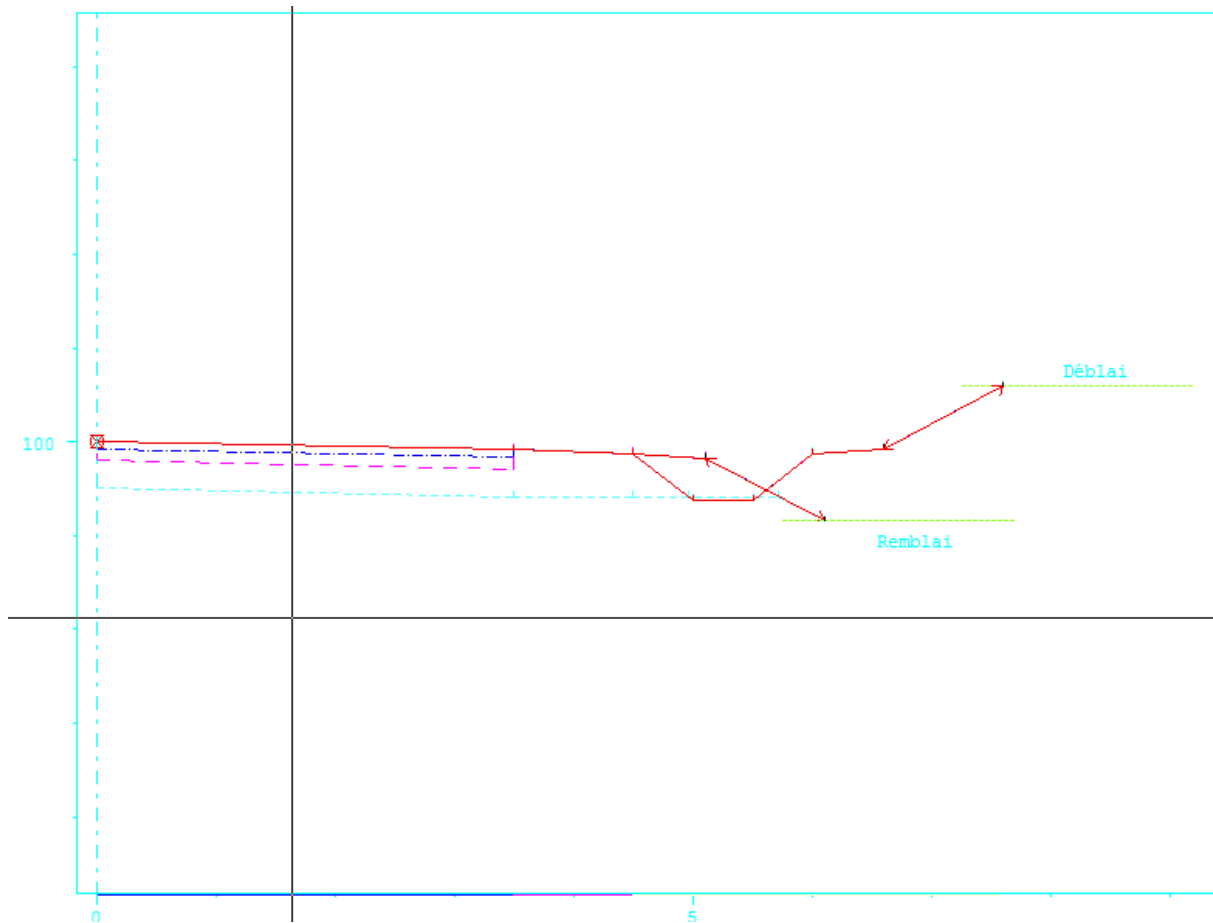


Figure IV.12: Demi Profil en travers type [37] .

5.4 Réalisation de l'étape conception transversale (.pis) :

L'étape conception transversale nous permet de calculer les perspectives, les différentes visualisations du projet, les sorties (édition, implantation et dessin) ainsi que les utilitaires présents dans ce module .La gestion du terrain naturel, le calcul des dévers ainsi que le calcul des profils projet font partie du module de conception transversale .

