



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté de Génie de la Construction

Département de Génie Civil

Travaux publics

*Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en
Travaux Publics*

Option : Voies et Ouvrages d'Arts



Thème

***Etude de réhabilitation d'un tronçon auto-routier
de la RN12 de PK27+500 au PK36+000 sur un
linéaire de 8,5 Km***

Proposé par : DTP

Réalisé par :

- LAMALI Karima**
- CHIBANE Nadia**

Encadré par :

M^{me} GHANEM Fadhila

Promotion : 2021/2022





REMERCIEMENT

«Après le verbe aimer, vient le verbe aider, mais remercier est assurément le troisième plus beau verbe dans toutes les langues.»

Tout d'abord, nous tenons à remercier le bon Dieu, le clément et le miséricordieux de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.


Nous remercions mes parents pour leurs aides matérielle et morale durant toute la période de ma formation.

Nous adressons nos remerciements à notre encadreuse Mme GHANEM FADHILA, de nous avoir guidé pour la réalisation de ce travail, à la fois présente et disponible, il a encouragé nos initiatives à travers la grande liberté d'action qu'il nous a octroyée.

Nous voudrions remercier les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qu'ils nous feront l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

Nous tenons à témoigner toute ma reconnaissance à tous les ingénieurs qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs critiques aussi leurs acceptation de me rencontrer et de répondre à mes questions durant mes recherches : Mr Ouksili Toufik, Aidaden Nacer, Chemani Moukran et Tamoud Malik.

Nous voudrions exprimer ma reconnaissance envers les amis et collègues qui m'ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long de ma démarche.



DEDICACE

Je remercie, en premier lieu, mon dieu qui a bien voulu me donner la force pour effectuer le présent travail.

Ce projet de fin d'étude est dédié à mes chers parents Said et Djamila qui m'ont toujours poussé et motivé dans mes études pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A mon frère, mon cher et unique amour Moh et mes chères sœurs : Djidji, Zozo, Kahina, Louise et Alicia qui m'encourage afin d'avoir mon diplôme d'ingénierie.

Je dédie ce modeste travail à ma grand-mère Djida Djedjiga à qui je souhaite une très bonne santé et une longue vie ; et sans oublier toute ma famille surtout mes oncles.

En fin, j'offre ce travail à mes chères copines : Kahina, Celia, Lilia, Safia et Samira et Nadia.

CHIBANE NADIA

DEDICACE

Je tiens à remercier le bon Dieu, le clément et le miséricordieux de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Je dédie ce modeste travail aux deux personnes les plus chères au monde, ma mère Naima et mon père Madjid qui m'ont soutenu et aidé pour arriver là où j'en suis aujourd'hui.

A mes chers frères Abd Arezak et Ali qui m'ont encouragé afin d'avoir mon diplôme d'ingénierie en Travaux Public.

A ma grand-mère et mon grand-père et sans oublier mes oncles et leurs femmes.

J'offre ce travail à Ma personne préférée jihad

A mes chères copines : Lynda, Thiziri, Samira

Mes chers amis : Ali, Mouloud, Aziz, Iyad, Nassim qui m'ont encouragé pour réaliser mon mémoire.

LAMALI KARIMA

Résumé

L'objectif principale de ce travail est la réhabilitation d'un tronçon autoroutier de la route nationale 12 de PK 27+500 au PK 36+000 sur un linéaire de 8.5 Km. En se basant sur les causes de différentes dégradations qui touché la route ; afin d'arriver à une solution apprécier.

Cette étude a pour but, en premier lieu, d'évaluer l'état actuel de la chaussée. Par la suite, des analyses des mesures de déflexion et des dégradations de notre route ont été réalisées afin d'identifier les zones critiques.

Ensuite une analyse de trafic a été faite pour déterminer le nombre de voies afin d'assurer la fluidité du trafic et d'éviter la saturation de la route. Le profil en travers choisit pour cette route est 2x2 avec une bande d'arrêt d'urgence de 2.5 m qui a les mêmes caractéristiques que les deux voies de circulation.

Le corps de chaussée opté pour la RN12 de PK 27+500 au PK 36+00 se compose donc de **30 cm en Grave Non Traité GNT**, **12 cm en Grave Bitume** et **8 cm de Béton Bitumineux** pour un coût de mise en œuvre de 1 434 640 200.

Mots clés :

Réhabilitation, autoroute, trafic, corps de chaussées

Table des matières

Résumé.....	i
Table des matières.....	ii
Chapitre I : Généralité sur les chaussées.....	4
I.1. Introduction.....	4
I.2. Définition de la chaussée.....	4
I.3. Les composants d'une chaussée.....	4
I.4. Les types de chaussée.....	5
I.5. Fonctionnement d'une chaussée.....	6
I.6. Les sollicitations liées au trafic.....	6
I.6.1 Les sollicitations d'origine thermiques.....	7
I.7. Facteurs influents sur les dégradations.....	9
I.7.1 Le trafic.....	9
I.7.2 Environnement.....	9
I.7.3 Défaut de conception et /ou d'exécution.....	10
I.7.4 Le manque d'entretien.....	10
I.8. Types de désordres des structures de chaussée.....	10
I.8.1 Les déformations.....	10
I.8.2 Les fissures.....	10
I.8.3 Les arrachements.....	11
I.8.4 Les remontées.....	11
I.9. Les processus de dégradation selon le type de chaussée.....	11
I.9.1 Les chaussées souples.....	12
I.9.2 Dégradations en milieu urbain.....	29
I.10. Les Chaussées rigide.....	32
I.10.1 Dégradation de structure.....	33
I.10.2 Dégradation de surface.....	35
I.10.3 Autre dégradation.....	36
I.11. Conclusion.....	37
Chapitre II : Présentation du projet : cas de la route Nationale RN12 du.....	39
II.1. Introduction.....	39
II.2. Présentation du réseau routier de la wilaya.....	39
II.3. Présentation du projet.....	40

II.3.1	Cadre de l'étude	40
II.3.2	Description générale du projet	40
II.3.3	Objectif du projet	41
II.3.4	Les taches à exécuter	41
II.4.	Brève historique de la route	41
II.5.	Inventaire des différents entretiens de la RN12	42
II.6.	Conclusion	42
Chapitre III : Diagnostique de la chaussée du pk 27+500 au pk 36+000.....		44
III.1.	Introduction	44
III.2.	Auscultation de la route	44
III.2.1	Auscultation automatique.....	44
III.2.2	Auscultation visuelle	47
III.2.3	Relevé de l'état du réseau et d'assainissement et des accotements.....	50
III.2.4	Relevé des zones instables et particularités qui feront l'objet d'une étude spécifique :	52
III.3.	Conclusion	53
Chapitre IV : Etude du trafic		55
IV.1.	Introduction	55
IV.2.	Analyse et évolution du trafic sur le tronçon PK27+500 au PK36+000	55
IV.3.	Compactage manuel	55
IV.3.1	Comptage automatique.....	56
IV.4.	Estimation du trafic futur	56
IV.5.	Analyse de trafic.....	57
IV.5.1	Trafic journalier moyen annuel	57
IV.5.2	Calcul du trafic à l'année de mise en service (prévue pour fin de l'année 2022) 57	
IV.5.3	Calcul du trafic à l'année horizon (dans 20 ans)	57
IV.5.4	Calcul de trafic effectif.....	57
IV.5.5	Débit de points horaire normal	58
IV.5.6	Débit horaire admissible.....	58
IV.5.7	Détermination de nombre de voie	59
IV.5.8	L'année de saturation	60
IV.6.	Conclusion.....	60
Chapitre V : Dimensionnement de corps de chaussés.....		64
V.1.	Introduction.....	64
V.2.	Définition.....	64

V.3. Principe de la constitution des chaussées	64
V.4. Les différents facteurs pour l'étude de dimensionnement	65
V.4.1 Trafic	65
V.4.2 Environnement	65
V.4.3 Le Sol Support.....	65
V.4.4 Matériaux	65
V.5. Proposition et dimensionnement du corps de chaussée	65
V.5.1 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.....	65
V.5.2 Vérifications des déformations avec le logiciel ALIZE III.....	73
V.5.3 Method C B R (Californian- Barning- Ratio) [13].....	73
V.6. Conclusion	76
Chapitre VI : Etude géologique et géotechnique	77
VI.1. Introduction	77
VI.2. Etude géologique [11]	77
VI.2.1 Contexte géologique du tracé	77
VI.3. Reconnaissance géotechnique in situ	78
VI.3.1 Creusement des puits à ciel ouvert.....	78
VI.3.2 <i>Essai de la tache de sable « hauteur de sable » (Norme : NF EN 13036-1)</i>	79
VI.4. Essais au laboratoire	80
VI.4.1 <i>L'essai d'identification.....</i>	81
VI.4.2 <i>Essai mécanique</i>	81
VI.5. Résultats des essais de laboratoire [21] [22]	82
VI.5.1 <i>Matériaux de remblai</i>	82
I.1.1 <i>Matériau du sol support</i>	83
VI.6. Les différents essais sur les matériaux	84
VI.6.1 Essais du laboratoire.....	84
VI.6.2 Essai In situ	85
VI.7. Application sur le projet.....	89
VI.8. Interprétation des résultats.....	89
VI.9. Conclusion.....	90
Chapitre VII : Etude géométrique	92
VII.1. Introduction	92
VII.2. Définition de l'logiciel COVADIS	92
VII.3. Tracé en plan [22]	92
VII.3.1 Les éléments géométriques du trac en plan.....	93

VII.4. Profil en long [23]	104
VII.4.1 Eléments géométriques du profil en long [22]	105
VII.4.2 Raccordement en profil en long [9].....	106
VII.4.3 Coordination du tracé en plan et profil en long [6]	108
VII.5. Profil en travers	108
VII.5.1 Définition [24].....	108
VII.5.2 Classification de profil en travers [24]	109
VII.6. . Conclusion	109
Chapitre VIII : Devis estimatif et quantitatif.....	111

Liste des figures

Figure 1 Coupe type d'une structure de la chaussée [2].....	5
Figure 2 : fonctionnement d'une chaussée sous sollicitations liées au trafic dans le sens longitudinal [2]	7
Figure 3 : Fonctionnement d'une chaussée sous sollicitations liées au trafic dans le sens transversal [2]	7
Figure 4 : Fonctionnement d'une chaussée sous les sollicitations thermiques [2].....	8
Figure 5 : Déformations de cambrure induites par les gradients thermiques [2].....	9
Figure 6 : Ornière à petits rayons [4].....	14
Figure 7 : ornière a grands rayons [4]	15
Figure 8 : Affaissements de la chaussée [4]	16
Figure 9 : Désordre du profil [4]	18
Figure 10 soulèvement différentiel [4].....	18
Figure 11 : Fissures longitudinales hors-piste de roues	
Figure 12 : Fissures longitudinales en piste	
[4]de roues [4].....	22
Figure 13 : Fissures transversales de la chaussée [4]	25
Figure 14 : Faiénçage des chaussées [4].....	26
Figure 15 : Pelade [4].....	27
Figure 16 : Nids de poule [4]	28
Figure 17 : Ressuage [4]	29
Figure 18 : Fissurations autour des regards [4]	30
Figure 19 : Coupe et tranchée [4].....	31
Figure 20 : Dénivellation des regards [4].....	32
Figure 21 : fissure de chaussée rigide [5]	34
Figure 22 : fissure en coin [5]	34
Figure 23 : pompage dans les chaussées rigides [5]	35
Figure 24 : Epaufre dans les chaussées rigides [5]	36
Figure 25 : le faiénçage et l'écaillage dans des chassées rigides [5]	36
Figure 26 : dépôt de gomme [5].....	37
Figure 27 : Carte Michelin de Tizi Ouzou-plan [7]	40
Figure 28 : La déflexion d'un sol sous l'effet de passage d'une charge [10]	45
Figure 29 : Mesure de déflexion [11]	45
Figure 30 : Types de fissure sur la chaussée [10]	48
Figure 31 : Représente le faiénçage de la RN12 [12]	48
Figure 32 : Représente un affaissement de la RN12 [10].....	49
Figure 33 : Pente de l'accotement inversé [10]	51
Figure 34 : Accotement sur élevé par rapport à la couche de roulement [10].....	52
Figure 35 : Stagnations des eaux pluviales [10]	52
Figure 36 : Structure de la chaussée proposée par le catalogue de dimensionnement des chaussée neuves [15].....	69
Figure 37 déformation du sol support [15]	70
Figure 38 Résultat de logiciel ALIZIE.....	73
Figure 39 : Corps de chaussée avec méthode de CBR.....	76
Figure 40: La carte géologique Delles-Tizi-Ouzou –feuille 8/20- ech : 1/50000emee [11].....	77
Figure 41 : Principe de l'essai tache de sable [20].....	80
Figure 42 : Représente l'appareil du Kuma gawa.....	89
Figure 43 : Les éléments géométriques du tracé en plan [23].....	93
Figure 44 : Les éléments de courbes de raccordement	96

Figure 45 : Comparaison de 3 types de courbe de raccordement.....	96
Figure 46 Courbe en S.....	98
Figure 47 : Courbe en sommet	98
Figure 48 Courbe en C	99
Figure 49 Courbe en forme ovale.....	99
Figure 50 : Coupe transversale [6]	109

Liste des tableaux

Tableau 1 : Résultats des essais de déflexion à la poutre de Benkelman [10].....	46
<i>Tableau 2 : les sections dépourvues des fossés et les regards exutoires sont [10]</i>	<i>51</i>
Tableau 3 : Les résultats de comptage manuel [11].....	56
Tableau 4 : Les résultats de comptage automatique (DTTP de Tizi-Ouzou) [11]	56
Tableau 5 : Coefficient d'équivalence « P » [12]	58
Tableau 6 : Coefficient « K1 » [12]	59
Tableau 7 : Coefficient « K2 » [12]	59
Tableau 8 : Capacité théorique « Cth » [12].....	59
Tableau 9 : Type de réseau principal [6]	66
Tableau 10 : Détermination de la classe de trafic (TPLi) [6].....	66
Tableau 11 : La durée de vie adopté (tableau4, page13 du fascicule2) [15]	67
Tableau 12 : Valeur de coefficient d'agressivité A [15]	68
Tableau 13: Zones climatique de pluviométrie (Tableau7, page15 du fascicule 2) [15].....	68
Tableau 14 : Risque en fonction de type de matériau et de classe de trafic [15].....	68
Tableau 15 : Classes de portance du sol-support (fascicule 1) [15]	69
Tableau 16 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux [17].....	71
Tableau 17 : Résumé les différents paramètres de performances mécaniques des matériaux bitumineux [15]	72
Tableau 18:les coefficients d'équivalence pour chaque matériau [13]	74
Tableau 19 : La répartition des épaisseurs [13]	75
Tableau 20: Tableau des résultats des deux méthodes	76
Tableau 21 : l'épaisseur du corps de chaussée [11].....	79
Tableau 22 : Epaisseurs de la couche de roulement [11]	79
Tableau 23 : La classification des sols	81
Tableau 24 : Résultats de l'essai à la plaque	86
Tableau 25 : Résultats de l'essai de carottage sur le grave bitume	87
Tableau 26 : Résultats de l'essai de carottage sur le béton bitumineux.....	87
Tableau 27 : Résultats de l'essai de la densité en place	88
Tableau 28 : Un tableau récapitulatif représente les résultats trouvés.....	102
Tableau 29 : Les valeurs de divers [14]	102
Tableau 30 : valeurs de divers en courbe B40 [14]	103
Tableau 31 : Valeurs des vitesses de bases VB [14]	103
<i>Tableau 32 : Temps de perception-réaction.....</i>	<i>103</i>
Tableau 33 : Valeur de déclivité maximale [14]	104
Tableau 34 Distance de visibilité de dépassement et manœuvre de dépassement [14].....	104
Tableau 35 : Récapitulatif des rayons en angle saillant	107
Tableau 36 : Récapitulatif des rayons en angle rentrant	108
Tableau 37 : Devis estimatif et quantitatif	111

Introduction générale

Introduction générale

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

Le réseau routier occupe une place stratégique dans notre système de transport, puisqu'il supporte plus de 85% du volume de transport de marchandises et de voyageurs. C'est par conséquent un élément fondamental dans le processus de développement du pays.

La route représente aussi au niveau de la collectivité nationale un puissant facteur de cohésion, tandis qu'en accélérant les liaisons entre les grandes métropoles économiques, elle constitue un atout majeur en faveur de la compétitivité internationale d'une nation industrielle. La réhabilitation de ses infrastructures permettra une amélioration du niveau de vie des populations urbaines.

Dans ce contexte, notre étude consiste à renforcer la chaussée et faire la conception de la RN12 sur un linéaire de 8.5 KM

L'objectif de notre travail est de trouver les réponses aux interrogations suivantes :

- ✓ Quelle sont les causes les plus probables de ces dégradations ?
- ✓ Quelle sont les étapes à suivre pour améliorer le corps de chaussée ou bien le renforcer ?

Afin d'atteindre notre objectif, nous entamons d'abord notre travail par une étude théorique et qui par la suite sera illustrée par un cas pratique. Au cours de ce travail nous sommes appelées à mettre en valeur les connaissances théoriques acquises pour faire face aux problèmes réels existants concernant l'étude des projets routiers.

La partie théorique comporte trois chapitres répartis comme suit :

Le premier chapitre consiste à étudier d'une manière générale les différentes dégradations de chaussée.

Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de notre projet, et un aperçu sur la situation géographique de ce dernier, ensuite nous avons cité les différentes tâches à exécuter.

Enfin, **le troisième chapitre** dans lequel nous avons présenté le diagnostique de la route, qui permet d'analyser l'état actuelle de la chaussée dégradée.

Pour mettre en application cette théorie, un quatrième chapitre est réservé au cas pratique.

Dans ce cas, l'étude est faite sur un tronçon de 8.5 Km de la RN12 de la wilaya de TIZI-OUZOU

L'étude de ce tronçon est menée en phases principales :

Etude du trafic, qui sert à connaître l'origine et la destination des différents véhicules.

Ensuite, l'étude géotechnique et géologique de la route, qui consiste à faire des différents essais pour définir les caractéristiques du sol qui caractérise notre structure

Le redimensionnement du corps de chaussée, avec l'amélioration et un renforcement pour que les usagers roulent en sécurité et en confort. Dans cette phase nous allons utiliser le logiciel ALIZE III.

L'étude géométrique de la route (tracé en plan, profil en long et le profil en travers) a été faite à l'aide du logiciel COVADIS.

Enfin, le devis quantitatif et estimatif de la route qui doit servir à prévoir les budgets nécessaires à la réhabilitation proposée dans ce travail.

Chapitre I : Généralités sur les chaussées

Chapitre I : Généralité sur les chaussées

I.1. Introduction

La chaussée est la partie médiane d'une voie de communication, elle présente comme des structures multicouches mise en œuvre sur un ensemble appelé la plateforme du sol support terrassé jusqu'à la couche de roulement avec des matériaux spécifiques.

On distingue plusieurs types de chaussées, chacune à ses propriétés comme : chaussée souple, rigide, semi-rigide.... Mais, on trouve ces chaussées au cours de leurs exploitations, sont soumises aux actions intempéries et de trafic lourd. Ces actions entraînent dans le corps de la chaussée des contraintes qui provoquent des désordres visibles qu'on appelle dégradation. Au cours du temps ces dégradations peuvent passer du stade faible au stade majeur qui lorsqu'il est atteint une intervention de correction doit être envisagée rapidement. L'évaluation de ces chaussées repose sur une série de mesures et d'observation visuelles qui permettent d'établir la condition de la structure, de diagnostiquer les causes des dégradations apparentes et de cibler les solutions les plus appropriées dans le plus vite possible.

L'objectif de ce chapitre est de connaître la structure de la chaussée, et avoir pour chaque type de chaussée son propre processus de dégradation.

I.2. Définition de la chaussée

La chaussée est la partie médiane d'une voie de communication affectée à la circulation des véhicules, par contraste avec les trottoirs et bermes réservés aux piétons.

Elle assure les déplacements des usagers et le transport des marchandises, quelles que soient les conditions météorologiques, dans des conditions de sécurité et de confort adapté au type d'itinéraire.

D'un point de vue mécanique, son rôle est de répartir les charges mécaniques sur le sol support, quelles que soient les conditions environnantes. [1]

I.3. Les composants d'une chaussée

La chaussée compose de plusieurs éléments tels que :

La partie supérieure des terrassements (PST) désigne la zone supérieure des terrains en place ou rapportés et fait environ 1m d'épaisseur. La plate-forme de la PST est l'arase de terrassement dit AR.

La couche de forme (CDF) ne fait pas partie intégrante de la chaussée mais bien de son sol support. Son rôle à court terme est d'assurer la traficabilité et à long terme de garantir un certain niveau de portance. Elle constitue la plate-forme support de chaussée appelée PF. Les couches d'assises sont la couche de fondation et la couche de base. Elles apportent à la chaussée la résistance mécanique aux charges verticales induites par le trafic. Elles répartissent les pressions sur le support afin de maintenir les déformations à ce niveau dans les limites admissibles.