Ce module regroupe les fonctions liées à un fichier Piste existant qui doit être sélectionné à l'entrée . Les fonctions implémentées sont :

- ✓ Gestion du terrain naturel .
- ✓ Calcul des dévers .
- ✓ Calcul des profils projet .
- ✓ Calcul des perspectives .
- ✓ Visualisation du projet (tracé en plan, profil en long, profils en travers et perspectives) .
- ✓ Composition et impression des tableaux d'édition .
- ✓ Calculs d'implantation .
- ✓ Dessins (tracé en plan, profil en long, profils en travers, perspectives et tracé combiné) .
- ✓ Gestion du fond de plan .

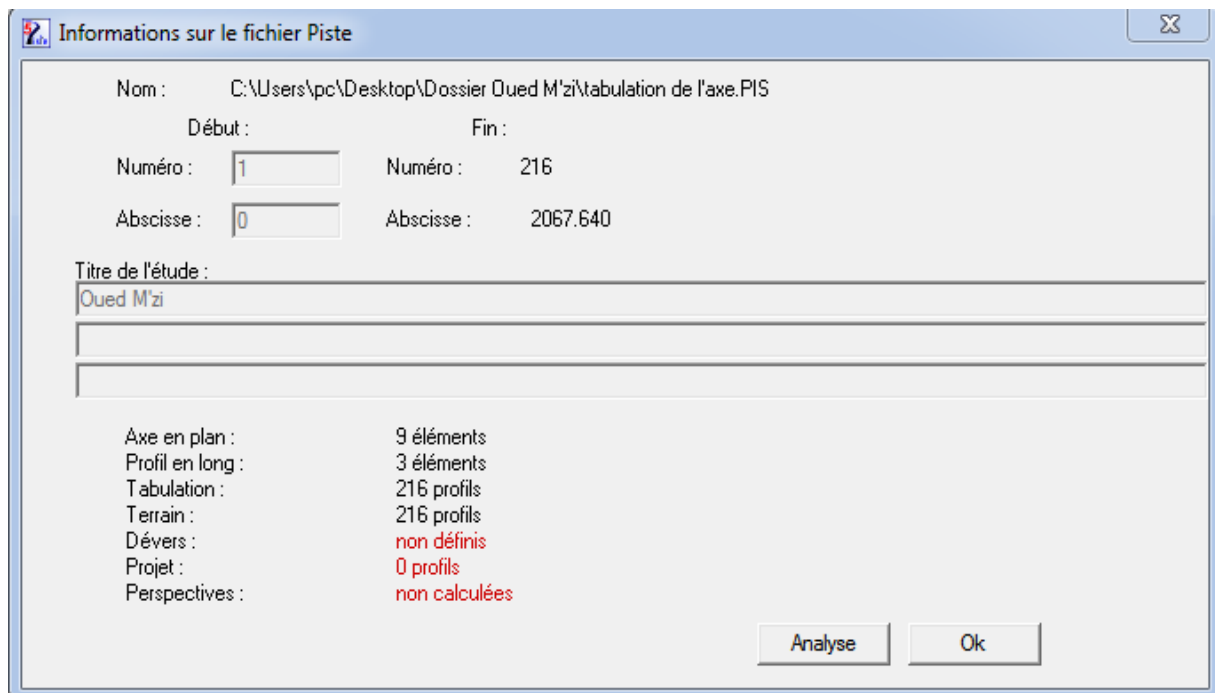
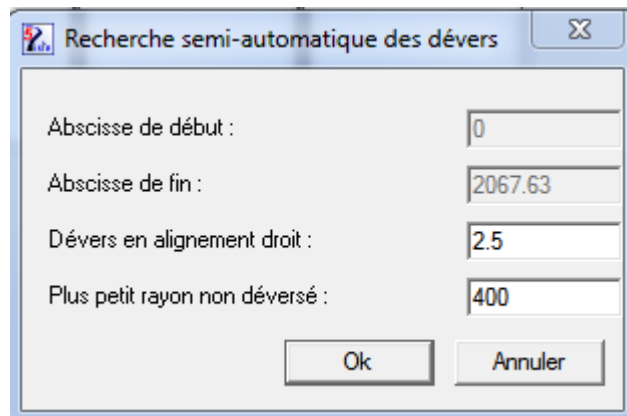


Figure IV.13: Information sur notre fichier Piste [37] .

La prochaine étape est de calculer le devers :



Recherche semi-automatique des dévers

Abscisse de début : 0

Abscisse de fin : 2067.63

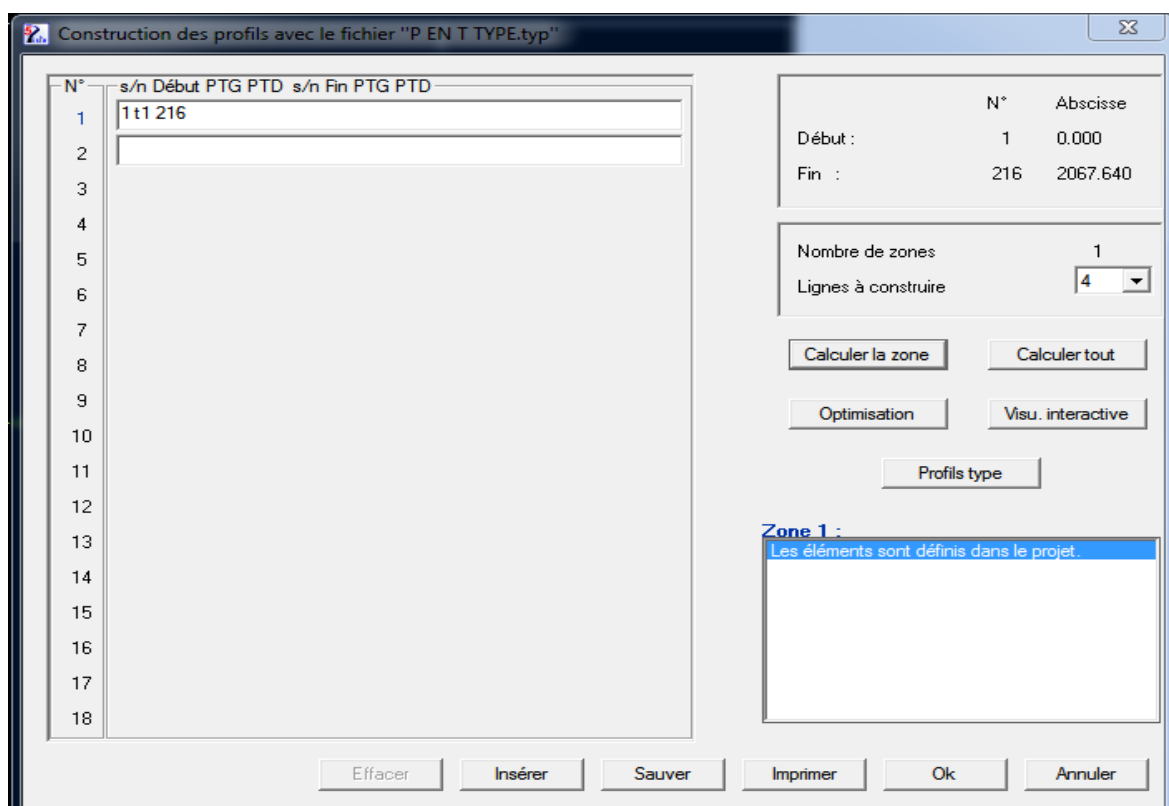
Dévers en alignement droit : 2.5

Plus petit rayon non déversé : 400

Ok Annuler

Figure IV.14: Le calcul de devers [37] .

La prochaine étape est de calculer le projet :



Construction des profils avec le fichier "P EN T TYPE.typ"

N°	s/n Début	PTG	PTD	s/n Fin	PTG	PTD
1	1t1		216			
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						

Début : 1 0.000

Fin : 216 2067.640

Nombre de zones : 1

Lignes à construire : 4

Calculer la zone Calculer tout

Optimisation Visu. interactive

Profils type

Zone 1 :
Les éléments sont définis dans le projet.

Effacer Insérer Sauver Imprimer Ok Annuler

Figure IV.15: Le calcul du projet [37] .