La couche de surface est constituée d'une couche de roulement sur laquelle s'exerce directement les agressions du trafic et du climat, et d'une couche de liaison permettant l'accrochage aux couches d'assise. La couche de surface doit garantir le confort et la sécurité des usagers grâce à l'uni, l'adhérence et l'évacuation des eaux de ruissellement. Elle maintient l'intégrité de la structure et protège les autres couches des infiltrations d'eau par son étanchéité. [2]

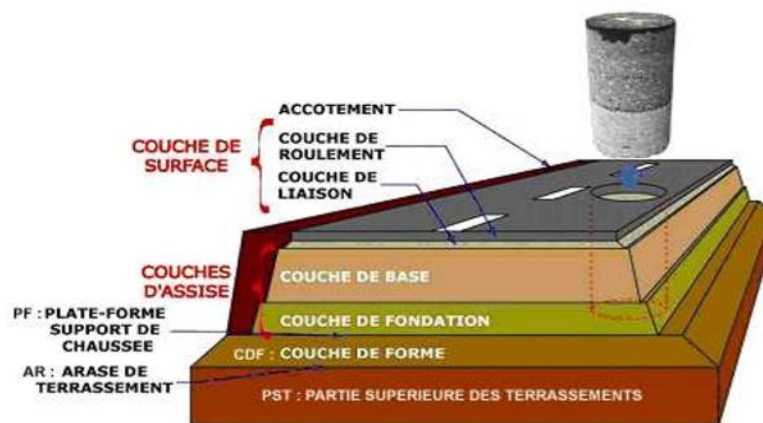


Figure 1 Coupe type d'une structure de la chaussée [2]

I.4. Types de chaussée

Chaussée souple : Elle comporte une couverture bitumineuse mince (moins de 15cm), parfois réduite à un simple enduite superficiel, reposant sur où plusieurs couches de matériaux granulaires non traitée (30 à 60cm). L'épaisseur globale de la chaussée est généralement comprise entre 30 à 60 cm

Chaussée bitumineuse épaisse : Elle comporte une couche de roulement bitumineuse (4 à 8cm) d'épaisseur, sur un corps de chaussée en matériau traité aux liants hydrocarbonés (15 à 40cm), fait d'une ou deux couches (base et fondation). L'épaisseur globale de la chaussée est généralement comprise entre 20 et 50cm

Chaussée semi-rigide : Elle comporte une couche de roulement bitumineuse (6 à 12cm), sur une assise en matériau traité aux liants hydrauliques disposée en une ou deux couches (15 à 50cm) d'épaisseur. Dont l'épaisseur totale est l'ordre de 20 à 60cm.

Chaussée mixte : Elle comporte une couche de roulement et de base (10 à 20cm) en matériaux bitumineux, sur une fondation en matériaux traités aux liants hydraulique (15 à 30cm).

Chaussée à structure inverse : La structure inverse se distingue de la chaussée mixte, par la présence, d'une couche de matériaux granulaire d'environ 12cm entre la couverture bitumineuse, et la fondation en matériaux traités aux liants hydraulique.

Chaussée rigide : Elle comporte une couche de béton de ciment de 15cm à 40cm d'épaisseur, éventuellement recouverte par un béton bitumineux très minces elles reposent soit sur une fondation en béton maigre ou en grave ciment Soit sur une couche de réglage fin en béton bitumineux ou grave bitume Soit sur une couche drainante (dalle épaisse) [2]

I.5. Fonctionnement d'une chaussée

Sous l'action des sollicitations externes les chaussées sont soumises à des phénomènes mécaniques, thermiques, physiques et chimiques apparaissant généralement de manière couplée.

I.6. Les sollicitations liées au trafic

a) Efforts verticaux : Les véhicules exercent sur la chaussée une contrainte verticale; la charge maximale de référence en Algérie sur un jumelage isolé est de 6,5t, soit un essieu standard de 13t La chaussée a pour rôle de répartir ces efforts pour éviter des désordres structurels au sol support Les compressions répétées sous le passage de la charge peuvent créer des déformations permanentes à la surface de la chaussée (figure I-4), imputables au tassement des couches de béton ou aux déformation des couches inférieures non traité

b) Sollicitation tangentielles : Un véhicule en mouvement génère des contraintes tangentielles (latérales et longitudinales), imputables à :

- La transmission de l'effort moteur ou du freinage ;
- La mise en rotation des roues non motrices ;
- La résistance aux efforts transversaux ;
- Ces efforts tangentiels s'accompagnent de frottements.

Ces contraintes génèrent des efforts de traction à la base des couches liées, qui créent des micros dégradations qui s'accumulent et peuvent entraîner, la ruine du matériau. Il s'agit du phénomène de fatigue qui s'observe pour de nombreux matériaux. Une fissure peut également apparaître et se propager dans la chaussée [2].

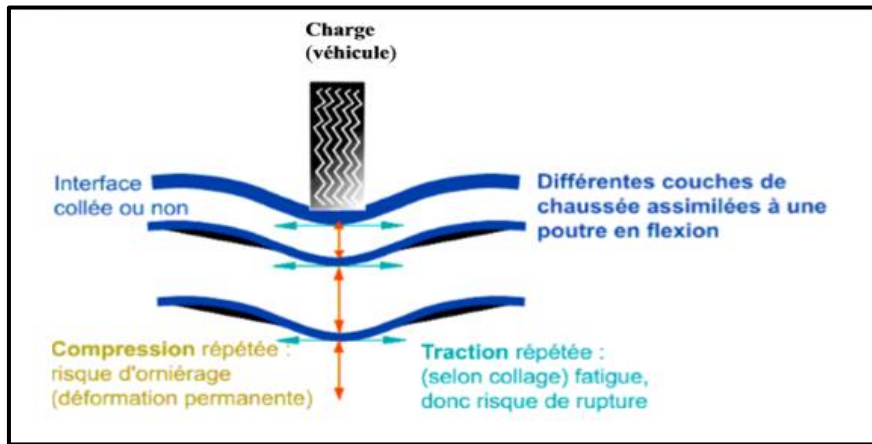


Figure 2 : fonctionnement d'une chaussée sous sollicitations liées au trafic dans le sens longitudinal [2]

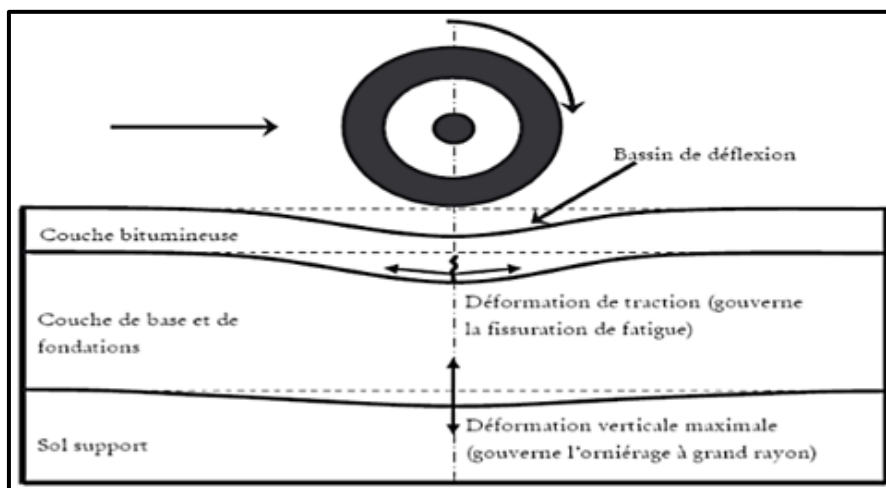


Figure 3 : Fonctionnement d'une chaussée sous sollicitations liées au trafic dans le sens transversal [2]

I.6.1 Les sollicitations d'origine thermiques

Les effets de la température sont relativement complexes car la variation de la température s'effectue à vitesse très variable, du fait des différences entre cycles journaliers d'une part et cycles saisonniers d'autre part selon le vieillissement des matériaux, la température à deux effets mécaniques principaux :

- **Changement du module des matériaux** : un matériau bitumineux que l'on chauffe devient plus " mou ". Plus généralement, ces matériaux sont dits "thermo –

sensible" c'est-à-dire que leur comportement viscoplastique change selon la température considérée. Cet effet est en général caractérisé par la dépendance du module de rigidité vis-à-vis de la température et de la vitesse de chargement.

- **Création de champs de contraintes et déformations** au sien du matériau en raison des dilatations ou contractions thermiques lors des changements de température. Cet effet est particulièrement néfaste.

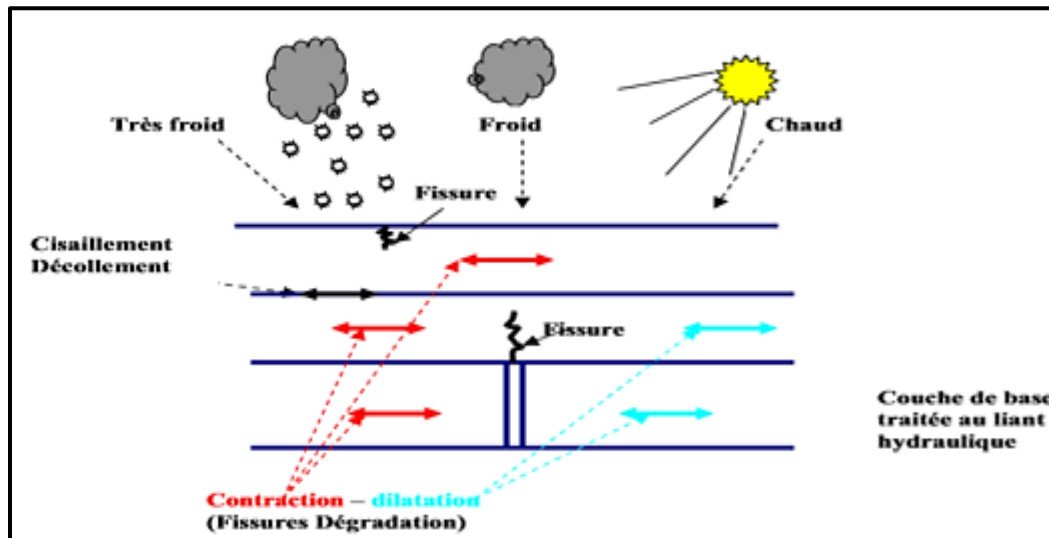


Figure 4 : Fonctionnement d'une chaussée sous les sollicitations thermiques [2]

Lorsqu'une chaussée en béton de ciment, les variations saisonnières de température entraînent des variations des longueurs des dalles contrariées par le frottement sur le support. Les contraintes de traction (phase de retrait) qui en résultent sont d'autant plus faibles que la désolidarisation entre la dalle et son support est efficace, et que les dalles sont courtes. Les variations journalières de la température ambiante créent dans les dalles des gradients thermiques. Les dalles ont alors tendance à se déformer. Il s'ensuit une modification des conditions d'appui sur le support conduisant à majorer l'effet du trafic [2]

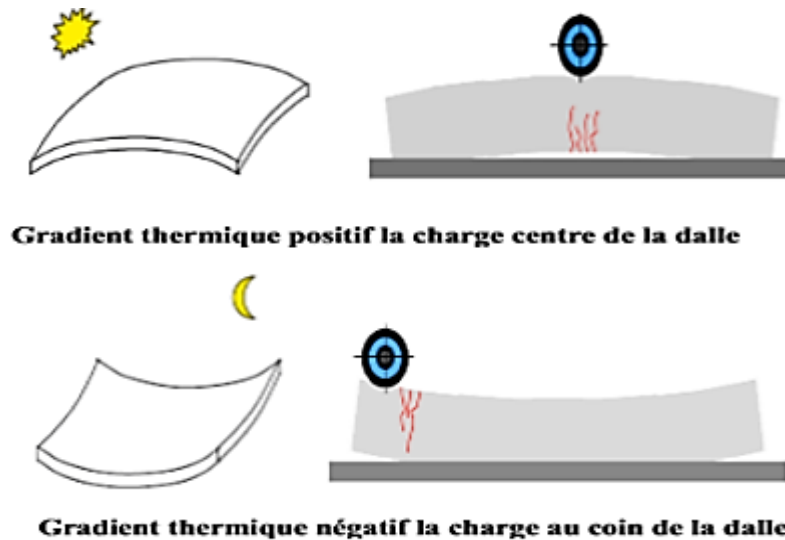


Figure 5 : Déformations de cambrure induites par les gradients thermiques [2]

I.7. Facteurs influents sur les dégradations

Les couches de la chaussée subissent des dégradations dues à des agressions des facteurs externes et finissent par ne plus accomplir leurs rôles convenablement.

Chaque facteur a une action prépondérante mais temporaire et aléatoire et il convient d'être très prudent quant à la valeur de cette influence.

Il est possible de classer les causes de dégradations suivant quatre critères.

I.7.1 Le trafic

L'influence du trafic s'illustre à travers les sollicitations verticales et tangentielles. Les efforts verticaux produits par le poids des véhicules et les chocs répétés causés par le rebondissement des roues dû à la non planéité de la surface de roulement sont bien ressentis par les couches superficielles et faiblement ressentis par les couches en profondeur.

Les dégâts notés sont les écrasements, les dislocations et déplacements des matériaux. Les efforts tangentiels amplifient les arrachements des matériaux de la couche de surface engendrent le décollement de la couche de roulement.

I.7.2 Environnement

Cette action se distingue en majeure partie par les conditions climatiques ainsi que par la présence d'eau qui s'infiltre par percolation et remontées capillaires au niveau des accotements, mais aussi le cycle de gel et dégel qui inflige des chocs thermiques sur les matériaux constituant le corps de chaussée et provoquant des phénomènes de traction et de contraction, ce qui favorise l'apparition des fissures.

I.7.3 Défaut de conception et /ou d'exécution

Le défaut peut être sur la route en elle-même : une mauvaise conception ou une erreur lors de la réalisation pourrait avoir des répercussions graves sur l'état de la durée de vie d'une route telles que les sous dimensionnements par rapport au trafic, la répartition inadéquate du liant, le compactage insuffisant, le mauvais choix des matériaux.

I.7.4 Manque d'entretien

Les conséquences directes de la négligence d'une route se répercutent automatiquement sur son état et de ce fait sur l'utilisateur, en effet ne pas entretenir une route entraîne l'apparition de dégradations qui se propagent à une grande vitesse. [3]

I.8. Types de désordres des structures de chaussée

I.8.1 Les déformations

Il s'agit de dégradations entraînant une modification de la route donnant à la surface de la chaussée un aspect différent de celui désiré.

Ces déformations, qui prennent naissance dans le corps de la chaussée, affectent en générale les couches inférieures pour atteindre ensuite la couche de roulement. Ils peuvent se distinguer selon leur forme ou leur localisation comme suit :

- **Tassement** : abaissement du niveau de la chaussée ;
- **Affaissement** : variation du niveau du profil longitudinal aussi bien suivant l'axe que la rive ou transversal, ils peuvent être localisés ou généralisés ;
- **Flashe** : dépression localisée en forme arrondie ou ovale ;
- **Bourrelet** : renflements apparaissant à la surface de la chaussée suivant un profil longitudinal ou transversal ;
- **Ornières** : dépression longitudinale se développant sous le passage des roues.

I.8.2 Les fissures

Elles sont définies comme étant une cassure du revêtement suivant une ligne avec ou sans rupture du corps de chaussée, elles peuvent intéresser bien la couche de roulement seule, qu'une partie ou la totalité du corps de chaussée. Elles peuvent se distinguer comme suit :

- **Faïencages** : cassures en mailles du revêtement ; on distingue dans ce type de fissure deux cas :
 - Faïencage à mailles fines ou peaux de crocodile lorsque le côté varie de 10 cm.
 - Faïencage à mailles larges lorsque le côté dépasse 40 cm.

- **Fissure parabolique de glissement** : fissures ou déchirements de la chaussée en forme de demi-lune ou de croissant à axe longitudinal.
- **Fissures fines** : petites fissures superficielles rapprochées et fines.

I.8.2.1. Fissures longitudinales et transversales : suivant l'axe ou la rive transversales.

I.8.3 Les arrachements

Il s'agit de désordres affectant la couche de roulement. On y distingue :

- **Ravinement** : sillons creusés sur les terrains en pente par les eaux de ruissellement.
- **Dés enrobage, plumage, peignage** : se produit lorsque le lien physique entre le bitume et le granulat s'affaiblit, généralement en conséquence d'une mauvaise tenue à l'eau (arrachements de gravillons de revêtement).
- **Nids de poule** : cavités de tailles variées et de forme arrondies à bords francs ; créées à la surface de la chaussée par enlèvement des matériaux.
- **Pelades** : arrachements par plaques plus ou moins grandes de l'enrober de la couche de roulement.
- **Têtes de chat et perte de matériaux** : apparition excessive de granulats durs en relief par usure du mortier les entourant.
- **Épaufrures (dégradation de rive)** : cassure du revêtement au bord de la chaussée.

I.8.4 Les remontées

L'apparition en surface de matériaux (eau, boue, liant et sel) proviennent en générale des couches inférieures et affectent la couche de surface.

- Les remontées d'eau : zone humide à la surface du revêtement.
- Les remontées de la boue : arrivée de l'argile à la surface du revêtement provienne des couches inférieures [3].

I.9. Les processus de dégradation selon le type de chaussée

Les processus de dégradations des chaussées sont des phénomènes bien connus mais difficile à décrire ou à maîtriser. Le comportement des différents types de structures, sous l'action des sollicitations, vient favoriser ou réduire les risques de dégradations des chaussées. Cela contribue à avoir pour chaque type de chaussée son propre processus de dégradation telles que : Les chaussées souples et rigide et semi-rigide.

I.9.1 Chaussées souples

I.9.1.1. Les différents types des dégradations et leurs causes

D'une manière générale, les dégradations observées dans les chaussées souples peuvent être répertoriées en quatre principales familles qui sont :

- La famille des déformations ;
- La famille des fissurations ;
- La famille des arrachements ;

La famille des dégradations en milieu urbain.

Pour chaque type des dégradations sont énumérés trois niveaux de sévérité qui incluent les notions suivantes :

- **Faible** : il correspond au stade initial de la dégradation ; les premiers indices apparaissent parfois de façon intermittente sur un segment de route et l'évaluateur doit être attentif pour y déceler les symptômes de détérioration. Ce niveau est souvent difficile à percevoir pour un observateur se déplaçant en véhicule à une vitesse de l'ordre de 50 km/h. À la vitesse maximale permise, le confort au roulement n'est pas altéré ou l'est très peu.
- **Moyen** : Ce niveau désigne une dégradation continue et facilement perceptible pour un observateur se déplaçant à une vitesse de l'ordre de 50 km/h. À la vitesse maximale permise, le confort au roulement est sensiblement diminué par la plupart des dégradations.
- **Majeur** : Ce niveau indique que la dégradation est accentuée et évidente, même pour un observateur se déplaçant à la vitesse maximale permise. Le confort au roulement est généralement diminué et, dans certains cas, la sécurité à la vitesse maximale permise peut être compromise.

I.9.1.1.1 Famille des déformations

Ce sont des dégradations qui entraînent une modification de la chaussée donnant à la surface de cette dernière un aspect différent de celui désiré. Ces déformations qui prennent naissance dans le corps de la chaussée affectent en générale les couches inférieures pour atteindre ensuite la couche de roulement et peuvent se distinguer selon leur forme ou leur localisation comme suit :

I.8.1.1.1.1 Ornière à faible rayon

L'ornière à faible rayon correspond à une dépression longitudinale simple, double et parfois triple, de l'ordre de 250 mm de largeur, située dans les pistes de roues. Le profil transversal de ces dépressions est souvent similaire à des traces de pneus simples ou jumelés.

A. Gravité

- **Faible** : La profondeur de l'ornière est inférieure à 10 mm.
- **Moyen** : A ce niveau la profondeur de l'ornière est de 10 à 20 mm.
- **Majeur** : La profondeur de l'ornière est supérieure à 20 mm.

B. Etendue

Représente le pourcentage (%) de la longueur totale des zones atteintes par rapport à la longueur totale de la section du relevé.

C. Les causes probables

Les matériaux granulaires constituant l'assise des chaussées souples ont parfois une faible rigidité. Comme la couverture bitumineuse est mince, les efforts verticaux dus au trafic sont transmis au support avec une faible diffusion. Les contraintes verticales élevées engendrent par leur répétition des déformations plastiques qui se répercutent en déformations permanentes à la surface de la chaussée. L'évolution la plus fréquente de ces dégradations se manifeste d'abord par l'apparition des déformations permanentes de type orniéage.

Les causes probables d'orniéage à faible rayon sont :

- Enrobé à stabilité réduite par temps chaud (ex. : bitume trop mou ou surdosage) ;
- Enrobé trop faible pour bien résister au trafic lourd ;
- Compactage insuffisant de l'enrober lors de la mise en place ;
- Usure de l'enrobé en surface (abrasion) ;



Figure 6 : Ornière à petits rayons [4]

I.8.1.1.1.2 Ornière à grand rayon

Elle est caractérisée par une dépression longitudinale simple située dans les pistes de roues. La forme transversale de la dépression correspond à celle d'une courbe parabolique très évasé

A. Gravité

- **Faible** : la profondeur de l'ornière inférieure à 10 mm.
- **Moyen** : la profondeur de l'ornière est de 10 à 20 mm
- **Majeur** : la profondeur de l'ornière est supérieure à 20 mm.

B. Etendue

Représente le pourcentage (%) de la longueur totale des zones atteintes par rapport à la longueur totale de la section du relevé.

C. Causes probables

Les causes les plus plausibles et les plus fréquentes qui provoquent des ornières à grand rayon sont les suivantes :

- ✓ Vieillissement (accumulation des déformations permanentes).
- ✓ Compactage insuffisant dans les couches de granulaire à la construction.
- ✓ Capacité structurale insuffisante de la chaussée.
- ✓ Mauvais drainage des matériaux granulaires de la chaussée (ex. : période de dégel).
- ✓ Usure.