6. Analyse des résultats obtenues :

Suite à l'intégration des données de notre tronçon routier dans le logiciel Piste5.05 , il suffit de compiler pour obtenir directement les résultats de notre profil en travers avec tout le détails d'exécution possible . Il est représenté dans le schéma suivant la coupe transversale que nous avons obtenue pour pouvoir appliquer l'équilibre (Remblais/Déblais) .

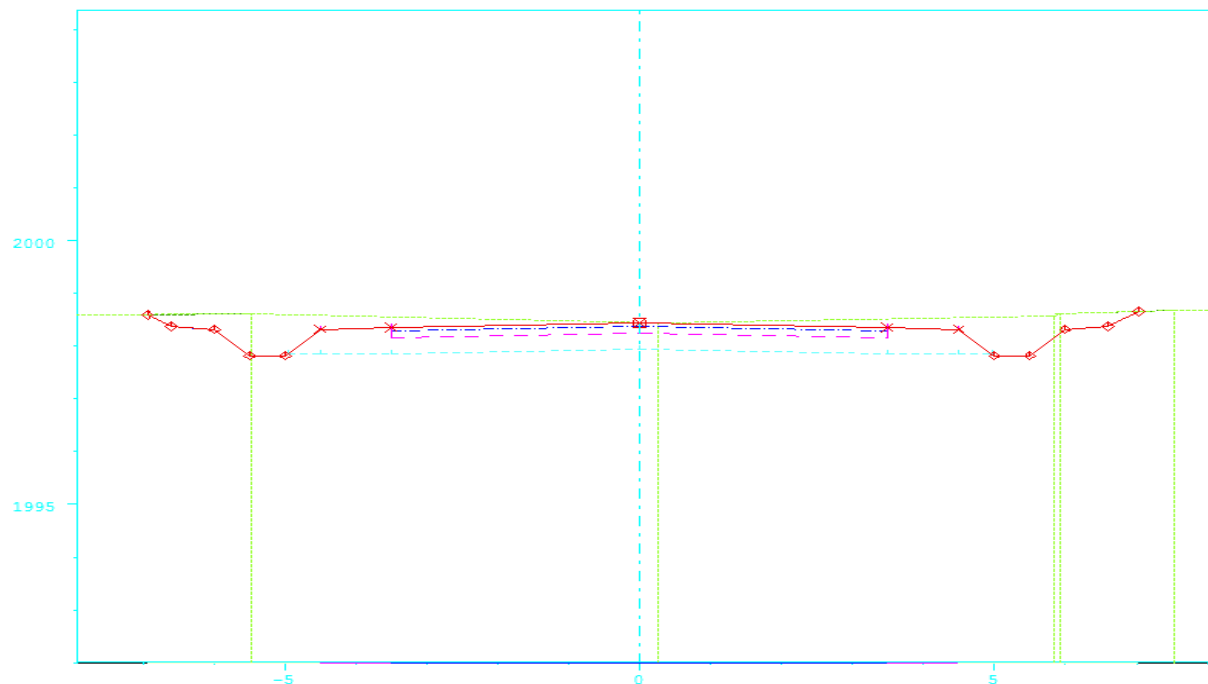


Figure IV.16: Profil en travers [37] .

Dans notre cas le tronçon routier est à proximité d'une zone urbaine dont la dénivelé est plus basse . Ce qui nous oblige à agir en conséquence et de suivre la dénivelé de l'ouvrage existant dans le sens ou nous agissant de sorte que la hauteur de protection soit maintenue afin que la route sert de digue . Par la suite , l'équilibre est établis selon le résultat du profil en travers .

Dans la prochaine étape , il est présenté le calcul des cubatures . Cette étape se résume à la manipulation des variantes que l'on peut développer à travers la combinaison de plusieurs paramètres entre eux . Nous constatons sur la Figure IV.17 qu'il a une multitude de possibilités à entreprendre pour proposer de diverses solutions . Comme aussi , il est possible de désactiver le nombre important de variantes afin d'obtenir une spécification dans les résultats souhaité comme il est présenté ci-dessous .

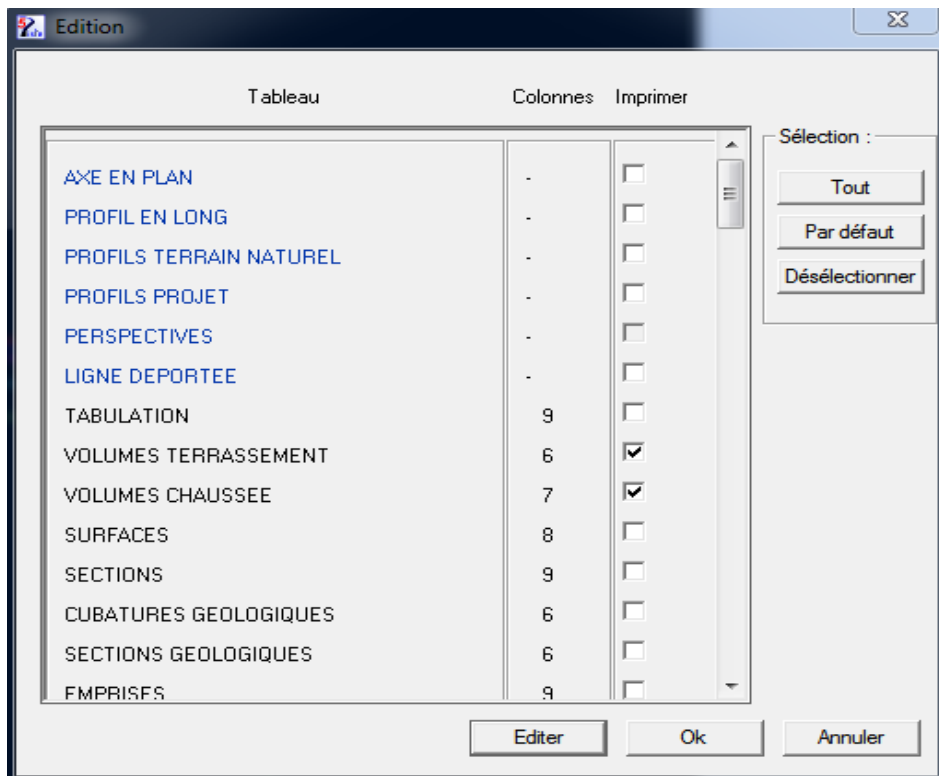
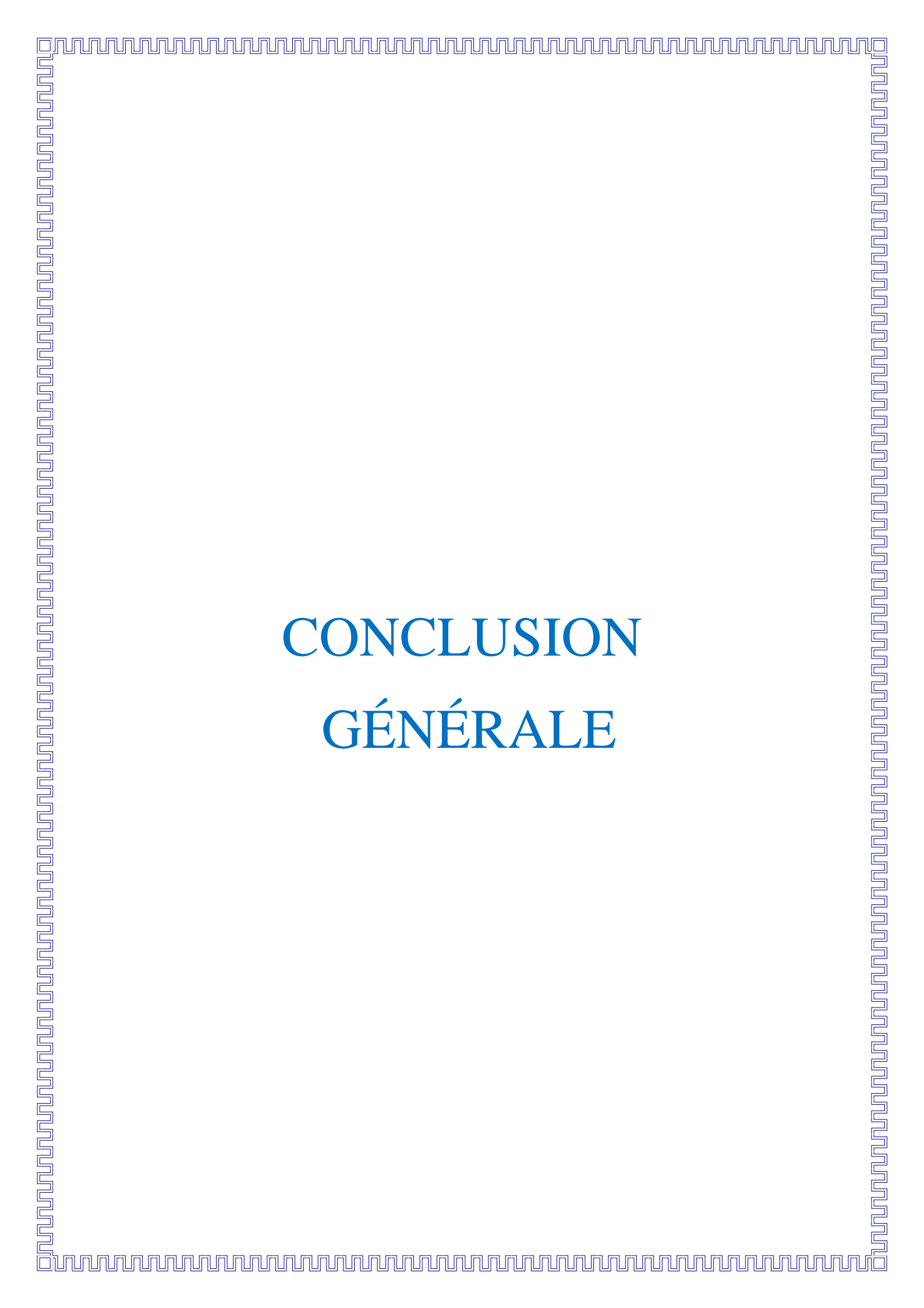