Les ornières ont des origines variées, plus elles sont étroites, plus la couche de chaussée à incriminer est voisine de la surface. Elles peuvent avoir leur siège dans les couches d'enrobés

lorsque celles-ci ont une stabilité insuffisante. Mais elles peuvent aussi avoir leur siège dans le sol naturel lui-même lorsque la chaussée est mince et dépourvue de revêtement épais.



Figure 7 : ornière à grands rayons [4]

I.9.1.1.2 Affaissement

C'est une distorsion du profil en bordure de la chaussée ou au voisinage de conduites souterraines ou dépression très prononcée et souvent assez étendue se localisant soit en rive, soit en pleine largeur

A. Gravité

- **Faible** : il est défini par une dénivellation dont la profondeur est inférieure à 20 mm sous la règle de 3 m. À la vitesse maximale permise, la sécurité n'est pas compromise et l'effet sur le confort au roulement est négligeable.
- **Moyen** : ici la dénivellation a une profondeur se situant entre 20 et 40 mm sous la règle de 3 m. À la vitesse maximale permise, la sécurité est peu compromise et le confort au roulement est modérément diminué.
- **Majeur** : il correspond à une dénivellation dont la profondeur est supérieure à 40 mm sous la règle de 3 m. À la vitesse maximale permise, la sécurité est compromise et le conducteur doit ralentir. Le confort au roulement est fortement diminué.

B. Etendue

C'est le pourcentage (%) de la surface totale atteinte par rapport à la surface de la section de relevé

C. Causes probables

Les affaissements des chaussées souples sont souvent causés par instabilité du remblai, la présence de matériaux inadéquats ou mal compactés, zone de déblai argileux ou secteurs

marécageux, affouillement ou assèchement du sol support, le mauvais état des réseaux souterrains (milieu urbain). Il existe d'autres raisons comme un sous-dimensionnement localisé, la pollution du corps de chaussée, la construction localement défectueuse. Les figures ci-contre illustrent les différentes dégradations citées ci-dessus



Figure 8 : Affaissements de la chaussée [4]

I.9.1.1.3 Soulèvement différentiel

Le soulèvement différentiel est défini par le gonflement localisé de la chaussée en période de gel, aussi bien parallèle que perpendiculaire à l'axe de la chaussée.

A. Gravité et étendue

Faible : Dénivellation progressive dont la hauteur est inférieure à 50 mm. À la vitesse maximale permise, la sécurité n'est pas compromise et l'effet sur le confort au roulement est négligeable.

Moyen : Dénivellation progressive dont la hauteur se situe entre 50 et 100 mm. À la vitesse maximale permise, la sécurité est peu compromise et le confort au roulement est modérément diminué

Majeur : Dénivellation progressive dont la hauteur est supérieure à 100 mm ou dénivellation brusque quelle que soit sa hauteur. À la vitesse maximale permise, la sécurité est compromise et le conducteur doit ralentir. Le confort au roulement est fortement diminué. Etendue : % totale de la zone touchée par ce type de dégradation par rapport à la surface totale de la section du relevé.

B. Causes probables

Les causes les plus plausibles sont :

- ✓ Infrastructure gélive, phénomène hivernal récurrent
- ✓ Matériaux sensibles à l'humidité, phénomène permanent.
- ✓ Nappe phréatique élevée et présence d'eau aux abords de la chaussée
- ✓ Hétérogénéité des matériaux ou transition inadéquate dans la chaussée.
- ✓ Conduites souterraines à faible profondeur (milieu urbain)

1.9.1.1.4 Désordre de profil

Le désordre de profil est observé en cas des pentes et géométrie inappropriées favorisant l'accumulation des eaux de ruissellement en flaques sur la surface de la chaussée.

A. Gravité et étendue

Faible : Accumulation d'eau sur une profondeur de moins de 20 mm.

Moyen : Accumulation d'eau sur une profondeur de 20 à 40 mm.

Majeur : Accumulation d'eau sur une profondeur de plus de 40 mm.

Etendue : % de la surface totale touchée par ce type de dégradation par rapport à la surface totale de la section du relevé

B. Causes probables

Les phénomènes qui provoquent les désordres de profil sont généralement les points bas non drainés, l'affaissement le long des bordures.



Figure 9 : Désordre du profil [4]

Figure 10 soulèvement différentiel [4]

I.8.1.1.1.3 La famille des fissurations

Les sollicitations répétées de flexion alternée dans la couverture bitumineuse d'une chaussée souple entraînent une dégradation par fatigue, sous la forme de fissures d'abord isolées puis évoluant peu à peu vers un faïençage à maille de faible dimension. Les fissurations sont définies comme étant une cassure de revêtement suivant une ligne avec ou sans rupture du corps de chaussée. Elles peuvent intéresser aussi bien la couche de roulement seule, qu'une partie ou la totalité du corps de chaussée.

I.9.1.1.5 Fissures transversales

On parle de fissures transversales en cas de rupture du revêtement relativement perpendiculaire à la direction de la route, généralement sur toute la largeur de la chaussée.

A. Gravité et étendue

Faible : Fissures simples et intermittentes dont les ouvertures sont inférieures à 5 mm. Les bords sont en général francs et bien définis.

Moyen : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de 5 à 20 mm. Les bords sont parfois érodés et un peu affaissés. Sans être inconfortable, la fissure est perceptible par l'utilisateur

Majeur : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de plus de 20 mm. Les bords sont souvent érodés et il y a affaissement ou soulèvement au gel au voisinage de la fissure. Le confort au roulement est diminué par les déformations de surface

Etendue : % de surface totale de la zone atteinte par rapport à la surface de la section du relevé.

B. Causes probables

Les fissures transversales sont causées par les phénomènes ci-contre :

- Retrait thermique.
- Vieillissement et fragilisation du bitume
- Joint de construction mal exécuté (arrêt et reprise des travaux de pose d'enrobé).
- Diminution de la section du revêtement.

Parfois il y a apparition des glissements de revêtement qui sont des mouvements très importants de la couche de la surface imputable à la fois à un collage insuffisant avec la couche de base et à une stabilité insuffisante de revêtement. Ils s'amorcent par une fissuration diagonale au droit de passage des roues et par des fissures paraboliques franches.

L'eau s'infiltrant alors plus facilement provoque une accélération des phénomènes : épaufrures aux lèvres des fissures avec départ des matériaux, puis formation de nids de poule. Si la chaussée est laissée sans entretien, elle évoluerait très rapidement vers une destruction complète.

I.9.1.1.6 Fissures longitudinales

Les fissures longitudinales sont classées en deux catégories :

- Les fissures longitudinales en piste de roues

- Les fissures longitudinales hors-piste de roues

1) Fissures longitudinales en piste de roues

Elles sont caractérisées par la rupture du revêtement parallèle à la direction de la route et située dans les pistes de roues.

A. Gravité et étendue

- **Faible** : Ce niveau faible est défini par fissures simples et intermittentes dont les ouvertures sont inférieures à 5 mm. Les bords sont en général francs et bien définis.
- **Moyen** : Le niveau moyen se caractérise par fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de 5 à 20 mm. Les bords sont parfois érodés et un peu affaissés. Sans être inconfortable, la fissure est perceptible par l'utilisateur
- **Majeur** : On parle de niveau majeur quand on est en présence des fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de plus de 20 mm. Les bords sont souvent érodés et il y a affaissement ou soulèvement au gel au voisinage de la fissure. On note la présence de fissures en carrelage. Le confort au roulement est diminué par les déformations de surface.

B. Etendue

C'est le pourcentage de la longueur affectée par rapport à la longueur de section du relevé

C. Les causes probables

Ces types de fissures sont souvent causées par :

- Fatigue du revêtement (trafic lourd).
- Capacité structurale insuffisante de la chaussée.
- Mauvais drainage des couches granulaires de la chaussée (ex. : pendant le dégel)

En plus, les variations de la température à la surface d'une chaussée provoquent des phénomènes de traction et de contraction qui entraînent les fissures. La chaleur qui ramollit les couches de surface, accélère le vieillissement des produits hydrocarbonés. Le cycle chaleur-froid altère la stabilité des matériaux, et les surfaces bitumineuses cassantes, et donc sujettes à la fissuration et l'effritement.

2) Fissures longitudinales hors-piste de roues

Elles sont définies par la rupture du revêtement relativement parallèle à la direction de la route, en dehors des pistes de roue.

A. Gravité

- **Faible** : Il se définit par des fissures simples et intermittentes dont les ouvertures sont inférieures à 5 mm. Les bords sont en général francs et bien définis
- **Moyen** : Ce niveau moyen fait état des fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de 5 à 20 mm. Les bords sont parfois érodés et un peu affaissés.
- **Majeur** : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de plus de 20 mm. Les bords sont souvent érodés et il y a affaissement ou soulèvement au gel au voisinage de la fissure.

B. Etendue

C'est le pourcentage de la longueur affectée par rapport à la longueur de section du relevé.

C. Les causes probables

Les fissures longitudinales hors-piste de roues sont dues aux phénomènes ci-contre :

- Joint de construction mal exécuté le long de la travée adjacente.
- Ségrégation de l'enrobé à la pose (ex. : centre de l'épandeur).
- Vieillessement du revêtement.
- Fatigue avancée de la chaussée ou sous-dimensionnement d'une ou plusieurs couches.
- Diminution de portance du sol support (drainage déficient, défaut d'étanchéité)
- Mauvais mode de fonctionnement de la structure (couches décollées)
- Qualité médiocre de certains matériaux.



Figure 11 : Fissures longitudinales hors-piste de roues [4] Figure 12 : Fissures longitudinales en piste de roues [4]

I.9.1.1.7 Fissures de gel

Elles correspondent à la rupture du revêtement générant une fissure active sous l'effet du gel, soit rectiligne et localisée au centre de la voie ou de la chaussée, soit d'apparence lézardée sans localisation précise sur la chaussée.

A. Gravité

- **Faible** : Ce niveau reflète des fissures simples et intermittentes dont les ouvertures sont inférieures à 10 mm. Les bords sont en général francs et bien définis.

- **Moyen** : Il est caractérisé par des fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de 10 à 25 mm. Les bords sont parfois érodés et un peu affaissés. Sans être inconfortable, la fissure est perceptible par l'utilisateur
- **Majeur** : Ce sont fissures généralement simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de plus de 25 mm. Les bords sont souvent érodés et il y a affaissement ou soulèvement au gel au voisinage de la fissure. Le confort au roulement est diminué par les déformations de surface.

B. Etendue

Pourcentage de la longueur affectée par rapport à la longueur de section du relevé.

C. Causes probables

Les fissures de gel sont provoquées par les phénomènes suivants :

- Infrastructure gélive et soulèvements différentiels.
- Comportement gélif différentiel.
- Remblai instable.
- Drainage inadéquat.

I.9.1.1.8 Fissures en carrelage

Les fissures en carrelage sont représentées par la rupture du revêtement sur des surfaces plus ou moins étendues, formant un patron de fissuration à petites mailles polygonales dont la dimension moyenne est de l'ordre de 300 mm ou moins.

A. Gravité

- **Faible** : c'est un maillage composé de fissures simples aux bords francs.
- **Moyen** : Maillage composé de fissures simples aux bords faiblement détériorés.
- **Majeur** : Maillage qui est composé de fissures simples aux bords détériorés.

B. Etendue

Elle est définie par le pourcentage (%) de la somme des surfaces des zones endommagées par rapport à la surface totale de la section du relevé.

C. Causes probables

Les causes les plus fréquentes des fissures en carrelage sont :

- Fatigue (ex. : épaisseur de revêtement insuffisante) ;

- Vieillessement de la chaussée (oxydation et fragilisation du bitume dans l'enrobé) ;
- Capacité portante insuffisante.

I.9.1.1.9 Fissures en rive

Elles correspondent à des ruptures en lignes droites ou en arcs de cercle, le long de l'accotement ou de la bordure, ou décollement du revêtement le long de la bordure.

A. Gravité

- **Faible** : il se définit par fissures simples et intermittentes dont les ouvertures sont inférieures à 5 mm. Les bords sont en général francs et bien définis
- **Moyen** : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de 5 à 20 mm. Les bords sont parfois érodés et un peu affaissés.
- **Majeur** : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de plus de 20 mm. Les bords sont souvent érodés et il y a affaissement ou soulèvement au gel au voisinage de la fissure.

B. Etendue

C'est le pourcentage (%) de la longueur totale touchée par la dégradation par rapport à la longueur totale de la section du relevé.

C. Causes probables

Les fissures en rive sont dues aux phénomènes suivants :

- Manque de support latéral (ex. : accotement étroit et pente de talus abrupte).
- Discontinuité dans la structure (ex. : élargissement).
- Apport latéral d'eau de ruissellement dans la structure de la chaussée (milieu urbain).
- Assèchement du sol support.

I.9.1.1.10 Faièncage

Le faièncage est par définition un ensemble de fissures plus ou moins rapprochées formant des mailles. Elles sont dites à mailles fines ou peaux de crocodiles lorsque le coté varie de 10 à 40 cm et à mailles larges au-delà de 40 cm. Ce le nom donné au réseau de fissures qui apparaissent parfois sur le revêtement en enrobés lorsque ceux-ci sont placés sur une chaussée trop déformable. Il s'agit d'une rupture du revêtement par fatigue qui met en cause l'épaisseur du revêtement compte tenu des charges roulantes, de leur fréquence et de la qualité de chaussé.

A. Gravité

Le niveau de sévérité du faïençage dépend de l'évolution des fissures qui le composent Cette évolution est caractérisée par une extension progressive du phénomène en surface qui définit le dernier stade avant désordres graves.

B. Etendue

Représente le pourcentage (%) de la surface totale atteinte par rapport à la surface de la section du relevé.

C. Causes probables

Les causes possibles sont :

- La fatigue excessive de la chaussée ;
- Durcissement et retrait de l'enrobé ;
- Rupture de la couche superficielle due aux sollicitations de la circulation, à la fatigue et au vieillissement dans le cas d'une trop faible épaisseur ;
- Mauvais accrochage de la couche de roulement sur la couche de base ;
- Dégradation de couches inférieures (couche de base principalement) ;
- Perméabilité de la couche de base inférieure à celle de la couche de roulement.

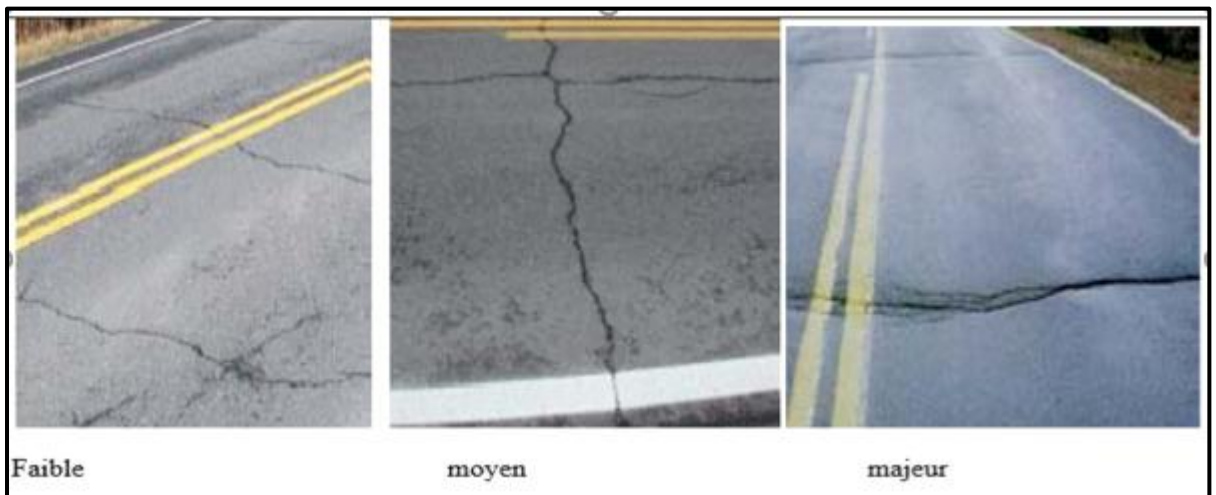


Figure 13 : Fissures transversales de la chaussée [4]



Figure 14 : Faïençage des chaussées [4]

I.9.1.2. La famille des arrachements

Il s'agit des désordres affectant en général la couche de roulement.

I.9.1.2.1 Dés enrobage

Le dés enrobage est l'érosion et perte des gros granulats en surface produisant une détérioration progressive du revêtement.

A. Gravité

- **Faible** : c'est une perte tout juste observable du mastic ou des gros granulats, principalement dans les pistes de roues.
- **Moyen** : Perte facilement observable du mastic laissant les gros granulats très apparents ou perte des gros granulats laissant un patron régulier de petites cavités généralisées à toute la surface.
- **Majeur** : il est défini par une surface entièrement érodée et dégradation accentuée dans les pistes de roues (début d'orniérage par usure).

B. Etendue

Représente le pourcentage (%) de la surface affectée par rapport à la surface de la section du relevé.

C. Causes probables

Les dés enrobage est causé par les phénomènes suivants : usure par trafic intense, Sous dosage du bitume, utilisation d'agrégats hydrophiles, compactage insuffisant, surchauffe ou vieillissement de l'enrobé (oxydation et fragilisation), sollicitations accrues en zone de virage

et de freinage (milieu urbain), adhésivité liant - granulat insuffisante, mise en œuvre par conditions météorologiques défavorables, et la stagnation d'eau sur la chaussée.

I.9.1.2.2 Pelade

C'est l'arrachement par plaques de l'enrobé de la couche de surface.

A. Gravité et étendue

- **Faible** : Pelade ayant la surface d'arrachement inférieure à 0,5 m carré.
- **Moyen** : Pelade dont la surface d'arrachement est de 0,5 à 1,0 m carré.
- **Majeur** : Pelade ayant la surface d'arrachement supérieure à 1,0 m carré.

B. Etendue

Représente le pourcentage de la surface affectée par rapport à la surface de la section du relevé.

C. Causes probables

Mauvaise adhérence de la couche de surface (ex. : manque de liant d'accrochage, incompatibilité chimique, saleté entre les couches).

- Épaisseur insuffisante de la couche de surface.
- Chaussée fortement sollicitée par le trafic.



Figure 15 : Pelade [4]

I.9.1.2.3 Nid de poule

Le nid-de-poule est la manifestation finale d'une combinaison de différents problèmes. Il est caractérisé par une désagrégation localisée du revêtement sur toute son épaisseur formant des trous de forme généralement arrondie, au contour bien défini, de taille et de profondeur variables.

A. Gravité et étendue

- Faible : il est décrit par le nid-de-poule dont le diamètre est moins de 200 mm.
- Moyen : dans ce cas le nid-de-poule possède un diamètre de 200 à 300 mm.
- Majeur : à ce niveau le nid-de-poule a diamètre de plus de 300 mm.

B. Etendue

Elle est évaluée par le nombre de nids de poule par section du relevé

C. Causes probables

Les nids de poules sont provoqués par la faiblesse ponctuelle de la fondation, l'insuffisance de l'épaisseur du revêtement, le défaut de portance (drainage, poche d'argile, etc.). Ils peuvent aussi avoir lieu lorsque la chaussée est fortement sollicitée par le trafic lourd, en cas d'un défaut localisé de la couche de surface ou de base qui est souvent dû à une mauvaise qualité ou à la mise en œuvre des matériaux.



Figure 16 : Nids de poule [4]

I.9.1.2.4 Ressuage

Le ressuage est une remontée de bitume à la surface du revêtement, accentuée dans les pistes de roues de roues

A. Gravité

- **Faible** : dans un tel cas le ressuage est surtout détectable dans les pistes de roues par l'apparition d'une bande de revêtement plus foncée.
- **Moyen** : ici Les pistes de roues sont bien délimitées par la couleur noire du bitume.
- **Majeur** : il correspond à un aspect humide et luisant de la plus grande partie de la surface. La texture de l'enrobé est impossible à discerner. Le bruit des pneus est

similaire à celui produit sur un revêtement mouillé. La plus grande partie de la surface est affectée.

B. Etendue

Le pourcentage de longueur cumulée des zones affectées par le désordre par rapport à la longueur totale de la section du relevé.

C. Causes probables

Le ressuage est causé par : Surdosage du bitume, effet combiné de la température élevée du revêtement et des sollicitations du trafic, excès de liant d'accrochage, formulation d'enrobé inadaptée aux sollicitations.



Figure 17 : Ressuage [4]

I.9.2 Dégradations en milieu urbain

I.9.2.1. Fissuration autour des regards et des puisards

Elle est décrite par la rupture du revêtement suivant un tracé circulaire et/ou radial

A. Gravité et étendue

Faible : Fissures simples et intermittentes dont les ouvertures sont inférieures à 5 mm. Les bords sont en général francs et bien définis.

Moyen : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de 5 à 20 mm. Les bords sont parfois érodés et un peu affaissés. Sans être inconfortable, la fissure est perceptible par l'utilisateur.

Majeur : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de plus de 20 mm. Les bords sont souvent érodés et il y a affaissement ou soulèvement au gel au voisinage de la fissure. Le confort au roulement est diminué par les déformations de surface.

Etendue : nombre totale de regards ou de puisards par section du relevé et par niveau de sévérité

B. Causes probables

Ces fissurations sont produites par la consolidation ou tassement de la chaussée, les cycles de gel et de dégel, la désagrégation de la cheminée par la saumure, les impacts dynamiques, la perte de matériaux autour de la structure.