Figure IV.17: Le calcul des cubatures [37] .

7. Conclusion :

L'utilisation de logiciels de calcul et de dessin est une technologies assez bénéfique dans le domaine des travaux publics . L'utilisation du logiciel **Piste5.05** nous a permis de traiter rapidement et avec précision le tracé à effectué lors de la réalisation sur chantier . Dans notre cas , le tronçon routier étudié est à forte densité de trafic étant donné qu'il s'agit d'une déviation extra-urbaines . De plus cette route mène a l'extrême Sud d'ou son importance et sa vulnérabilité par sa situation à proximité d'Oued M'zi ce qui nous oblige a prendre en considération toutes ces données pour pouvoir renforcer convenablement cette partie . Par ailleurs le risque d'inondations , ils nous est difficile de d'assurer sa fonction pour une durée déterminé au préalable selon le logiciel **Piste5.05** . D'autres part , et pour des raisons de gestion et d'aménagement urbain , souvent l'aspect technique sera mit en dernier plan . Ce qui fait que l'opération de réparation et de renforcement du tronçon routier d'Oued M'zi se fera cas par cas .

A decorative border with a repeating geometric pattern of interlocking squares and lines, rendered in a light blue color, frames the entire page.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce projet de fin d'études a été une opportunité pour nous afin de concrétiser nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation afin de pouvoir diminuer la dégradation répétées que subit cette partie de la Route National une (RN1), et aussi une occasion pour nous d'approcher et de se mettre en contact avec des professionnels des Travaux Routiers et d'apprendre à chercher des solutions à tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter lors d'une étude d'un projet routier dans un relief difficile où nous a été confié ce tronçon routier de « Khat El Oued » comme étant un contournement de la ville de Laghouat,

Ce projet nous a permis aussi d'acquérir une bonne connaissance des caractéristiques physico-mécanique du sol support, de la nature du trafic routier et des tracés géométriques et qui sont considérés comme parties prenantes pour le dimensionnement ainsi que les problèmes de stabilités et les conditions de l'environnement. De plus une élaboration des solutions aux remblais adéquates utilisées dans cette zone déjà déclaré comme zone inondable afin de parer les remontés des eaux en temps de crue. Le technicien routier est appelé à faire face aux problèmes techniques et administratifs qui peuvent se présenter ainsi que d'une part le bon usage technique pour réalisation structurelle de qualité ; d'autre part une bonne gestion économique dans l'étude et dans l'entretien ultérieur.

Il était aussi une grande occasion pour nous pour savoir le fonctionnement et l'utilisation des logiciels de calcul et de dessin notamment le PISTE5 (version 5.05) ainsi la maîtrise des nouvelles technologies dans le domaine des travaux publics au laboratoire.

En fin, l'élaboration de ce travail a été bénéfique pour nous et elle nous a ouvert les ports du monde professionnel.

Par ailleurs, il est toujours important de faire un suivi de l'évolution de ce tronçon routier, son fonctionnement après quelques années de service et surtout les périodes de retour des pluies diluviennes et crues saisonnière, qui au fait, on été mentionnées comme cause principale de la détérioration et de la démolition d'une partie de cette route « Khat El Oued »

A decorative border with a repeating geometric pattern of interlocking squares and lines, rendered in a light blue color, frames the entire page.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BIBLIOGRAPHIE

- [1] H. Imad , H. el Farah , mémoire « Etude de modernisation et renforcement du cw55 sur 9km dans la wilaya de Sidi Bel abbés » . Ecole Nationale des Travaux Publics , 2008 .
- [2] A.ABDENOUR , B.KARIM , mémoire «Etude de modernisation et de renforcement de la RN30 sur 20km » . Ecole Nationale des Travaux Publics .
- [3] N. Tayeb , G. Bachir El ghawar , mémoire « Etude comparative des méthodes de dimensionnement et renforcements de chaussée » . Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics , 2009 .
- [4] H. Yazid , Z. Souhail , mémoire « Etude du contournement de la ville de kais avec aménagement de deux échangeurs » . Ecole Nationale des Travaux Publics , 2008 .
- [5] B. Messaoud , mémoire «Etude en APD du dédoublement de la route nationale 43 entre Sidi Abd Laaziz et Beni Mazouz sur 7,6 km » . Ecole Nationale des Travaux Publics , 2008 .
- [6] A. Nourddine , B. Abdelkarim , mémoire « Etude en phase APD d'un échangeur entre la 2^{ème} rocade sud d'Alger et le chemin de wilaya CW16 . Ecole Nationale des Travaux Publics, 2008 .
- [7] O. Ahmidouval , B. Zakaria , mémoire « Etude en APD du dédoublement de la RN07 sur 12km Sidi Bel abbés - Tlemcen » . Ecole Nationale des Travaux Publics , 2008 .
- [8] B. Nadjette , mémoire « Aide au choix et au dimensionnement des corps de chaussée souple » . Centre universitaire de Tebessa , Institut de Génie civil .
- [9] C. Soumiya , mémoire « Les matériaux locaux et leur utilisation dans les couches d'assises des chaussées routières : Création d'une banque de donnée nationale » . Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene , 2013 .
- [10] G. Younes , mémoire « Relevé et classification automatique des dégradations des routes bitumées » . Université Amar Télidji Laghouat , 2009 .
- [11] T. Mounir , mémoire « Comportement non-linéaire des chaussées souples et effets des conditions d'interface : Application à la construction routière en Algérie » . Ecole Nationale Polytechnique , 2012 .
- [12] C. Med Sadok , D. Badreddine , mémoire « Etude d'aménagement et modernisation du CW24 sur 12/24 km (chlef) » . Ecole Nationale des Travaux Publics, 2008 .
- [13] A. Abdeslem , mémoire « Etude géotechnique du complexe technique métro d'Alger El Annesser » . Ecole Nationale des Travaux Publics, 2008 .
- [14] Cours routes 4^{ème} année .