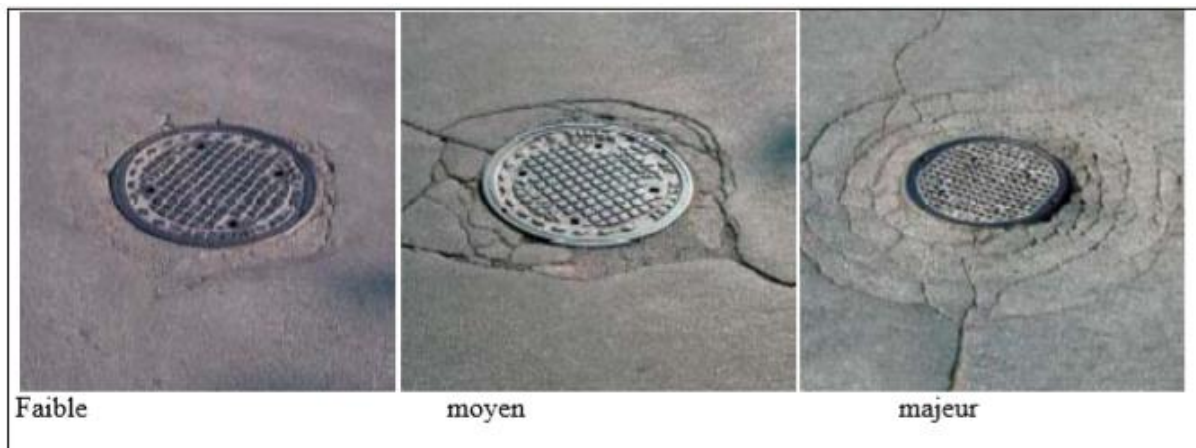


Figure 18 : Fissurations autour des regards [4]

I.9.2.1.1 Coupe et tranchée

C'est une fissuration ou un affaissement dans la tranchée ou dans son voisinage.

A. Gravité et étendue

Faible : il correspond à une dénivellation inférieure à 20 mm et/ou fissure simple dont l'ouverture est inférieure à 5 mm et dont les bords sont en général francs et bien définis.

Moyen : c'est une dénivellation de 20 à 40 mm et/ou fissure simple ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de 5 à 20 mm. Les bords sont parfois érodés et un peu affaissés.

Majeur : à ce niveau la dénivellation est de plus de 40 mm et/ou fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de plus de 20 mm. Les bords sont souvent érodés.

Etendue : superficie touchée sur la section du relevé

B. Causes probables

Les causes possibles sont :

- Le Compactage insuffisant des matériaux de remblayage de la tranchée.
- L'hétérogénéité des matériaux de tranchées et celles des chaussées existantes.
- Le relâchement des contraintes produit par une perte de support latéral dans la tranchée.
- Le remblayage incomplet sous les bords du revêtement.
- Le manque d'étanchéité du joint de coupe.



Figure 19 : Coupe et tranchée [4]

I.9.2.2. Dénivellation des regards et des puisards

C'est une Inégalité entre la surface du revêtement et le dessus d'un puisard ou d'un regard

A. Gravité et étendue

Faible : il est défini par une dénivellation de moins de 20 mm.

Moyen : on observe dans ce cas une dénivellation de 20 à 40 mm.

Majeur : ici la dénivellation est de plus de 40 mm.

Etendue : nombre totale de regards ou de puisards par section du relevé et par niveau de sévérité.

B. Causes probables

Les causes les plus probables sont les suivants.

- Consolidation ou tassement de la chaussée.
- Cycles de gel et de dégel engendrant des déformations permanentes.
- Désagrégation de la cheminée en présence de saumure.
- Impacts dynamiques cumulant des déformations permanentes.
- Perte de matériaux autour de la structure. [4]



Figure 20 : Dénivellation des regards [4]

I.10. Les Chaussées rigide

Sous l'action des charges de trafic, des conditions climatiques et du vieillissement des matériaux, les chaussées routières se dégradent. Ces dégradations peuvent être de différents ordres et sont la conséquence de problèmes d'origines diverses. C'est pourquoi il est primordial de définir précisément les causes des dégradations pour définir la solution adéquate de maintenance et renforcement.

Le mode de classement des dégradations a fait l'objet d'une attention particulière. En effet, il était possible de les classer suivant plusieurs critères tel que leur nature, leur origine, l'objectif de l'entretien qui leur correspond.

Donc pour les chaussées rigides les dégradations sont classées par origine :

- Dégradation de structure

- Dégradation de surface
- Dégradation de joints

I.10.1 Dégradation de structure

Elles caractérisent un état structurel de la chaussée, soit lié à l'ensemble des couches et du sol, soit seulement lié à la structurelle de la couche de surface. Ce sont des dégradations issues d'une insuffisance de capacité structurelle de la chaussée. On y trouve essentiellement les déformations et les fissurations par fatigue

a) Les fissures

La fissure est une discontinuité brutale apparue ou apparaissant dans un matériau sous l'effet de contraintes internes ou externes, où la matière est séparée sur une certaine surface.

1) Les fissures transversales

Sont des fissures sensiblement perpendiculaires à l'axe de la chaussée, isolées ou périodiques, d'espacement variable, intéressant tout ou partie de la largeur de la dalle.

2) Les fissures longitudinales

Sont des fissures sensiblement parallèles à l'axe de la chaussée, limitée à la bande de roulement.

3) Les fissures obliques

Sont des cassures de dalle rejoignant deux cotés adjacents et situées à plus de 50cm du coin de dalle.

Les causes probables

- Portance insuffisante (épaisseur trop faible de la dalle, résistance insuffisante du béton à la traction...);
- Dégradation des conditions d'appuis de la dalle (tassement ou érosion du sol de fondation...);
- Sciage trop tardif des joints à la mise en œuvre (fissure transversale);
- Sciage pour balisage axial favorisant l'effet d'entaille sous fortes sollicitations, telles celles exercées par B747 (fissure longitudinale);
- Dimensions excessives de la dalle par rapport à son épaisseur donnant lieu à des contraintes thermiques importantes;
- Retrait hydrique Gel;

- Mauvais drainage ;
- Fatigue de la structure ;



Figure 21 : fissure de chaussée rigide [5]

4) Fissure en coin/Cassure d'angle

Sont des ruptures de la dalle en deux morceaux, les intersections des fissures avec les bords de la dalle étant situées dans le quart de la dalle adjacente au coin considéré.

Causes probables

-mauvais d'appui de la dalle et de transfert de charge combinée à la répétition des charges ;

-piège à eau en bordure de dalle résultant d'un battement de joint transversal ;

-sciage tardif ;



Figure 22 : fissure en coin [5]

b) Les fracture

La fracture est la rupture de la dalle en plus deux morceaux, les fissures étant longitudinales, transversales ou obliques. Les cassures d'angle ne sont pas à prendre en compte dans le dénombrement des morceaux de dalle.

Causes probables

-portance insuffisante (épaisseur trop faible de la dalle, résistance insuffisante du béton à la traction...)

-dégradation des conditions d'appui de la dalle (tassement ou érosion du sol de fondation).

c) Pompage :

Le passage des véhicules lourds au niveau des fissures ou des joints cause la remontée d'eau accompagnée de fines à travers (les joints ou les fissures).

Causes probables

-pénétration de l'eau dans le corps de chaussée ;

-manque de cohésion et sensibilité à l'eau du support ;

-dégradation des conditions d'appui de la dalle en présence d'eau due aux sollicitations dynamiques (les battements de dalles sous charge génèrent des mouvements d'eau sous pression aux interfaces dalles fondations qui provoquent des remontées d'eau et de fines à travers les joints ou les fissures).



Figure 23 : pompage dans les chaussées rigides [5]

I.10.2 Dégradation de surface

➤ Epaufreure

Bris du bord de la dalle en coin ou en partie courante à moins de 30 cm du joint ; généralement cette dégradation affecte simplement une partie de l'épaisseur de la dalle.

Causes probables

-présence de matériaux incompressibles dans les joints (défaut d'entretien des joints) ;

-faiblesse du béton face aux sollicitations dynamiques amplifiée par le sciage du joint (effet d'entaille)

-résistance à la compression du béton insuffisante ;

Détérioration locale du béton par un sciage prématuré.



Figure 24 : Epaufre dans les chaussées rigides [5]

➤ **Faïençage et écaillage**

Le faïençage est l'ensemble de petites fissures formant un maillage serré affectant la surface de dalle pouvant évoluer vers l'écaillage.

L'écaillage est le départ par petites plaques (écailles) de la pellicule de laitance en surface de la dalle.

Causes probables

- Défaut de mise en œuvre (remontées de laitance) ;
- Effets thermiques (variation de température, gel dégel) ;
- Chocs thermiques (thermo soufflante, réacteurs) ;
- Produit déverglaçant.



Figure 25 : le faïençage et l'écaillage dans des chaussées rigides [5]

I.10.3 Autre dégradation

➤ **Dépôt de gomme**

Est le dépôt de caoutchouc localisé dans la zone de toucher des roues.

Causes probables

-usure des pneumatiques des avions lors de la mise en rotation des roues aux atterrissages. [5]



Figure 26 : dépôt de gomme [5]

I.11. Conclusion

Les chaussées sont des ouvrages qui s'usent naturellement dans le temps et sous l'effet d'exploitation. Nous avons, à travers ce chapitre, pu décrire d'une manière générale la structure d'une chaussée qui compose de trois groupes de couche superposées. Par la suite, étudier les différents processus de dégradations de chaque type de chaussée (chaussée souple, rigide), et à la fin extraire les différents facteurs d'influences pour pouvoir mener un diagnostic efficace.

Chapitre II : Présentation du projet

Chapitre II : Présentation du projet : cas de la route Nationale RN12 du

II.1. Introduction

Le réseau routier de la wilaya de Tizi-Ouzou est l'un des plus importants dans le pays, dont se trouve la route nationale n°12 (RN12).

Dans ce chapitre nous allons présenter le réseau routier de la wilaya de Tizi-Ouzou et donner un aperçu général sur le projet.

II.2. Présentation du réseau routier de la wilaya

Le réseau routier dans la wilaya de TIZI-OUZOU est l'un des plus importants dans le pays. Une grande partie de ce réseau reste sous-dimensionnée et ne répond pas aux normes de revêtement, de largeur et de géométrie du tracé à cause de ces reliefs. Et compte tenu de la morphologie du relief, ce réseau subit de fortes dégradations notamment en hiver avec les fortes érosions.

Le réseau routier de la Wilaya est d'un linéaire total de 4805 km et d'une densité de 1,436 km/km², qui est l'une des densités les plus importantes à l'échelle nationale.

Ce réseau est composé de :

- **Routes Nationales** : 605 km
- **Chemins de Wilaya** : 652 km
- **Chemins Communaux** : 3.548 km

La réhabilitation de la RN12 reste parmi les projets les plus importants dans la wilaya de TIZI-OUZOU, car elle est la principale route qui traverse la Kabylie de Boumerdes (Thénia) jusqu'à Bejaia (El kesseur) , sur une distance de 250 km environ. [6]



Figure 27 : Carte Michelin de Tizi Ouzou-plan [7]

II.3. Présentation du projet

II.3.1 Cadre de l'étude

Notre projet consiste à faire une étude de réhabilitation et d'élargissement d'un tronçon autoroutier entre la sortie de Draa Ben Khedda et l'entrée de Boumerdes (Naciria) sur un linéaire de 8.5 km du PK27+500 au PK 36+000.

II.3.2 Description générale du projet

L'étude traite une réhabilitation d'un tronçon qui prend naissance de la sortie de Draa Ben Khedda (pont Boug doura), et prend fin l'entrée de la wilaya de Boumerdes.

Notre présente étude consiste à renforcer la chaussée dégradée en proposant un nouveau corps de chaussée et d'élargir le profil en travers existant en créant une Bande d'Arrêt d'Urgence (BAU) de 2.5m sur un linéaire total de 63500ml à la place d'une 3^{ème} voie.

Les sections concernées sont :

- De la bretelle de la sortie de l'échangeur de Sidi-Naaman vers l'échangeur de Tademaït, soit 7000 ml. ;
- De l'échangeur de Tademaït (après le CFPA) vers la limite de wilaya (station essence) soit 5000 ml.

Afin d'améliorer les conditions de visibilité et de sécurité, on prévoira les voies d'insertions suivantes :

- Entrée et sortie, d'ancien pont de Sidi Naaman ;

- Entrée et sortie de l'échangeur de Tademaït ;
- Entrée et sortie de l'échangeur de Sidi Naaman.

II.3.3 Objectif du projet

L'objectif principale de cette présente étude est de proposer un nouveau corps de chaussée et un nouveau profil en travers afin de :

- Répondre à une forte demande des citoyens concernant l'amélioration de la sécurité routière ;
- Diminuer le temps de parcours ;
- Assurer un entretien performant pour maintenir un bon niveau de service pour les usagers.
- Accroître l'efficacité économique du système de transport de la wilaya ;
- Renforcer le corps de la chaussée pour augmenter la durée de vie de la route ;
- Elargir la route actuelle et augmenter sa capacité

II.3.4 Les tâches à exécuter

Les principales tâches à réaliser sont :

- ✓ La clarification de la chaussée existante ;
- ✓ Décaissement de la chaussée sur 30cm et des accotements sur 50cm ;
- ✓ La remise en état de la partie supérieure de remblais avec malaxage ;
- ✓ Réglage et compactage y compris toutes subjections sur une épaisseur de 30cm ;
- ✓ La réalisation de la couche de base en grave bitume sur une épaisseur égale à 12cm ;
- ✓ La couche de roulement en béton bitumineux sur une épaisseur égale à 8cm. [8]

II.4. Brève historique de la route

La route nationale 12 (RN 12), surnommé la route de la Kabylie, a été réalisée durant la période coloniale pour assurer le transport militaire. Elle prend naissance à partir de la RN5 depuis Ténia dans la wilaya de Boumerdès et prend fin à l'Ouest de la ville d'Al ksour dans la wilaya de Bejaia. [9]

Cette route était une route bidirectionnelle à deux voies de circulation. Après l'indépendance, l'Algérie a connu une croissance démographique et un développement économique, ce qui a engendré une évolution importante du trafic. Ce dernier a poussé les autorités à créer une 3ème voie) puis une 4eme voie ce qui donne à la route un profil d'une voie rapide (2x2) avec un séparateur en acier. Et afin d'améliorer la sécurité, le séparateur en acier est remplacé par une glissière de sécurité en béton.

II.5. Inventaire des différents entretiens de la RN12

En l'absence de documentation au niveau de la direction des travaux publics de la wilaya de Tizi-Ouzou, nous avons pu avoir auprès des responsables les données suivantes :

➤ En 2014

Revêtement de la chaussée en béton bitumineux du PK27+500 au PK33+000 sur un linéaire de 6.50 km (Echangeur de Tademaït jusqu'à l'entrée de Boumerdès). [10]

➤ En 2019

Revêtement en béton bitumineux à l'entrée de Tademaït (juste un petit tronçon)

II.6. Conclusion

Localisation de la wilaya de Tizi-Ouzou est stratégique pour la communication et le développement de notre pays, grâce au réseau routier actif durant toute l'année.

Ces dernières années, le réseau routier de la wilaya de Tizi-Ouzou a enregistré des dégradations de la chaussée sous effets de plusieurs sollicitations, ce qui met les usagers en danger permanent.

Le traçons de la RN12 reliant Draa Ben Khedda et la wilaya de Boumerdès nécessite une réhabilitation de PK27+500 au PK36+000 sur un linéaire de 18.5 km (sortie de Draa Ben Khedda jusqu'à l'entrée de Boumerdès) qui fait l'objet de notre projet.

Chapitre III : diagnostic de la chaussée du PK27+500 au PK 36+000

Chapitre III : Diagnostique de la chaussée du pk 27+500 au pk 36+000

III.1. Introduction

La chaussée subit au cours de sa durée de vie plusieurs types de sollicitations, le trafic des véhicules lourds ainsi les variations thermiques sont les principales causes de dégradations d'une route.

La visite de l'itinéraire de la RN12, permet d'ausculter l'état de la route et de relevés les dégradations qui sont apparues. Cette visite nous a permis de constater que la RN12 est malheureusement dans un mauvais état, ce qui nécessite une réhabilitation pour améliorer l'état de surface et aussi l'état de la structure (par renforcement) avec l'augmentation de la capacité par l'élargissement.

III.2. Auscultation de la route

III.2.1 Auscultation automatique

III.2.1.1. Mesure de l'UNI

On définit en général des seuils admissibles des valeurs d'UNI au-delà desquels des actions d'entretien routier sont nécessaires pour maintenir un niveau de service acceptable.

Les mesures de l'UNI permettant de connaître les irrégularités du profil en long (état de planéité de la surface)

L'évaluation de l'UNI est caractérisée principalement par ses éléments :

- Déformation structurelle (affaissement, ornière)
- Etat de la surface (fissuration, nids de poules et profondeurs d'ornières)

La réalisation de cet essai dans le cadre du présent d'expertise serait inutile car l'interprétation des résultats y afférents, sans connaître des résultats des dites essais effectués dans le cadre de la réception des travaux, serait hasardeuse.

Nous pouvons dire que les affaissements dont accuse les 40% du tronçon de la RN12, ont des conséquences néfastes sur l'UNI et de la régularité de son tracé ainsi que sur la circulation car l'UNI a un rapport direct avec les affaissements. Les ornières faussent l'UNI de la chaussée, mais elles sont superficielles. Elles sont tributaires de la qualité de la couche de roulement.

III.2.1.2. Mesure de déflexion

Essai de déflexion à la poutre de Benkelman (Norme : NF P 98-200-1)

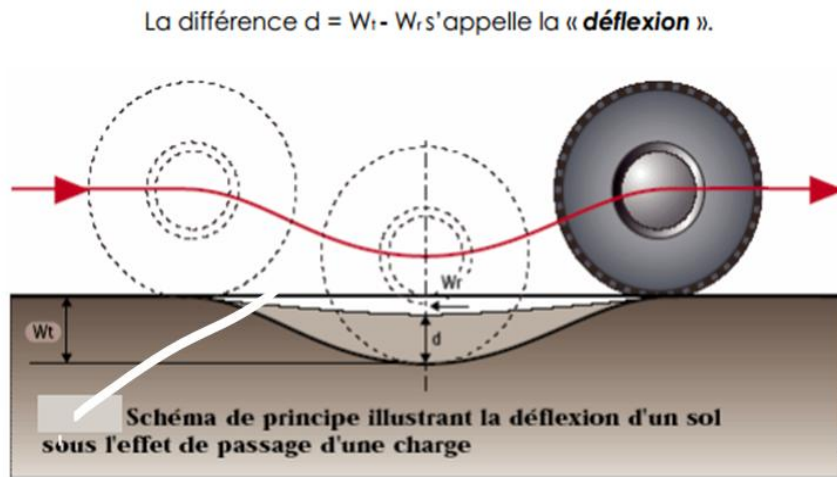


Figure 28 : La déflexion d'un sol sous l'effet de passage d'une charge [11]

L'application constitue un des paramètres de l'auscultation des chaussées. Elle joue un rôle important dans le choix du renforcement d'une chaussée.

La déflexion correspond au déplacement vertical en un point d'une chaussée, engendré par le passage d'une charge. La déflexion est fonction de la distance de la charge du point considéré.



Figure 29 : Mesure de déflexion [11]

But de l'essai :

- Pour évaluer la qualité résiduelle d'une chaussée, pour réaliser des études de dimensionnement, de renforcement et d'entretien. Dans le domaine des chaussées, concerné par la norme NF P98 200-1, la mesure de déflexion s'applique sur tous types

de structures. En revanche, les conditions de mesure et l'interprétation peuvent dépendre de la structure considérée.

- Déterminer les caractéristiques mécaniques des couches de chaussées.

Les résultats des essais de déflexion sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Résultats des essais de déflexion à la poutre de Benkelman [11]

Abscisses	4	4	3	3	2	0	Déflexion limite 1 /100 mm, suivant les spécifications du LCPC SETRA		
PK(m)	Flèche (mm)					∇f : <i>déflexion totale</i> <i>< 1/100 mm</i>	<200 pour un trafic de classe T0		
							(1/100mm)	De (750 à 1500 PL /J)	
						Lecture comp	(1/100mm)		
28+000	0					0.44	44	Inferieure à la déflexion limite	
28+500	0					0.392	39.2		
29+000	0					0.58	58		
29+500	0					0.488	48.8		
30+000	0					0.3	30		
30+500	0					0.392	39.2		
31+000	0					0.316	31.6		
31+500	0					0.336	33.6		
32+000	0					0.38	38		
32+500	0					0.42	42		
33+000	0					0.62	62		
33+500	0					0.66	66		
34+000	0					0.26	26		
34+500	0					0.42	42		
35+000	0					0.724	72.4		
35+500	0					0.564	56.4		
36+000	0					0.844	84.4		
Moyenne des déflexions							<200		

- **Interprétation de ces résultats**

Les déflexions obtenues par la méthode de la poutre Benkelman au niveau de la voie gauche (Tizi-Ouzou vers Boumerdès) du tronçon routier de la RN12 sont toute inferieures aux déflexions limites en vigueur, suivant les spécifications du LCPC SETRA. « Pour un trafic de classe T0, la déflexion limite doit être inférieure ou égale à200 »

Les déflexions totales obtenues sont très inférieures aux déflexions limites en (1/100), elles varient de 18 à 100 sur tout le tronçon. Et dans notre cas les déflexions limites varient de 26 à 84.4 ; du (Pk 28+000 au PK36+000).

Notant que ces essais ont été réalisés en dehors des sections affectées. Ce qui nous permet de conclure que les dégradations dont accuse la RN12 ne sont pas dû à l'affaiblissement de la portance de la couche de fondation ou du sol support, car les sections dégradées accusent des affaissements dépassent le stade de déflexion rémanente.