- [15] Site d'internet : www.4Geniecivil.com .
- [16] Direction des Travaux Publics de la wilaya de Laghouat (témoignage et documentation) .
- [17] Laboratoires des Travaux Publics du Sud (L.T.P.S) .
- [18] C. Danard et autres , livre « Entretien des chaussées urbaines . Guide méthodologique » . Arts graphiques d'écouves , France , 1993 .
- [19] Jean-pierre Gyéjacquot , livre « Conception , réalisation et entretien de la voirie , chaussée , trottoirs , carrefours , signalisation » . Les presses de Jouve à Mayenne , France , 2015 .
- [20] Site d'internet : Wikipedia .
- [21] Le journal Temps d'Algerie Octobre 2016 .
- [22] Colas , livre : « Construction de la route » . Colas , 2006 .
- [23] N. Armel , N. Wilfried , mémoire « Elaboration d'un catalogue de dimensionnement des chaussées neuves avec la méthode rationnelle » . Institut international d'ingénierie .Burkiba Fazo .
- [24] Cours pathologie et réhabilitation des ouvrages d'arts .
- [25] Normes technique d'aménagement des routes B40 .
- [27] Google Maps .
- [28] Présentation de la wilaya de Laghouat , monographie D.P.A.T .
- [29] Hydrologie et Hydrogéologie du bassin versant de l'Oued de M'zi (Laghouat , Algerie) .
- [30] Site d'internet : <http://www.planet-tp.com/route-r5.html> .
- [31] K. Fatima-zohra , G. Ahmed , livre « Manuel de projet de routes » . Office des publications universitaires (2^{ème} édition) , 2012 .
- [32] Société d'Etudes et Réalisation d'Ouvrages d'art de l'Est (SERO-EST) .
- [33] Direction de l'Hydraulique de la wilaya de Laghouat .
- [34] B. Zine-Eddine , mémoire « Etude de l'évitement de Mechria sur 06km dans la wilaya de Naama » . Université Aboubeker Belkaid Tlemcen , 2012 .
- [35] M. Mohamed , O. Omar , mémoire « Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN01 entre le commun Bouzbayar et le chef lieu de Laghouat (du PK 516 au PK 522) . Université Kasdi Merbah Ouargla , 2016 .
- [36] Service d'Etudes Techniques des Routes et Automoutes (SETRA) ,Piste 5.05 Conception d'infrastructures linéaires .
- [37] Modélisation par le logiciel Piste 5.05 .

A decorative border with a repeating geometric pattern of interlocking squares and lines, rendered in a light blue color, frames the entire page.

ANNEXES



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTÉ : GÉNIE CIVIL ET ARCHITECTURE

DÉPARTEMENT : GÉNIE CIVIL

RESUME DE MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Génie civil

Option : Voies et Ouvrages d'Art

Thème : Analyse Du Comportement Structurel Et Renforcement De La Chaussée Du Tronçon Routier 'Khat El Oued ' Dans La Ville De Laghouat Suite Au Débordement De Oued M'zi Du 29 Au 30 Septembre 2016.

Présenté par : Abdi Med Saadi

Encadré par: M^{me} F. Boulaghmen

Résumé :

Ce projet de fin d'étude a pour problématique le renforcement globale du corps de chaussée qui, à l'origine, a subit de fortes dégradations de ce tronçon routier stratégique contournant la ville de Laghouat et destinée aux véhicules lourds et qui a subis des dommages considérable après le débordement d'Oued M'zi du 29 au 30 Septembre 2016 et La réfection du réseau d'assainissement a pour objectif la durée de vie ainsi que l'endurance de ce tronçon routier. Le travail a été élaboré en deux parties. Dans la première partie consiste à la réalisation de l'étude elle même et qui a pour but l'analyse et le comportement structurel de la chaussée existante afin d'adopter le type d'intervention adéquat de réparation et renforcement. Cette partie regroupe trois chapitre : la campagne de relevé des dégradations, l'analyse des matériaux au laboratoire et en fin l'étude de dimensionnement et de renforcement à l'aide du logiciel de calcul Piste5.05. La seconde partie de ce projet concerne essentiellement les ouvrages d'assainissement à réalisé sur ce tronçon routier.

Mots clés : Assainissement, Dégradation, Dimensionnement, Infrastructure, Piste5.05 Renforcement Route.