III.2.2 Auscultation visuelle

L'examen visuel est l'élément fondamental de l'auscultation. Il permet à l'ingénieur d'établir les premières hypothèses au sujet de l'origine des dégradations constatées et

D'observer les points singuliers décelés par des mesures de déflexions et d'uni.

En règle générale, le relevé comprendra :

- Un relevé des dégradations
- Un relevé de l'état du réseau d'assainissement et des accotements
- Un relevé des zones instables et particularités qui feront l'objet d'une étude spécifique.

III.2.2.1. Relevé des dégradations

L'auscultation visuelle de l'état de la chaussée est faite le mois d'Avril 2017. elle a mise en exergue les dégradations les plus dominantes. Elles peuvent être résumées en 03 familles, à savoir :

III.2.2.2. Famille des fissures

Sur le tronçon étudié, nous avons constaté la présente de deux types de fissure, à savoir :

- ❖ **Fissures longitudinales**
- ❖ **Fissures transversales**

L'évolution des bords de ces deux types de fissures favorise la pénétration de l'eau, d'où naissent la ramification des fissures (faïençage) ainsi que l'épaufrures et des nids de poule

Ce type de dégradation représente les 30% de toutes les dégradations recensées.



❖ Faïençage

Ce type de dégradation représente 80% du tracé étudié.



Figure 31 : Représente le faïençage de la RN12 [12]

❖ Epaufures

Il s'agit effritement ou cassure des bords de chaussée. Notant que les épaufures des bords des fissures favorisent la pénétration de l'eau, engendrant ainsi les ramifications des fissures, puis faïençage.

- Famille des déformations
- ❖ **Affaissement**

Cette dégradation représente les **70%** du total du faïençage recensé. Elle est plus ponctuelle que généralisée. Elle accompagne généralement le faïençage à mille serrée.



Figure 32 : Représente un affaissement de la RN12 [11]

- Famille des arrachements
- ❖ **Glaçage**

Cette dégradation qu'on s'appelle aussi **effet miroir**, est présentée sur les **90% du tracé**.

III.2.3 Relevé de l'état du réseau et d'assainissement et des accotements

Le réseau d'assainissement de la RN12 comprend l'ensemble de dispositifs qui sert à collecter et évacuer toutes les eaux superficielles en vue d'assurer de bonne condition de viabilité et de sauvegarder l'ouvrage routier.

III.2.3.1. Rôle de différents éléments du réseau d'assainissement

❖ **Le rôle de la chaussée**

La chaussée constitue un élément du réseau d'assainissement. Sa pente transversale permet d'écouler les eaux pluviales latéralement.

La rugosité de la chaussée est indispensable pour l'évacuation des eaux pluviales rapidement vers les accotements en gardant au minimum possible la couche de roulement sèche sous les pneus des véhicules.

❖ **Le rôle des accotements**

Les accotements doivent aussi avoir une pente du 4% au maximum donnant aux fossés. Le rôle de cette pente est d'éviter l'infiltration des eaux pluviales sous la chaussée pour sauvegarder la chaussée des dégradations structurelles.

Pour les accotements surélevés, ont créé des saignées conduisant les eaux superficielles perpendiculairement à la route au travers de cet accotement infranchissable.

❖ **Le rôle des fossés et caniveaux**

Les fossés et les caniveaux et autres fils d'eau collectent et conduisent les eaux superficielles parallèlement vers les regards et caniveaux et d'autres ouvrages d'évacuation sous terrain (passage busé, dalot...).

❖ **Le rôle des exutoires**

Les exutoires (passages busés, dalots...) recueillent l'eau pour l'évacuer en dehors du domaine public.

Lors de la construction, les ouvrages d'assainissement doivent être correctement étudiés et dimensionnés pour évacuer rapidement toute l'eau qu'ils reçoivent

III.2.3.2. L'état du réseau d'assainissement

Notant que le tronçon du PK27+500 au PK46+000 de la RN12 a été construit sur des remblais. Les fossés et les descentes y compris les regards évacuateurs des eaux pluviales des fossés et caniveaux vers la rivière sont insuffisants.

Nous avons remarqué des fossés enterrés au niveau de quelques sections, ils nécessitent de curages.

Les sections dépourvues des fossés et les regards exutoires, sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : les sections dépourvues des fossés et les regards exutoires sont [11]

Voie gauche Draa ben khedda vers limite Boumerdès	Linéaire (ml)
Du PK35+000 au PK35+300	300
Du PK31+800 au PK30+000	1800
Du PK28+900 au PK28+200	700
Du PK25+850 au PK28+300	3550
Du PK28+800 au PK27+800	1000
Du PK 27+500 au PK27+000	500
TOTAL	4350

Les accotements sont sûrs élevés par rapport au niveau de la couche de roulement. Ce qui laisse les eaux pluviales stagnées au bord de la chaussée. Elles finissent toujours par s'infiltrer en dessous de la couche de roulement.



Figure 33 : Pente de l'accotement inversé [11]

Les accotements sont surélevés par rapport au niveau de la couche de roulement (sortie de la zone d'activité de DBK EST sur RN12). Ce qui engendre la stagnation des eaux pluviales au bord de la chaussée. Elles finissent toujours par s'infiltrer en dessous de la couche de roulement .



Figure 34 : Accotement sur élevé par rapport à la couche de roulement [11]

Le passage des eaux pluviales aux caniveaux est freiné par la pente inversée de l'accotement et par les herbes sauvages poussées à côté.



Figure 35 : Stagnations des eaux pluviales [11]

III.2.4 Relevé des zones instables et particularités qui feront l'objet d'une étude spécifique :

a. Zones instables

Elles se résument à des glissements de terrain dont accusent beaucoup de sections des deux voies de la RN12.

Sur la voie gauche (Tizi-Ouzou Boumerdès) de la route, nous avons remarqué plusieurs amorçages de glissement de talus qui se traduisent par des fissures longitudinales, peu anarchique. Ceci est dû à l'absence des fossés au niveau des accotements et au pied des talus. Notant que la route est construite sur des remblais. Ces derniers jouent aussi le rôle des berges de l'Oued Sebaou. Ce qui revient à dire aussi que les eaux superficielles empruntant les talus vont se déverser au pied de la berge gauche de l'Oued Sebaou.

Cette dite berge se trouve dans le lit majeur de ce dernier. Elle est mouillée, voire inondée, par les eaux de l'Oued en temps de crue. Ce qui revient à dire que les talus des remblais de la RN12 sont doublement agressés. D'une part par les eaux pluviales venant des accotements de la route, de l'autre part par les eaux de l'Oued Sebaou en temps de crue.

Le plus important exutoire de la RN12 est le dalot du PK28+900, qui est conçu pour permettre d'évacuer rapidement toutes les eaux superficielles qu'il reçoit du bassin versant ne se trouvent pas très loin des accotements de la voie droite (wilaya Boumerdès-Tizi-Ouzou) pour l'évacuer vers l'Oued Sebaou.

Notant qu'en hiver, durant d'importantes averses, les eaux superficielles coulent à flot sur la chaussée. Elles arrivent à inonder la route.

Les fissures longitudinales et transversales sont apparues sur la voie gauche de la RN12 (Tizi-Ouzou Boumerdès), située au-dessus de cet ouvrage. En fait, ces fissures ont tracé le gabarit d'une partie du dalot. Elles ont mis en exergue l'existence d'une humidité relative entre le dalot et la chaussée.

b. Particularités

La particularité de la route RN12 du PK27+500 au PK 46+000, se résume à l'utilisation en couche de fondation deux matériaux subnormaux bien distincts sur différentes sections. Ce qui explique l'aspect visuel de la chaussée, de point de vue type de dégradation constaté.

- ✓ Le premier matériau est alluvionnaire issu de l'Oued Sebaou. Notant que ce TVO on le trouve aussi en sol support ainsi qu'en remblai sur les 80% du linéaire de ce tronçon routier.
- ✓ Le deuxième matériau est subnormal d'origine gréseuse de couleur marron à rouge brique.

Cette combinaison a rompu le rapport de rigidité qui devait y avoir entre les couches bitumineuses et les couches sous-jacentes. Ceci s'est traduit par des dégradations prématurées

De type faïençage et affaissement de la couche de roulement. Cette dégradation s'est accentuée par la présence des galets dans le TVO et la sensibilité à l'eau du matériau gerseau vu l'importance de son indice de plasticité.

En outre, Le TVO favorise la ségrégation, c'est -à-dire sa densité diffère d'un endroit à un autre ce qui revient à dire que le compactage de ce matériau n'atteindra jamais la densité de l'optimum Proctor. Ce qui génère l'augmentation de la porosité et rend les couches bitumineuses vulnérables. [11]

III.3. Conclusion

D'après l'auscultation faite sur la RN12 de PK 27+500 au PK36+000, on a arrivés à extraire les causes probables de cette dégradation à l'aide d'une auscultation automatique et visuelle, qui nous a facilités a trouvés des solutions appropriées pour la réhabiliter.

Chapitre IV: Etude de trafic

Chapitre IV : Etude du trafic

IV.1. Introduction

L'étude de trafic est un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructure. Pour résoudre les différents problèmes d'aménagement, il est insuffisant de connaître la circulation en un point donné sur une route existante, il est souvent nécessaire de connaître les différents courants de circulation, leurs formations, leurs aboutissements, en d'autres termes de connaître l'origine et la destination (O/D) des différents véhicules.

IV.2. Analyse et évolution du trafic sur le tronçon PK27+500 au PK36+000

La connaissance du trafic, principalement le pourcentage des poids lourds, constitue un élément essentiel pour un bon dimensionnement de la structure de la chaussée. Ce trafic s'exprime généralement par deux paramètres :

✓ Le trafic journalier moyen annuel (TJMA) à la mise en service qui permet de choisir Les matériaux nécessaires pour la construction de la chaussée.

✓ Le nombre cumulé d'essieux de référence passant sur la chaussée tout au long de sa Durée de vie et qui sert au calcul de dimensionnement proprement dit. [6]

Pour cela dans le cadre de traitement de la **RN12** le contrôle technique des travaux publics CTPP a mené une enquête de compactage **manuel** et **automatique**

✓ Les comptages automatiques à l'aide de compteurs à tube pneumatique.

✓ Les comptages manuels avec distinction de véhicules.

Les compactages sont déroulés durant le mois de **mai 2022** pendant **une semaine**. Les résultats du comptage de trafic automatique et manuel sont comme suit

IV.3. Compactage manuel

Ils sont réalisés par les agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les compactages automatiques.

L'enregistrement des véhicules se faisait par tranche à partir de **11h :00** jusqu'à **13 :00** dans différentes périodes, et pour le besoin de l'enquêtes, le trafic est subdivisé en six catégories :

- P1 : véhicules légers ;
- P2 : véhicules utilitaires ;
- P3 : bus ;
- P4 : camions légers ;

- P5 : poids lourds ;
- P6 : ensembles articulés.

Tableau 3 : Les résultats de comptage manuel [11]

Route	Section	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
RN12	Tademaït-Boumerdès	1690	0	49	199	10	69	2017

Unité : véhicule (V)

IV.3.1 Comptage automatique

Ils sont effectués à l'aide d'appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée. Une des extrémités du tube est fermée et l'autre se raccorde au compteur.

Les comptages de trafic ont été réalisés en **mai2022** entre (**00h :00 - 01 :00**) au (**23h :00_00h00**), 24h. Les résultats obtenus doivent être donc redressés pour couvrir également la période afin d'être représentatif de la journée entière avant de passer au calcul des moyennes journalières annuelles. [13]

Tableau 4 : Les résultats de comptage automatique (DTTP de Tizi-Ouzou) [13]

Route	Section	Trafic compté de			Facteur	Facteur	TMJA2022
		VL	PL	TOTAL	journalier	Saisonnier	
RN12	Tademaït-Boumerdès	15994	2561	18555	1.01	1.03	18555

Unité : véhicule par jour (V/J)

IV.4. Estimation du trafic futur

Les données du trafic

Selon les résultats des compactages et de prévisions effectuées par le service spécialisé de CTTP nous avons :

- Le comptage effectué en 2022 a donné un trafic de **18555 v/j /sens**
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 4\%$
- La vitesse de base $V_B = 80\text{Km/h}$
- Le pourcentage du poids lourds $Z = 13.8\%$

- Année de mise en service est **2022**
- La durée de vie de projet est de **20 ans**

IV.5. Analyse de trafic

IV.5.1 Trafic journalier moyen annuel

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

Tel que :

- $TJMA_n$: 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.

IV.5.2 Calcul du trafic à l'année de mise en service (prévue pour fin de l'année 2022)

$$TJMA_{2022} = (1 + 0.04)^0 \times 18555 = 18555 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2022} = 18555 \text{ v/j}$$

IV.5.3 Calcul du trafic à l'année horizon (dans 20 ans)

$$TJMA_{2042} = (1 + 0.04)^{20} \times 18555 = 40656.29 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2042} = 40656.29 \text{ v/j}$$

IV.5.4 Calcul de trafic effectif

C'est le trafic par unité de véhicule, il est déterminé en fonction du type de route et de l'environnement.

$$T_{eff} = [(1 - Z) + PZ] TJMA_h$$

Tel que :

- Z : le pourcentage du poids lourds (%).;
- P : coefficient d'équivalence qui dépend des nombres de voies et de l'environnement et les caractéristiques de la route (tableau 03).

Tableau 5 : Coefficient d'équivalence « P » [14]

Environnement	E1	E2	E3
2voie	3	6	12
3voie	2.5	5	10
4voie et plus	2	4	8

Nous avons :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Environnement E2} \\ \text{Route à bonnes caractéristiques} \end{array} \right. \rightarrow P = 4$$

AN :

$$T_{eff} = (1 - 0.138 + 4 \times 0.138) \times 40656.29 = 57488 \text{ uvp /j}$$

$$T_{eff} = 57\ 488 \text{ uvp /j}$$

IV.5.5 Débit de points horaire normal

C'est le nombre de véhicules susceptibles d'emprunter la route à l'année d'horizon

$$Q = \frac{1}{n} T_{eff}$$

Tel que :

- $1/n$: Coefficient de pointe horaire pris est égal à 0.12 selon la B40.

AN :

$$Q_{2042} = 0.12 \times 57\ 488 = 6899 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{2042} = 6899 \text{ uvp/h}$$

IV.5.6 Débit horaire admissible

C'est le débit admissible que peut supporter une route.

$$Q_{adm} = K_1 K_2 C_{th}$$

Tel que :

- C_{th} : la capacité théorique ;
- K_1 : coefficient qui dépend de l'environnement (tableau 06) ;

- K_2 : coefficient tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route (tableau 07).

Tableau 6 : Coefficient « K_1 » [14]

Environnement	E1	E2	E3
K_1	0.75	0.85	0.9-0.95

Tableau 7 : Coefficient « K_2 » [14]

Catégorie					
Environnement	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.89	0.98

Tableau 8 : Capacité théorique « C_{th} » [14]

Capacité théorique	
Route à 2 voies de 3.5 m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3.5 m	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 uvp/h

D'après les tableaux ci-dessus, nous avons :

$$\begin{cases} \text{Environnement } E2 \\ \text{Catégorie } C2 \end{cases} \rightarrow K_1 = 0.85 \text{ et } K_2 = 0.99$$

➤ La capacité théorique (tableau 08)

La RN12 est axe autoroutier à deux chaussées séparées donc,

$$C_{th} = 1800 \text{ uvp/h/voie}$$

D'où :

$$Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 1800 = 1514.7 \text{ uvp/h/voie}$$

$$Q_{adm} = 1514.7 \text{ uvp/h/voie}$$

IV.5.7 Détermination de nombre de voie

La Route Nationale (RN12) est une route à chaussée unidirectionnelle, donc :

$$N = S \times Q / Q_{adm}$$

$$N = \frac{2}{3} \times \frac{6899}{1514.7} = 3.04 \rightarrow N = 3 \text{ voies/sens}$$

$$N = 3 \text{ voies/sens}$$

IV.5.8 L'année de saturation

$$Q_{sat} = Q_{adm} = (1 + \tau)^n \times Q_{2022}$$

$$1515 = (1 + 0.04)^n \times 3763$$

$$(1 + 0.04)^n = \frac{1515}{3763}$$

$$n = \frac{\ln \frac{1515}{3763}}{\ln(1+0.04)} = \frac{0.90}{0.03} = 30$$

n = 30 ans

La route sera saturée dans 30 ans (2052).

Remarque :

Selon le rapport d'expertise établi par le laboratoire de géotechnique et d'ingénierie, la plateforme de la **RN 12** ne présente pas une largeur constante sur l'itinéraire objet de la présente étude qui permettrait de généraliser un profil en travers type choisi.

Néanmoins la disponibilité d'espace observée sur l'itinéraire de l'étude montre la possibilité de création de **Bandes d'Arrêt d'Urgence (BAU) de 2,50 m** sur un linéaire total de 15000 ml à la place d'une 3ème voie de 3,50 m. Les sections concernées sont:

- De la bretelle de sortie de l'échangeur de Bouaid jusqu'à la pénétrante, soit **3000 ml**
- De la bretelle de la sortie de l'échangeur de Sidi Naaman vers l'échangeur de Tademaït, soit **7000 ml**
- De l'échangeur de Tademaït (après le CFPA) vers la limite de wilaya (Station essence). Soit **5000 ml**.

IV.6. Conclusion

La réhabilitation de RN12 ; du PK27+500 jusqu'à PK36+000 nécessite une route unidirectionnelle de **2x2 voies de 3.5m** (pour chaque voies) et **une Bande d'Arrêt d'Urgence (BAU) 2.5m** de chaque côté, avec des séparateurs en béton armé **Terre-Plein Central (TPC) de 1m**. La largeur des accotements égale à 1.5 m de chaque côté.

Chapitre V: Dimensionnement de corps de chaussée

Chapitre V : Dimensionnement de corps de chaussés

V.1. Introduction

Le dimensionnement du corps de chaussée est une étape primordiale dans une étude d'un projet routier. Son objet est de fixer les épaisseurs des différentes couches de matériaux constituant la chaussée afin de résister aux agressions mécaniques appliquées par le trafic comme la (fatigue, l'orniérage...).

Dans notre projet, le dimensionnement du corps de chaussée doit permettre aux usagers de rouler en sécurité.

Pour permettre de procéder à ce dimensionnement 02 paramètres doivent être connus :

- ✓ L'analyse du trafic que devra supporter la chaussée projetée.
- ✓ L'analyse de la portance du sol de plate-forme (détermination de l'indice de poinçonnement CBR (%)).

V.2. Définition

D'après l'exécution des terrassements, y' compris la forme, la route commence à se profiler sur le terrain comme une plate-forme dont les déclivités sont semblables à celles du projet.

A la suite, la chaussée est appelée à :

- Supporter la circulation des véhicules de toute nature.
- Reporter le poids sur le terrain de fondation.

Pour accomplir son devoir, c'est-à-dire assurer une circulation rapide et confortable, la chaussée doit avoir une résistance correspondante et une surface constamment régulière.

Au sens structurel la chaussée est définie comme un ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic. [15]

V.3. Principe de la constitution des chaussées

La chaussée est essentiellement un ouvrage de répartition des charges roulantes sur le terrain de fondation. Pour que le roulage s'effectue rapidement, sûrement et sans usure exagérée du matériel, il faut que la surface de roulement ne se déforme pas sous l'effet :

- De la charge des véhicules.
- Des chocs.
- Des intempéries.
- Des efforts cisaillements [15]

V.4. Les différents facteurs pour l'étude de dimensionnement

Le nombre des couches, leurs épaisseurs et les matériaux d'exécution, sont conditionnées par plusieurs facteurs parmi les plus importants sont :

V.4.1 Trafic

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieurs a 3.5tonnes), il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèques des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée

V.4.2 Environnement

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

V.4.3 Le Sol Support

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plateforme support de chaussée » constitue du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme. Les plates formes sont définies à partir de la nature et de l'état du sol de l'épaisseur de la couche de forme.

V.4.4 Matériaux

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage répété des véhicules lourds). [16]

V.5. Proposition et dimensionnement du corps de chaussée

Pour dimensionner le corps de chaussée, on applique deux méthodes :

- Méthode de CBR modifiée.
- Méthode du catalogue des structures types de renforcement.

V.5.1 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

Les données de bases pour le dimensionnement de chaussée sont :

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

- Les caractéristiques des matériaux

V.5.1.1. Trafic

V.5.1.1.1 Détermination du type de réseau principale (R_{Pi})

D'après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (Fascicule 1), on a :

Tableau 9 : Type de réseau principal [6]

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

Selon les données du projet, nous avons :

$$TJMA_{2022} = 18555 (V/j/sens) > 1500(V/j)$$

Donc : c'est un réseau principal **R_{P1}**.

V.5.1.1.2 Détermination de la classe de trafic PL à l'année de mise en service (T_{PLi})

La classe de trafic **T_{PLi}** est déterminée à partir du trafic PL/J/sens compté en moyenne journalière annuelle (MJA), sur la **voie la plus chargée**, à l'année de mise en service.

- La répartition transversale du trafic

En l'absence d'informations précises sur la répartition des poids lourds sur les différentes voies de circulation,

On adoptera les valeurs suivantes pour une **chaussée unidirectionnelle à 3 voies : 80 % du trafic PL** sur la voie lente de droite (fascicule 1 de dimensionnement des chaussées neuves),

- Le nombre de poids lourd par sens

Nous avons :

- Le trafic qui transite dans une seule direction est : $TJMA_{2022} = 18555 v/j/sens$
- Le pourcentage du PL est : $Z = 13.8 \%$.

D'où :

$$TJMA_{2022} = 18555 \times 0.138 \times 0.8 = 2049 PL/j/voie$$

Tableau 10 : Détermination de la classe de trafic (T_{PLi}) [6]

T _{PLi}	T _{PL3}	T _{PL4}	T _{PL5}	T_{PL6}	T _{PL7}
PL/j/sens	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

D'après le tableau ci-dessus, le **T_{PLi} = 2049 PL/j/sens** sur voie la plus chargée est entre **[1500 – 3000] PL/j/sens**

Donc, la classe de trafic est **TPL6**.

V.5.1.1.3 Calcul du trafic cumulé de poids lourd TCi

Le TCi est le trafic du PL sur la période considérée (durée de vie) pour le dimensionnement est donné par la formule suivante :

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

- i : le taux d'accroissement 4%.
- n : durée de vie considérée 20 ans (tableau 4).

$$TCi = 2049 \times 365 \times \frac{(1 + 0.04)^{20} - 1}{0.04}$$

$$TCi_{2042} = 22.27 \times 10^6 \text{ essieux équivalent de 13 t}$$

Tableau 11 : La durée de vie adopté (tableau4, page13 du fascicule2) [17]

Niveau de réseau principal (RPI)	Matériaux types	Structures types	Durée de vie (Années)
RP1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB,GB/GNT ,GB/TUF, GB/SG	20
	MTHB (matériaux traités aux liants hydrauliques)	GL/GL	20
		BCg	25
RP2	MNT (Matériaux non traités)	GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	15
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB/SG	15

V.5.1.1.4 Trafic cumulé équivalent (TCEi)

Il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalent de 13 tonnes sur la durée de vie considérée.

$$TCEi = TCi \times A$$

A: coefficient d'agressivité du poids lourd par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes, en fonction du réseau principal RPi (tableau 4).

Tableau 12 : Valeur de coefficient d'agressivité A [17]

Type de matériaux et structures		Valeurs de A
RP1	Chaussées à MTB : GB/GB, GB/TUF, GB/SG	0.6
	Chaussées à MTLH : GL/GL, BCg/GC	1
RP2	Chaussées à MNT : GNT/ GNT, TUF /TUF, SG/SG, AG/AG	0.6
	Chaussées à MTB : SB/SG,	0.4
RP1 et RP2	Sol-support (calcul de $\epsilon_{z, adm}$)	0.6

AN :

$$TCEi = 22.27 \times 10^6 \times 0.6 = 13.362 \times 10^6 \text{ essieux equivalents}$$

$$\mathbf{TCEi = 13.362 \times 10^6 \text{ essieux equivalents}}$$

V.5.1.2. Les données climatiques

Le dimensionnement de corps de chaussée s'effectue avec une température équivalente θ_{eq} , en tenant compte du cycle de variation de température de chaque année. La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique du site D'après le « catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (2001 CCTP) », le site de projet est classé en **zone I** (d'après de fascicule 2).

Tableau 13: Zones climatique de pluviométrie (Tableau7, page15 du fascicule 2) [17]

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Température Equivalente(°C)	Région
I	>600	Très humide	20	Nord
II	350-600	Humide	20	Nord haut-plateaux
III	100-350	Semi-aride	25	Haut-plateaux
IV	>100	Aride	30	Sud

La RN12 est située dans la zone climatique I, donc la température équivalente est $\theta_{eq} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

V.5.1.3. Le risque de calcul

D'après le catalogue de dimensionnement algérien (Tableau5-page14-fascicule2), nous avons un risque de 5%.

Tableau 14 : Risque en fonction de type de matériau et de classe de trafic [17]

Classe de trafic TPLi	PL/j/sens	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
-----------------------	-----------	------	------	------	------	------

Risque %	GB/GB et GB/GNT	20	15	10	5	2
	GL/GC	15	10	5	2	2
	Bcg/GC	12	10	5	2	2

V.5.1.4. Le sol support

V.5.1.4.1 Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement

Classes de portances de sol support pour le dimensionnement sont données dans le tableau suivant.

Tableau 15 : Classes de portance du sol-support (fascicule 1) [17]

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

$$E \text{ (MPa)} = 5 \times CBR = 5 \times 10 = 50$$

$$E = 50 \text{ MPa}$$

Dans notre cas le sol support est de classe de portance **S2**.

❖ Choix de dimensionnement

Nous sommes dans le réseau principal (RP1), la zone climatique I, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement moyen (4%), portance de sol (S2) et une classe de trafic (TPL6). Avec toutes ces données, le catalogue Algérien (fascicule 3) propose la structure suivante :

- Couche de roulement : 8cm de béton bitumineux
- Couche de base : 12cm grave bitume
- Couche de fondation : 13cm grave bitume

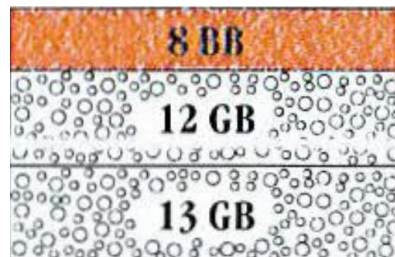


Figure 36 : Structure de la chaussée proposée par le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves [15]

Pour éviter le problème de rigidité entre la couche de fondation et le sol support, nous proposons un corps de chaussée de structure BB/GB/GNT

- Couche de roulement : 8cm de béton bitumineux
- Couche de base : 12cm grave bitume
- Couche de fondation : 30cm grave non traité (GNT)

Ce corps de chaussée proposé est plus favorable que le corps de chaussée tiré du catalogue.

❖ Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support

Il faudra vérifier ϵ_t et ϵ_z que calculées à l'aide d'ALIZE III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées c'est-à-dire respectivement à $\epsilon_{t,adm}$ et $\epsilon_{z,adm}$

ϵ_t : étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.

ϵ_z : (sol) étant la déformation verticale sur le sol support. [17]

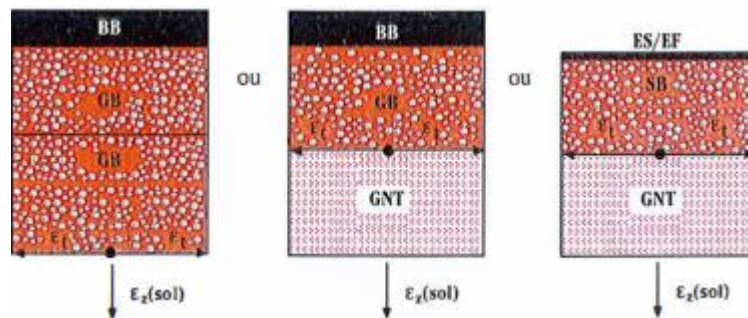


Figure 37 déformation du sol support [15]

V.5.1.5. Calcul de la déformation admissible ($\epsilon_{z,adm}$ et $\epsilon_{t,adm}$)

V.5.1.5.1 Calcul de la déformation verticale admissible $\epsilon_{z,adm}$

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

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCEi)^{-0.235}$$

A.N :

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (13.362 \times 10^6)^{-0.235}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 465 \times 10^{-6} \text{ def}$$

V.5.1.5.2 Calcul de la déformation admissible transversale $\epsilon_{t,adm}$ [18]

La valeur admissible de traction est donnée par la relation suivante

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6 (10^\circ c, 25 \text{ Hz}) \times k_{ne} \times k_{\theta} \times k_r \times k_c$$

- ε_6 (10°C, 25Hz) : déformation limite détenue au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz ;
- $K\theta$: facteur lié à la température ;
- K_r : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée ;
- K_r : facteur lié au risque et aux dispersions ;
- K_c : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée.

$$Kne = \left(\frac{10^6}{TCEi}\right)^b, \quad K_r = 10^{-tb\delta}, \quad K\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ C)}{E(\theta_{eq})}}$$

- b : pente de la droite de fatigue ($b < 0$)
- $E(10^\circ c)$: module complexe du matériau bitumineux à 10°C ;
- $E(\theta_{eq})$: module complexe du matériaux bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée

D'où :

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

$$\delta = \sqrt{(Sn)^2 + \left(\frac{C}{b}S\right)^2}$$

- SN : dispersion sur la loi de fatigue ;
- Sh : dispersion sur les épaisseurs ;
- C : coefficient égal à 0.02.

Tableau 16 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux [19]

Matériaux	E (30°, 10HZ) (MPa)	E (25°, 10HZ) (MPa)	E (20°, 10HZ) (MPa)	E (10°, 10HZ) (MPa)	$\epsilon_6(10^\circ, 25\text{HZ}) \cdot 10^{-6}$	-1/b	SN	SH	ν	Kc calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0.35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3
SB	1500	-	-	3000	245	7.63	0.68	2.5	0.45	1.3

Alors d'après le tableau 13 page18 du Catalogue de dimensionnement des Chaussées Neuves et les tableaux ci-dessus on résume les paramètres suivants.

$$\epsilon_6(10^\circ c, 25\text{Hz}) = 100 \times 10^{-6} \text{ MPa} ; E(10^\circ c, 10\text{Hz}) = 12500 \text{ MPa} ;$$

$$E(\theta_{\acute{e}q}) = E(20^\circ, 10\text{Hz}) = 7000 \text{ MPa}$$

$$-\frac{1}{b} = 6.84 \Rightarrow b = -0,146$$

$$SN = 0,45 ; Sh = 3 \text{ cm}$$

Tableau 17 : Résume les différents paramètres de performances mécaniques des matériaux bitumineux

[17]

Matériaux	E (20°C, 25HZ)	-1/b	SN	Sh	V	Kc calage	R%	C	B	T	ϵ_6
GB	7000	6,84	0,45	3	0,35	1,3	10	0,02	-	-	100×10^{-6}
									0,146	1,282	⁶

D'où :

$$Kne = \frac{TCEi^b}{10^6} = \left(\frac{13.65 \times 10^6}{10^6} \right)^{-0.146} = 0.68$$

$$Kr = 10^{-tb\delta} = 10^{-(1.282 \times -0.146 \times 0.60)} = 1.67$$

$$\delta = \sqrt{(Sn)^2 + \left(\frac{C}{b}Sh\right)^2} = \sqrt{(0.45)^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} \times 3\right)^2} = 0.60$$

$$K\theta = \sqrt{\frac{E(10^{\circ}c)}{E(\theta_{eq})}} = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.78$$

$$Kc = 1.3$$

$$\varepsilon_{t,adm} = (100 \times 10^6) \times 0.68 \times 1.78 \times 1.67 \times 1.3 = 263 \times 10^{-6}$$

$$\varepsilon_{t,adm} = 263 \times 10^{-6} \text{ def}$$

V.5.2 Vérifications des déformations avec le logiciel ALIZE III

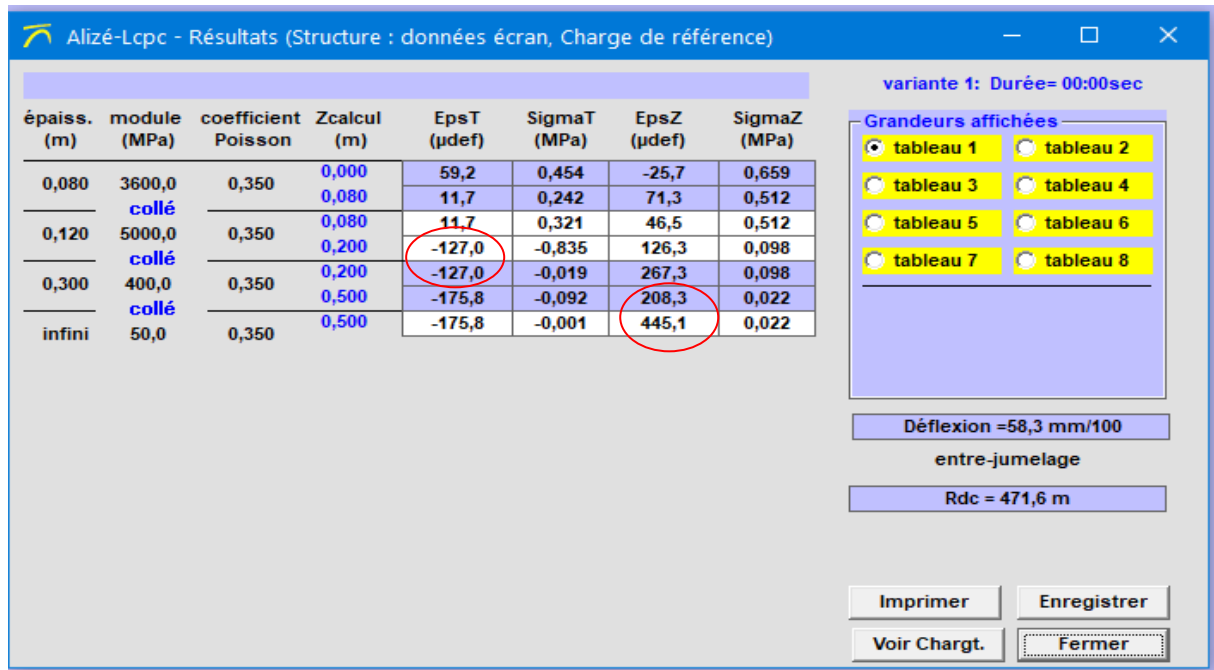


Figure 38 Résultat de logiciel ALIZIE

$$\begin{cases} \varepsilon_t < \varepsilon_{t,adm} \\ \varepsilon_z < \varepsilon_{z,adm} \end{cases} \rightarrow \text{La modalisation est vérifiée.}$$

V.5.3 Method C B R (Californian- Barning- Ratio) [15]

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

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

L'épaisseur de la chaussée est donnée par la formule suivante

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

- ICB : indice CBR.
- N : désigne le nombre moyen de camion de plus 1500 kg à vide.

- P : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).
- Log : logarithme décimal.
- e : épaisseur équivalent.

❖ **Notion l'épaisseur équivalent**

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

$$E_{eq} = \sum e_i(\text{réel}) \times a_i$$

- e1 : épaisseur réelle de la couche de roulement.
- e2 : épaisseur réelle de la couche de base.
- e3 : épaisseur réelle de la couche de fondation.
- a1, a2, a3: sont Les coefficients d'équivalence respectivement des matériaux des couches e1, e2, e3.

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

Tableau 18:les coefficients d'équivalence pour chaque matériau [15]

Matériaux	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux (BB) ou enrobe dense	2.00
Grave ciment (GC) – grave laitier (GL)	1.50
Sable ciment (SC)	1.20
Grave concassée (non traité) ou gravier	1.00
Tuf	0.6 à 0.7
Grave sableuse (roulé TVO)	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.50

❖ **Application numérique**

Les données sont :

TMJA₂₀₂₂ a donné un trafic de **18555 v/j /sen**

- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 4\%$
- Le pourcentage du poids lourds **Z = 13.8%**

- $I_{CBR} = 10$
- $P = 6.5 \text{ t}$

On a :

$$TJMA_{2042} = 40656v/j$$

$$NPL_{2042} = TJMA_{2042} \times Z = 40656 \times 0.138 = 5611 \text{ PL/j/sens}$$

D'où :

$$E_{\text{éq}} = \frac{100 + \sqrt{6(75 + 50 \times \log \frac{N}{10})}}{I + 5} = \frac{100 + \sqrt{6.5(75 + 50 \log \left(\frac{5611}{10}\right))}}{10 + 5} = 47 \text{ cm}$$

Pour proposer le dimensionnement de la structure de notre chaussée, il nous faut résoudre l'équation suivante :

$$a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = E_{\text{éq}} \Leftrightarrow a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 45 \text{ cm}$$

Pour résoudre l'équation précédente, on fixe 2 épaisseurs et on calcul la 3ème

Donc :

- ✓ Couche de roulement BB $a_1 \times e_1 = 2 \times 6 \text{ cm}$
- ✓ Couche de base GB $a_2 \times e_2 = 1.5 \times 10 \text{ cm}$
- ✓ Couche de fondation GNT $a_3 = 1$

D'où :

L'épaisseur de la couche de fondation e_3 en (GNT) est :

$$E_{\text{éq}} = 6 \times 2 + 10 \times 1.5 + e_3 \times 1 = 47$$

D'où :

$$e_3 = 20 \text{ cm}$$

Donc la structure proposée : 6 BB + 10GB + 20 GNT

Tableau 19 : La répartition des épaisseurs [15]

Couche	Coefficient d'équivalence (cm)	Epaisseur réelle (ci)	Epaisseur finale
BB	2	6	12
GB	1.5	10	15
GNT	1	20	20

TOTALE		47
---------------	--	----

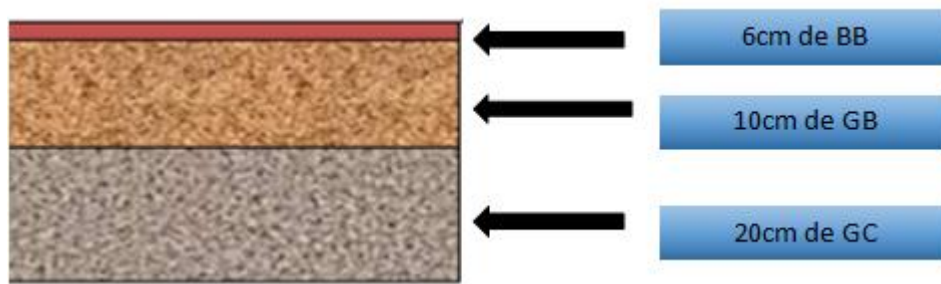


Figure 39 : Corps de chaussée avec méthode de CBR

Tableau 20: Tableau des résultats des deux méthodes

CBR	Méthode	
	CBR	Catalogue
10	6BB+10GB+20GNT	8BB+12GB+30GNT

V.6. Conclusion

D'après les résultats que nous avons trouvés on conclut, que la méthode de dimensionnement des corps de chaussées neuves donne une structure favorable pour la chaussée avec des épaisseurs importantes par rapport à la méthode de CBR qui donne des épaisseurs moins importantes, car il ne prend pas en considération le comportement mécanique de la chaussée (le comportement la fatigue).

Chapitre VI: Etude géologique et géotechnique

Chapitre VI : Etude géologique et géotechnique

VI.1. Introduction

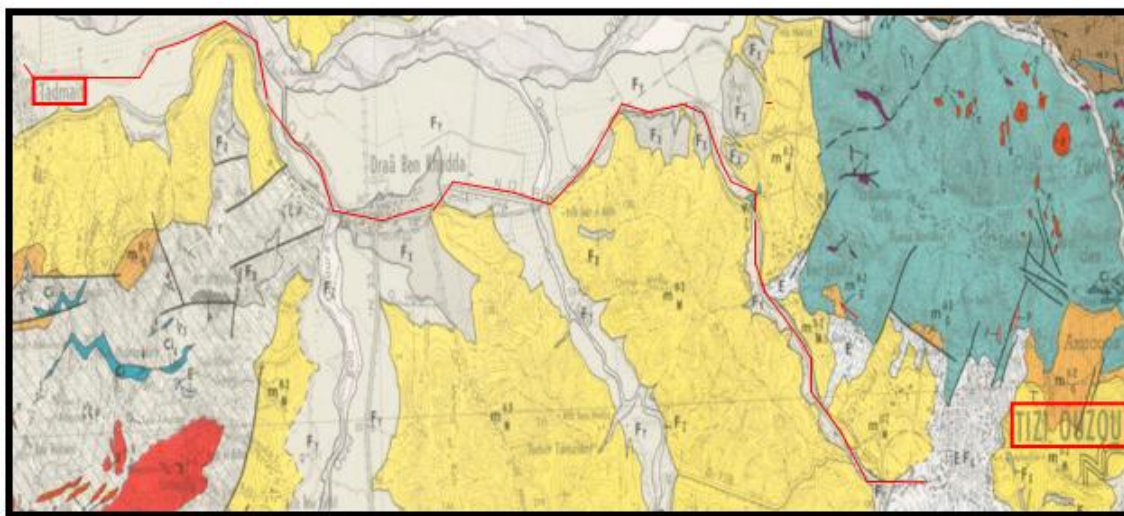
La réalisation de la route ne se limite pas, par l'obtention d'un bon tracé en plan ou d'un bon profil en long car dans sa durée de vie elle subit des agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitations. Pour cela il faudra assurer non seulement une bonne caractéristique géotechnique mais aussi de bonne caractéristique mécanique lui permettant de résister à toutes ces agressions pendant toute sa durée de vie.

L'étude géotechnique consiste à donner les précautions nécessaires concernant le sol sur lequel sera implanté notre aménagement autoroutier. Pour cela, une mission de sondage doit être faite pour définir les caractéristiques du sol support, et dimensionner le corps de chaussée.

Dans notre cas, l'étude géotechnique et géologique a été effectuée sur la RN12 ; section entre **PK27+500** au **PK36+000**.

VI.2. Etude géologique [11]

VI.2.1 Contexte géologique du tracé



LEGENDE :

F	F _Z	Alluvions actuelles
	F _Y	Alluvions récentes
	F _X	Alluvions anciennes

m ¹⁻² M	Mornes
-----------------------	--------

Figure 40: La carte géologique Delles-Tizi-Ouzou –feuille 8/20- ech : 1/50000emee [11]

La géologie du tracé de la route RN12, représente deux différents faciès aux ères géologiques bien distinctes à savoir :

- **Les alluvions récentes** : Il s'agit des touts venant d'Oued Sebaou datés du quaternaire récent et ancien. Ils présentent les 90% du sol support du tronçon routier.
- **Les argiles marneuses de couleurs marron et marnes grisâtres** : Il s'agit des argiles à fort taux de carbonates de couleur marron et grisâtre datés du Tertiaire étage Langhien Serraval lien. Ils présentent les 10% du sol support ;

Ces derniers se trouvent le plus à la sortie de la ville de Tizi-Ouzou et entre la ville de Draa Ben Khedda et Tademaït.

VI.3. Reconnaissance géotechnique in situ

VI.3.1 Creusement des puits à ciel ouvert

Des puits à ciel ouvert ont été creusé au niveau des accotements, à fleur de la couche de roulement, à l'aide d'un métro chargeur. Ils nous ont permis de connaître la nature géologique du sol support ainsi que la composition du corps de chaussée et son épaisseur (Tableau 01 en annexe).

L'interprétation des résultats :

A : La nature géologique du terrain naturel

La nature géologique du sol support s'agit des alluvions anciennes et récentes sur les 70% du tracé.

Par contre sur les 30% restants, on trouve des argiles carbonatées de couleur marron et des marnes grisâtres.

B : Nature et épaisseur des remblais

Les matériaux utilisés en remblais sont d'origine **alluvionnaire sur les 95% du tracé**. L'**épaisseur** de ces derniers varie de **0,60 à 5,00 m** de hauteur. Les 5% restants sont des matériaux subnormaux (gréseux – schisteux).

C : La nature et l'épaisseur du corps de chaussée :

Le corps de chaussée du tronçon étudié est composé **uniquement** d'une **couche de base en grave bitume 0/20 sur les 90% du tracé**. Son **épaisseur varie de 5 à 60 cm**. Notant que ces épaisseurs s'étalent d'une section à une autre sur des longueurs discontinues.

Tableau 21 : l'épaisseur du corps de chaussée [11]

Epaisseur	5	7	10	15	20	25	30	60
Longueur (*ml)	1 000	500	3500	3 500	9 500	5 000	500	500
% d'occupation	4,16	2,08	4,58	14,58	39,58	20,83	2,08	2,08

La couche de base réalisée en grave bitume (GB) 0/20, sur une épaisseur de 20 cm occupe 39,58 % du linéaire étudié.

La couche de fondation est absente. Le matériau alluvionnaire de 0,75 à 5 m d'épaisseur est supposé être utilisé en guise de remblai vu l'importance de son épaisseur et la présence d'un sol support argileux, sensible à l'eau.

D : Nature et épaisseur de la couche de roulement :

La **couche de roulement** est réalisée en **béton bitumineux (bb)** 0/14. Son épaisseur varie de 5,0 à 30,0 cm.

Notant que cette dernière est composée d'une à trois couches de béton bitumineux 0/14 réalisées séparément dans le cadre de l'entretien durant des périodes différentes.

Tableau 22 : Epaisseurs de la couche de roulement [11]

Epaisseur du béton bitumineux (cm)	05	06	07	08	10	12	15	18
Longueur (cm)	1 500	2 500	1 000	2 000	15 000	500	1 500	500
% d'occupation	6,12	10,20	4,08	8,16	61,20	2,04	6,12	2,04

VI.3.2 Essai de la tache de sable « hauteur de sable » (Norme : NF EN 13036-1)

But : l'essai de la tache de sable a été utilisé dans le monde entier pendant de nombreuses années pour mesurer la macro texture d'une surface d'un revêtement.

Principe : Cette méthode utilise un volume donné de billes de verre ou sable normalisé d'une granulométrie donnée, qui est arasé à la surface de la route en une tache circulaire.

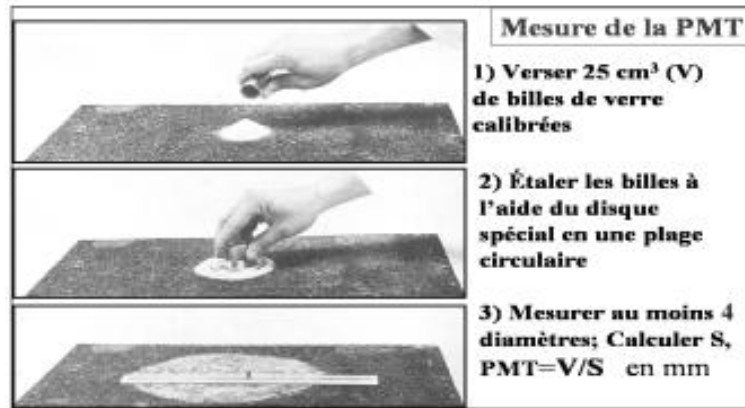


Figure 41 : Principe de l'essai tache de sable [20]

Pour connaître le degré de rugosité de la couche de roulement nous avons réalisé 70 essais de hauteur de sable qui sont repartis sur les 18.5 km x 2 étudiés à raison d'un essai / 500 ml. Les résultats de cet essai, sont représentés par un tableau récapitulatif (tableau 2 en annexe).

L'interprétation des résultats

Pour l'interprétation des résultats, nous avons appliqués les spécifications françaises tirés de la circulaire du ministère de l'équipement des transports N°2002-39 du 16 Mai 2002, relative à l'adhérence des couches de roulement neuves et au contrôle de la macro texture.

La macro texture de la couche de roulement qui a été vérifiée par la méthode de hauteur de sable « tache de sable », nous a permet de dire que la chaussée en béton bitumineux de la RN12, accuse une très faible macro rugosité dans les conditions normales.

En temps de pluie, durant la saison hivernale, la chaussée devient humide ou mouillée. L'adhérence diminue quand la vitesse du véhicule augmente par suite de la présence d'eau qui s'interpose entre le pneumatique et la surface de la chaussée. Ce qui rend la conduite au niveau de cette route très délicate.

Ce phénomène est **une dégradation** issue de **la famille des arrachements** appelé *glaçage*, est l'une des causes principales de la dégradation appelée communément « *coup de sable* », qui vient prématurément après réalisation d'une nouvelle couche de roulement sur l'ancien béton bitumineux.

VI.4. Essais au laboratoire

Les essais de laboratoire ont été réalisés sur des échantillons de matériaux prélevés de la couche de fondation, des remblais et du sol support.

- **Essais d'identification**
 - Granulométrie par voie humide ;
 - Limite d'Atterberg.
- **Essai mécanique :**
 - Proctor modifié ;
 - CBR à 4 jours d'imbibition.

VI.4.1 L'essai d'identification

VI.4.1.1. Granulométrie

Il s'agit du tamisage qui permet par exemple de distinguer les sols fins, les sols sableux et les sols graveleux, c'est un essai qui a pour objectif de déterminer la répartition des grains suivant leurs dimensions ou leurs grosseurs (voir le tableau 05 en annexe).

VI.4.1.2. Limite d'Atterberg

Limite de plasticité (WP) et limite de liquidité (WL) sont des limites conventionnelles qui séparent les trois états de consistance du sol :

- ❖ WP : sépare l'état solide de l'état plastique ;
- ❖ 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 ($IP = WL - WP$).

La classification décrite ci-après distingue les seuils suivants :

Tableau 23 : La classification des sols

IP < 12	12 ≤ IP < 25	25 ≤ IP < 40	IP ≥ 40
Faiblement argileux	Moyennement argileux	Argileux	Très argileux

VI.4.2 Essai mécanique

VI.4.2.1. Proctor modifié

L'essai PROCTOR est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage, 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 obtenue est appelée « optimum PROCTOR ».

L'essai est répété plusieurs fois pour des échantillons portés à des teneurs en eau croissantes (4%,6%,10%,14%). Dans l'essai Proctor modifié, le compactage est beaucoup plus poussé et correspond aux énergies mises en œuvre pour les couches de forme et les couches de chaussée.

VI.4.2.2. Essai C.B.R (California Bearing Ratio)

But : c'est d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassements.

Principe : l'essai consiste à soumettre des échantillons de même sol au poinçonnement. Ces échantillons sont compactés dans des moules à la teneur en eau optimum (Proctor modifié) avec trois (3) énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibés pendant quatre (4) jours.

Il ne concerne que les **sols cohérents**.

VI.5. Résultats des essais de laboratoire [21] [22]

VI.5.1 Matériaux de remblai

Les matériaux utilisés en remblais sont ceux utilisés en couche de fondation (TVO, le matériel subnormal gréseux).

- **Matériaux alluvionnaire (TVO) :** l'analyse granulométrique de ce matériau montre **qu'il** s'agit d'un matériau n'est pas hétérogène, les fines inférieures à 80um n'atteignent pas 7%. Son indice de plasticité est non mesurable, donc n'est pas sensible à l'eau. Aussi son indice CBR passe de moyen à bonne portance pour une moyenne densité à forte densité Proctor.

$$3.03 < \varphi = 80um < 8.83\%$$

$$77.31 < 20 mm < 83.07\%$$

$$3.03 < IP < 6.42$$

$$19.63 < ICBR < 39.27$$

$$2.04 < \gamma_{Proctor} < 2.19 T/M3$$

- **Matériau subnormal d'origine gréseuse :** l'analyse granulométrique de ce matériau montre qu'il s'agit d'un matériau hétérogène mélangé avec un matériau argileux, le refus à 80 µm varie de 12.86 à 76.51% et pour une limite d'Atterberg qui varie de non

mesurable à 34.48. La portance de ce matériau passe de faible à acceptable pour une densité Proctor qui varie de médiocre à forte.

I.1.1 Matériau du sol support

Trois types de sol support ont été identifiés au niveau de la RN12 sont présenté comme suit :

- **Matériau alluvionnaire(TVO) :** Il n'est pas sensible à l'eau, il a de bonne portance néanmoins, la présence des galets dépassant les 200mm empêche l'obtention de bonnes compacités car l'énergie de compactage donnée par les compacteurs n'atteint pas bien les fractions sableuse et graveleuses du matériau. Ce manque de compactage des petites fractions, augmente le pourcentage des pores (vides), ce qui influe énormément sur la tenue du grave bitume et du béton bitumineux.
- **Argile carbonatée :** Ce type de matériau est homogène, son indice de plasticité est très important ce qui le rend très sensible à l'eau.

$$25.04 < 80 \mu m < 62.68\%$$

$$87.82 < 20 \mu m < 100\%$$

$$14.88 < IP < 33.30$$

$$0.48 < ICBR < 5.45$$

$$1.63 < \gamma_{Proctor} < 2.03 T/M3$$

- **Marne :** La marne est une argile carbonatée de couleur grisâtre. Sa portance après 3 jours d'imbibition est très faible.

$$80\mu m \ 59.60$$

$$20mm \ 93.84\%$$

$$16.80 < IP < 23$$

$$1.62 < ICBR < 2.29$$

$$\gamma_{Proctor} = 1.84 T/M3$$

VI.6. Les différents essais sur les matériaux

VI.6.1 Essais du laboratoire

VI.6.1.1. Essais d'identifications

VI.6.1.1.1 Analyse granulométrique par tamisât

Il s'agit de déterminer la répartition des grains selon leurs grosseurs.

Dans notre cas on a choisit la GNT comme couche de fondation (0/31.5)

Granulométrie : les courbes granulométriques doivent s'inscrire dans les fuseaux de spécification 0/20 et 0/3 1,5

Les tableaux et les graphes sont présentés dans le fascicule 3 page 69 et 72,73 successivement.

VI.6.1.1.2 Equivalent du sable

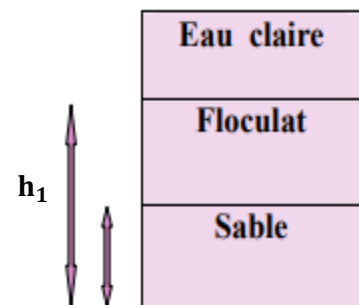
Est un indicateur utilisé en géotechnique caractérisant la propreté d'un sable ou d'un grave, il indique la teneur en fines en éléments de diamètre inférieure à 0.5mm.

D'après le fascicule 3 page 70 : ES à 10% fines > 40%

ES = 0 : Argile pure.

ES = 40 : Sol peu plastique. $E_s = \frac{h_2}{h_1} \times 100$

ES = 100 : Sable pure.



VI.6.1.2. Essais mécaniques

VI.6.1.2.1 Essai Proctor

Est un essai géotechnique, sert à déterminer la teneur en eau optimale nécessaire pour obtenir la densité sèche maximale d'un matériau.

VI.6.1.2.2 Essai Los Angeles

Il permet de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs. Los Angeles pris en compte pour la définition des catégories de résistance mécanique normalisées.

D'après le fascicule 3 page 70 ; $LA \leq 40 \%$

VI.6.1.2.3 Essai Micro-Deval

La machine Micro-Deval comporte un à quatre cylindres creux en acier ayant un diamètre inférieure de 20cm, avec une longueur de 15.4cm.

But de l'essai c'est mesurer la résistance à l'usure par frottement des matériaux en technique routière en présence de l'eau.

D'après le fascicule 3 page 70 ; $MDE \leq 35 \%$

VI.6.2 Essai In situ

I.1.1.1 Essai à la plaque

Dite aussi, essai de chargement à la plaque, est un essai géotechnique destiné dans le domaine routier servant principalement à :

- ✓ Déterminer la capacité portante des sols
- ✓ Evaluer la résistance à la compression des terrains ;
- ✓ Contrôler le compactage des couches de sol.

L'interprétation de cet essai c'est déterminé par calcul plusieurs informations importantes, telles que le module de déformation statique appelé EV2, le **module EV1** et le **rapport de compactage k (EV2 /EV1)**.

$$EV_1 = \frac{1.5 \times p(2.5bars) \times \phi \text{dela plaque}}{Z_1}$$

$$EV_1 = \frac{1.5 \times p(2.5bars) \times \phi \text{dela plaque}}{Z_1}$$

$$K = \frac{EV_2}{EV_1}$$

On a :

Le module **EV1** caractérise la déformabilité du sol en l'état. Le module **EV2** permet d'apprécier l'évolution de la déformabilité durant des passages successifs.

Le rapport **k** est proportionnel au compactage. Plus il est faible et plus le compactage est élevé.

NB : Le compactage est meilleur, lorsque la valeur de K proche à 1.

Application sur le projet

- Couche contrôlée : Fon de forme

- Nature de matériaux : TVO
- Diamètre de la plaque (mm) : 600
- Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 24 : Résultats de l'essai à la plaque

Chargement	Pression (Kg/cm ²)	Lecture comparateur	Lecture moyenne	Déflexion W (mm)	Module EV (Kg/cm ²)
Q1	2.55	390	290	3.9	288.46
	2 éme chargement				
Q2	2.05	385	385	1.9	473.68

Calcul de K :

$$K = \frac{EV2}{EV1} = 1.64$$

Observation :

La valeur de k est petite donc le compactage est élevé,

Donc le taux de compactage est acceptable.

I.1.1.2 Essai de carottage des enrobés bitumineux

Est un essai qui consiste à extraire des échantillons cylindriques d'une chaussée. Ces échantillons nous permettent d'avoir une aide sur l'épaisseur et la densité (Taux de compactages) des couches mise en place.

Application sur le projet

Le LCTP a entrepris deux campagnes de carottage sur le grave bitume et le béton bitumineux mise en œuvre au niveau de section suivantes :

Tableau 25 : Résultats de l'essai de carottage sur le grave bitume

Carotte N°	Lieu de Prélèvement PK	Position	Epaisseur (cm)	Densité Apparente (t/m ³)	Densité Vraie (t/m ³)	Compacité
Grave bitume première couche						
1	36+000	Axe	8.0	2.33	2.50	93
2	35+800	Droite	9.9	2.32	2.50	95
3	35+600	Gauche	9.0	2.28	2.50	91
Grave bitume deuxième couche						
1	36+00	Axe	8.1	2.33	2.50	94
2	35+800	Droite	8.0	2.23	2.50	94
3	35+600	Gauche	6.8	2.24	2.50	92

Tableau 26 : Résultats de l'essai de carottage sur le béton bitumineux

Carotte N°	Lieu de Prélèvement PK	Position	Epaisseur (cm)	Densité Apparente (t/m ³)	Densité Vraie (t/m ³)	Compacité (%)
Béton Bitumineux						
1	36+000	Axe	7.7	2.36	2.45	96
2	35+800	Droite	7.0	2.34	2.45	96
3	35+600	Gauche	7.1	2.26	2.45	92

A partir de ces résultats, nous déduisons que les valeurs moyennes de chaque couche mise en œuvre sur cette section sont :

Couche	Epaisseur moyenne (cm)	Densité moyenne(t/m ³)
Grave Bitume 1 ^{ère} couche	9.48	2.36
Grave Bitume 2 ^{ème} couche	8.81	2.34
Béton Bitumineux	8.30	2.35

Observation

Les épaisseurs et la densité (Taux de compactages) des couches mise –en –place sont acceptable

Taux de compactage GB, BB ≥ 92% (selon le fascicule 3)

I.1.1.3 Essai de densité en place

Avant de parler sur la densité en place, il faut déjà comprendre ce que le terme « en place » signifie lorsqu'on parle d'un matériau compacté.

Lorsque le matériau est en place, les grains qui le constituent sont extrêmement resserrés il n'y a plus d'espace entre eux pour que l'aire s'infilte.

Donc cet essai a pour but de déterminer la densité du sol sur place.

Le résultat obtenu dans notre projet :

Tableau 27 : Résultats de l'essai de la densité en place

PK	Position	Profondeur (cm)	Résultats in situ			Référence OPM		Compacité %
			γ_h t/m ³	γ_d t/m ³	W%	γ_d t/m ³	γ_{ht/m^3}	
34+600	gauche	15	2.46	2.37	3.50	2.35	4.30	100
34+500	Axe	15	2.32	2.23	4.30	2.35	4.30	95
34+400	droite	15	2.38	2.30	2.30	2.35	4.30	98

Observation :

$$\gamma_h = 2.32 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_{d_{site}} = \frac{\gamma_h}{100+W} = \frac{2.32}{100+4.3} = 2.23 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_{d_{ref}} = \frac{\gamma_{d_{site}}}{\gamma_{d_{ref}}} \times 100 = \frac{2.23}{2.35} \times 100 = 95\%$$

La densité de la planche d'essai est considérée comme satisfaisante lorsque :

$$\gamma_{d_{e}} \geq 97\% \gamma_{d_{OPM}}$$

(Page 7 0 Fascicule 3 1 Fiches Techniques de Dimensionnement)

Les densités mesurées in-situ sont bonnes, par conséquent le compactage exercé sur cette couche de fondation est concluant

I.1.1.4 Essai d'extraction de bitume Kumagawa

L'essai d'extraction du bitume est un essai effectué au niveau du laboratoire afin de déterminer la quantité de bitume qui est réellement utilisée comme contenu liant dans un béton bitumineux. Cet essai nous permet de nous assurer que la bonne teneur en liant a été utilisée dans un enrobé bitumineux.

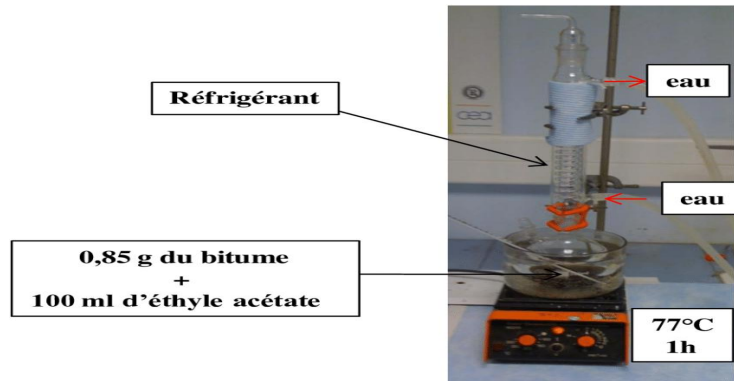


Figure 42 : Représente l'appareil du Kuma gawa

VI.7. Application sur le projet

- ✓ La couche de roulement (BB) (0/14)
- ✓ La couche de base (GB) (0/20)

	Pk	Température	Bande	Dosage	Observation
BB (0/14)	34+250	155	Gauche	5.48	Dosage en liant acceptable
	35+900	156	Gauche	4.63	Dosage en liant faible à améliorer
GB (0/20)	35+300	153	2 ^{ème} couche, bande gauche	4.58	Dosage en liant à réduire
	36+200	150	2 ^{ème} couche, bande gauche	4.50	Dosage en liant à réduire
	35+980	148	1 ^{er} couche, bande droite	3.87	Dosage en liant à améliorer

VI.8. Interprétation des résultats

Pour la couche de roulement, le dosage en liant selon la norme est acceptée c'est le dosage $\pm 5\%$.

Si le manque de bitume est inférieur à celle de formulation de 5%, il y aura un risque d'arrachement des agrégats et ça surtout des couches de surface.

Si en dépasse 5% il ya un risque de ressuage, c'est des plaques de bitume qui vont apparaitre sur la surface de la chaussée surtout après des grandes chaleurs.

Pour la couche de roulement BB 0/14

G 3/8 20%

G8/15 38%

S 0/3 42%

Teneur en bitume 5.60%

Pour une formulation à dosage 5.60% donc l'entreprise va laisser le dosage entre [5.32_5.88]

$$5.60 \times 5\% = 0.28$$

$5.60 - 0.28 = 5.32$ C'est le seuil minimal

$5.60 + 0.28 = 5.88$ C'est le seuil maximal

Pour la couche de base GB 0/20

G 3/8 15%

G8/15 25%

G15/25 20%

S 0/3 40%

Teneur en bitume 4.17%

Pour une formulation à dosage 4.17% donc la tolérance [3.97_4.37]

$$4.17 \times 5\% = 0.20$$

$4.17 - 0.20 = 3.97$ C'est le seuil minimal

$4.17 + 0.20 = 4.37$ C'est le seuil maximal

Donc :

Dosage en liant globalement acceptable

Mélange à blanc s'insère globalement dans le fuseau de spécification 0/14,0/20

La température de la mise en œuvre est acceptable

VI.9. Conclusion

L'étude géotechnique consiste à donner les précautions nécessaires concernant le sol sur lequel sera implanté notre aménagement

Le programme de reconnaissance géologique et géotechnique entrepris sur le tracé existant du la RN12, a permis d'extraire les caractéristiques mécaniques et les différentes informations géologique sur la nature du sol.

Chapitre VII : Etude géométrique

Chapitre VII : Etude géométrique

VII.1. Introduction

L'élaboration de tout projet routier commence par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration de terrain. L'étude géométrique du tracé de la voie à pour but d'obtenir un bon roulement des véhicules, il est donc indispensable de rechercher la meilleure forme géométrique à donner à la surface de roulement de la voie et de tracé adopté pour cette surface.

La route est un ouvrage spatial, représenté en trois dimensions, la projection de la route sur les trois plans de l'espace nous permet d'avoir les trois principales représentations graphiques de la route à l'aide de logiciel COVADIS :

- Le tracé en plan ;
- Le profil en long ;
- Le profil en travers.

VII.2. Définition de l'logiciel COVADIS

Covadis est un logiciel complet destiné à la topographie et à la conception VRD (Voirie Réseaux Divers) qui s'intègre à l'environnement d'Autodesk (Autocad ou Autocad Map) ;

COVADIS est spécialement dédié aux bureaux d'études en infrastructure, aux entreprises de travaux publics, aux collectivités locales et territoriales, ainsi qu'aux cabinets de géomètres. Il permet de traiter un projet d'infrastructure de sa phase initiale à sa phase finale. [23]

VII.3. Tracé en plan [24]

Le tracé en plan est une projection horizontale sur un repère cartésien topographique 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.

VII.3.1 Eléments géométriques du tracé en plan

Les éléments géométriques du tracé en plan sont :

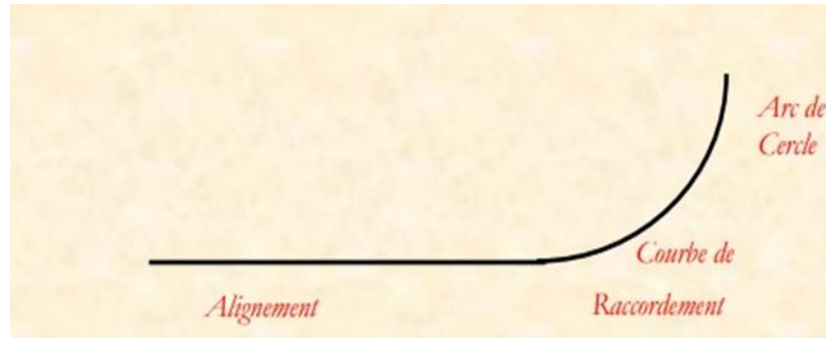


Figure 43 : Les éléments géométriques du tracé en plan [25]

VII.3.1.1. Les alignements

La droite est l'élément géométrique le plus simple, mais les grands alignements droits sont déconseillés. Mais il existe des cas exceptionnels, où l'emploi d'alignements se justifie pleinement :

- En plaine, ou des sinuosités ne serait absolument pas motivées ;
- Dans les vallées étroites et rectilignes ;
- Pour donner une possibilité de dépassement à une route à deux voies.

1. Longueur d'alignement

a) **La longueur minimum** : correspond à un chemin parcouru durant un temps t d'adaptation.

$$L_{min} = v \cdot t \quad \text{avec } t = 5 \text{ s}$$

Soit :

$$L_{min} = 5 \frac{V_r}{3.6}$$

Tel que :

- V_r : Vitesse de référence en Km /h ;
- v : vitesse de véhicule en m/s.

b) **La longueur maximum** : correspond au chemin parcouru pendant 1 minute à la vitesse.

$$L_{max} = v \cdot t$$

Avec $t = 60$ secondes soit $L_{max} = 60 \frac{V_r}{3.6}$

VII.3.1.2. Arcs de cercle ou virage

Le virage est réalisé par une courbe caractérisée par son rayon (arc de cercle).

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- Stabilité des véhicules en courbe
- Inscription des véhicules longs dans les courbes <200m
- Visibilité en courbe.

1. Stabilité en courbe

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

- **Rayon minimum normal « RHN »** doit permettre aux véhicules dépassant V_B de 20Km/h de rouler en toute sécurité. On utilise autant que possible

$$RHN = RH_m = \frac{V_r}{127(f_t + d_{max})}$$

- **Rayon minimum absolu « RHm »**, correspond au devers maximum (d_{max})

$$RH_m = \frac{V_r^2}{127(f_t + d_{max})}$$

NB : Aucun rayon < RH_m

- **Rayon au devers minimal (RHd)** : correspond au dévers minimum (d_{min})

$$RHd = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{min}}$$

avec

$$\begin{cases} d_{min} = 2.5\% \text{ pour les catégories 1-2} \\ d_{min} = 3\% \text{ pour les catégories 3-4-5} \end{cases}$$

Au –delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieure du virage.

- **Rayon minimal non déversé « RHnd »** si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le dévers est alors négatif pour l'un des sens de circulation.

Le rayon minimal qui permet cette disposition est :

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

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127 \times (f'' - 0.03)}$$

2. Visibilité en courbe

Pour assurer une bonne visibilité en courbe, on opte pour l'augmentation de rayon de virage et cela pour but d'éliminer tous les obstacles.

- Visibilité masquée par un talus ;
- Visibilité masquée par un foret ;
- Visibilité marquée par une construction.

3. Surlargeur

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

$$S = \frac{L^2}{2R}$$

- L : longueur du véhicule (valeur moyenne L = 10m).
- R : rayon de l'axe de la route

VII.3.1.3. Courbes de raccordement

Un virage (arc de cercle) faisant suite à un alignement droit et entre ces deux éléments, des **tronçons de raccordement de courbure progressive** (courbe de rayon variable).

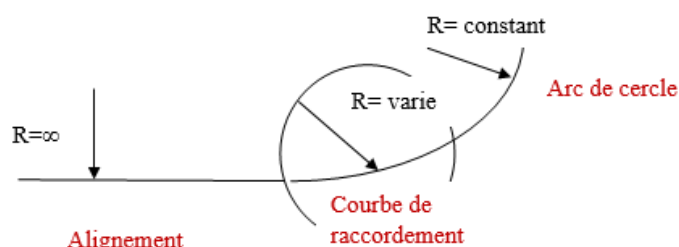


Figure 44 : Les éléments de courbes de raccordement

VII.3.1.3.1 Rôle et nécessité des courbes de raccordement

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

VII.3.1.3.2 Types de courbe de raccordement [6] [26]

Parmi les courbes mathématiques connues, nous avons retenu les trois courbes suivantes :

- **Parabole cubique** : utilisée surtout dans le tracé de chemin de fer ;
- **Lemniscate** : Utilisée dans les échangeurs et trèfle d'autoroute ;
- **Clothoïde** : est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul, la courbure de la Clothoïde est linéaire par rapport à la longueur de l'arc

L'expression de la Clothoïde est définie comme suit :

$$A^2 = L \times R$$

- **A** : est appelé le paramètre de Clothoïde.

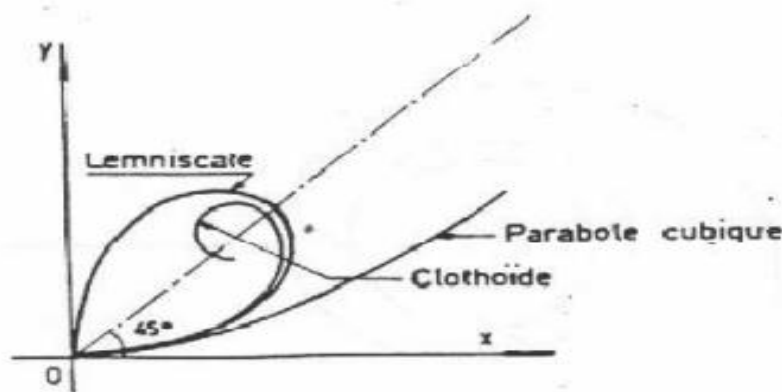


Figure 45 : Comparaison de 3 types de courbe de raccordement

a. Condition de raccordement [24]

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

- Condition de confort optique
- Condition de confort dynamique
- Condition de gauchissement.

➤ **Condition de confort optique**

Elle permet d'assurer à l'usager une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels.

L'orientation de la tangente doit être supérieure à 3°.

$$R / 3 < A < R$$

$$A_{min} = \frac{R}{3}$$

➤ **Condition de confort dynamique**

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

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

Tel que :

V_r : vitesse de référence (km/h).

R : rayon (m).

ΔR : variation des dévers ($d_{final} - d_{initial}$)%.

➤ **Condition de gauchissement**

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

$$\Delta d \% \frac{\Delta d \% \times l}{100 \times l} \leq \Delta P \quad \text{et} \quad \Delta P = \frac{0.5}{V_r}$$

$$L \geq \frac{l V_r \Delta d \%}{50}$$

- **L** : longueur de raccordement ;
- **L** : largeur de la chaussée ;

- ΔP : Pente relative du profil en long au bord de la chaussée déversée par rapport à son axe ;
- ΔP : Variation de devers ;
- V_r : vitesse de devers.

b. Combinaison des éléments de tracé en plan [6] [26]

- **Courbe en S** : Est une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.

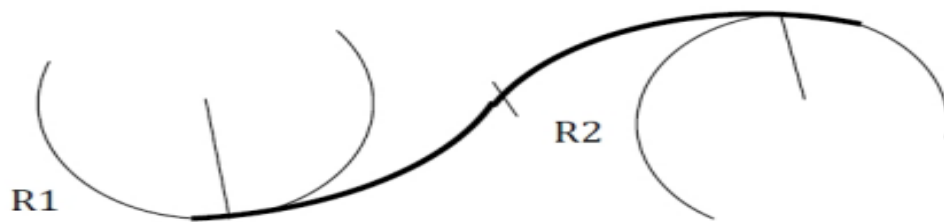


Figure 46 Courbe en S

➤ **Courbe à sommet:**

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

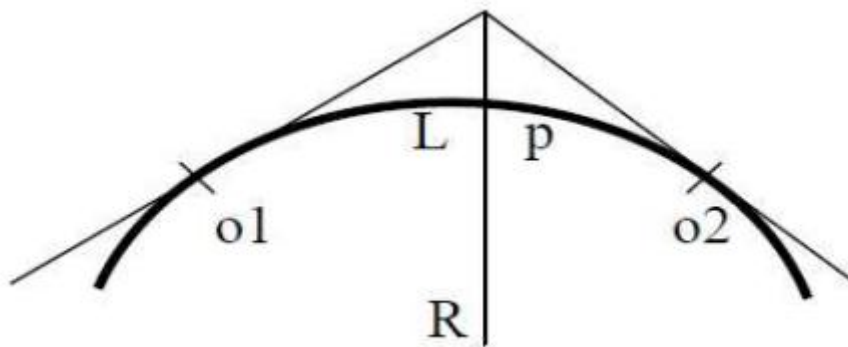


Figure 47 : Courbe en sommet

➤ **Courbe en C :**

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

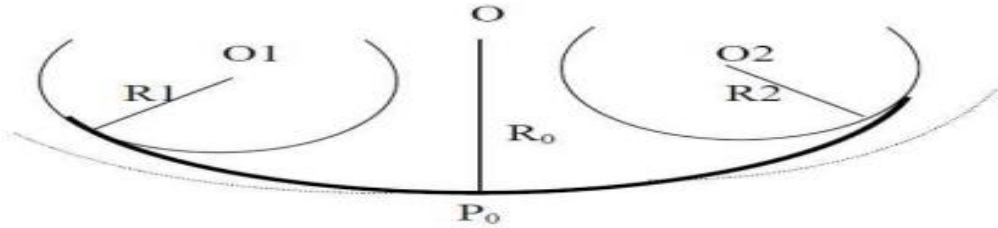


Figure 48 Courbe en C

Ove : Est un arc de clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.



Figure 49 Courbe en forme ovale.

VII.3.1.4. Dévers

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

- Pour tout rayons supérieurs à RHnd : d = 2.5 %
- Pour RHm ≤ R ≤ RHN, le dévers est donné par la formule suivante :

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

- Pour RHN ≤ R ≤ RHd, le dévers est donné par la formule :

$$d = \left(d_{min} + \frac{1}{R} - \frac{1}{RH_d} \right) \frac{d_{min} - d_{RHN}}{\frac{1}{RH_d} - \frac{1}{RHN}}$$

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

Pour le cas de l'élément clothoïde où le rayon est variable le long de raccordement, le dévers suit cette variation, en passant de 2,5% pour $R \geq RHnd$ progressivement jusqu'à dR qui représente le dévers correspondant au rayon R de l'élément raccordé.

❖ **Note**

Quand le dévers est formé en toit (chaussée en forme en toit) on aura une zone où le dévers est insuffisant $-2.5 < d < +2.5$, dans ce cas, on est obligé de prévoir une pente longitudinale suffisante pour évacuer les eaux pluviales.

1. Paramètres fondamentaux de la trace :

Notre projet s'agit d'une route C2, dans un environnement E2, avec une vitesse de base $VB=80$ km/h.

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

- **La longueur minimale**

$$L_{min} = \frac{5 \times V_r}{3.6} = 5 \times 80 / 3.6 = 111.11m$$

$$L_{min} = 111.11m$$

- **La longueur maximale**

$$L_{max} = \frac{60 \times 80}{3.6} = 1333.33m$$

$$L_{max} = 1333.33m$$

- **Dévers minimal**

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

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

- **Dévers maximal**

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

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

- **Distance de freinage**

$$d_0 = 66m$$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{V_b^2}{f_l \pm \frac{i}{100}} = \frac{4}{1000} \times \frac{80^2}{0.39 + \frac{0.06}{100}} = 65.54\text{m}$$

- **Distance d'arrêt**

$$d_1 = \left(\frac{4}{1000} \times \frac{V_b^2}{f_l \pm \frac{i}{100}} \right) + \frac{V_b \times t}{3.6} = \left(\frac{4}{1000} \times \frac{80^2}{0.39 + \frac{0.06}{100}} \right) + \frac{80 \times 2}{3.6} = 109\text{m}$$

$d_1=109\text{m}$

- **Distance de visibilité de dépassement minimale**

$$d_m = 4 \times V = 4 \times 80 = 320\text{ m}$$

$d_m=320\text{m}$

- **Distance de visibilité de dépassement normale**

$$d_N = 6 \times V = 6 \times 80 = 480\text{m}$$

$d_N=480\text{m}$

- **Distance de visibilité de manœuvre**

$$d_{Md} = 200\text{m}$$

$d_{Md}=200\text{m}$

- **Rayon minimum absolu**

$$RH_m = \frac{V_b^2}{127(f_t + d_{max})} = \frac{80^2}{127(0.13 + 0.07)} = 252\text{m}$$

$RH_m=252\text{m}$

- **Rayon minimum normale**

$$RHN = \frac{(V_r + 20)^2}{127(f_t + d_{max})} = \frac{(80 + 20)^2}{127(0.13 + 0.07)} = 340\text{m}$$

$RHN=340\text{m}$

- **Rayon au devers minimal**

$$RHd = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{min}} = \frac{80^2}{127 \times 2 \times 0.025} = 1008\text{m}$$

$RHd=1008\text{m}$

- **Rayon minimal non déversé**

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127 \times 0.035} = \frac{80^2}{127 \times 0.035} = 1440\text{m} ; (\text{c'est pour Cat.1-2})$$

$RHnd=1440\text{m}$

Tableau 28 : Un tableau récapitulatif représente les résultats trouvés

Paramètres	Symboles	Valeurs	Unités
Vitesse	VB	80	Km /h
Longue ur minimale	L min	111.11	Km/h
Longueur maximale	L max	1333.33	M
Dévers minimal	d min	2.5	%
Dévers maximal	d max	7	%
Temps de perception réaction	t1	2	s
Frottement longitudinal	fL	0.39	
Frottement transversal	ft	0.13	
Distance de freinage	d0	66	m
Distance d'arrêt	d1	109	m
Distance de visibilité de dépassement minimale	d	320	m
Distance de visibilité de dépassement normale	dN	480	m
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	dMd	200	m
RHm	RHm	252	m
RHN	RHN	340	m
RHd	RHd	1008	m
RHnd	RHnd	1440	m

Tableau 29 : Les valeurs de divers [14]

devers	E	E1	E2	E3
d min				
Cat 1-2		2.5%	2.5%	2.5%
Cat 3-4-5		3	3%	3%
d max				
Cat 1-2		7%	7%	7%

Cat 3-4	8%	8%	7%
Cat 5	9%	9%	9%

Tableau 30 : valeurs de divers en courbe B40 [14]

Env	Catégories	Cat-1	Cat-2	Cat-3	Cat-4	Cat5
E1	V _{VL}	120	120	120	100	80
	V _{PL}	40	40	35	30	---
E2	V _{VL}	100	100	100	80	60
	V _{PL}	35	35	30	25	---
E3	V _{VL}	80	80	80	60	40
	V _{PL}	30	30	25	20	---

Tableau 31 : Valeurs des vitesses de bases VB [14]

Catégorie1-2 / environnement E1 et E2	
t=1.8s	Pour VB>80 Km /h
t=2s	Pour VB≤80Km/h
Catégorie1-2 / environnement E3	
	Quelle que soit la vitesse
Catégorie3-4-5	
t=1.8s	Pour VB>60Km/h
t=2s	Pour VB≤60Km/h

Tableau 32 : Temps de perception-réaction

	40	60	80	100	120	140
V _B (Km/h)						
I _{MAX} %	8	7	6	5	4	4

Tableau 33 : Valeur de déclivité maximale [14]

V(Km/h)		120	100	80	60	40
Catégorie						
Cat 1-2	fL	0.33	0.36	0.39	0.42	0.45
	ft	0.1	0.11	0.13	0.16	0.2
Cat 3-4-5	fL	0.36	0.4	0.43	0.46	0.49
	ft	0.11	0.125	0.15	0.18	0.22

Remarque :

En environnement difficile (E3) ; i_{\max} pourra être majorée de **2%** pour des raisons économiques.

- ❖ **Déclivité minimum (i_{\min})** : Les tronçons de route absolument horizontaux, dits « en palier » sont **si** possibles à éviter, pour la raison de l'écoulement des eaux pluviales.

$i_{\min}=0.5\%$ de préférence 1% .

Tableau 34 Distance de visibilité de dépassement et manœuvre de dépassement [14]

V(Km /h)		40	60	80	100	120
Toutes catégories	Distance de visibilité de dépassement					
	Minimale d_m (m)	150	250	325	425	550
	Normal d_N (m)	250	350	500	625	800
	Distance de visibilité de manœuvre de dépassement d_{Md} (m)	70	120	200	300	425

VII.4. Profil en long [25]

Le profil en long présente des sections horizontales qui portent le nom de paliers est des sections inclinées ou dénivelées appelées rampes (montées) ou pentes (descentes)




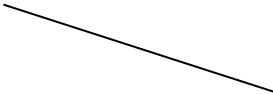
Afin d'assurer un écoulement d'eau convenable, surtout dans les zones en déblai, on évite les paliers et on les remplace par des quasi-paliers de pente minimale 1% .

Règles à respecter dans le tracé du profil en long [9]

- Essayer de suivre le profil existant le plus possible ;
- Respecter au maximum le tracé existant en respectant les règles de construction routières (rayons minimums, les divers, les pentes et rampes ;
- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur ;
- Éviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement ;
- Eviter au maximum le déplacement des contraintes existantes et ne toucher que celles inévitables (réseaux électriques, gaz, AEP, téléphone, éclairage public, réseaux d’assainissement des eaux usés.....)

VII.4.1 Eléments géométriques du profil en long [24]

Le profil en long comprend des lignes droites (déclivités) et des arcs de cercle (convexe et concave).

			
R= x(m)	P= +a%	R= x'(m)	P= -b%
L=y(m)	L= y'(m)	L= y'(m)	L= y''(m)

II.1.1.1 Déclivité [6]

Le choix des déclivités du profil en long est fait en conservant la sécurité (freinage en descente !) et de confort (puissance des véhicules en rampe).

Ainsi, la recherche du tracé optimal, économique, esthétique et sécuritaire tiendra compte des observations suivantes :

- Une pente minimale doit être considérée pour assurer de bonnes conditions de drainage ;

- Lorsque la pente atteint 6%, les automobilistes n'éprouvent aucune difficulté à circuler, tandis que les camions en éprouvent beaucoup, surtout si la chaussée est glissante.

➤ **Déclivité Minimum**

La pente d'une route ne doit pas être au-dessous de 0.5 % et de préférence 1 %, dans les zones où le terrain est plat, afin d'assurer un écoulement aussi rapide des eaux de pluie le long de la route au bord de la chaussée.

➤ **Déclivité Maximum**

D'après le règlement des normes algériennes B40, $I_{max} = 7 \%$

VII.4.2 Raccordement en profil en long [9]

II.1.1.2 Raccordements convexes (angle saillant)

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité. Leurs conceptions doivent satisfaire aux conditions :

VII.4.2.1.1 Condition de confort

Lorsque le profil en long comporte une forte courbe de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale importante.

VII.4.2.1.2 Condition de visibilité

Elle intervient seulement dans le raccordement des points hauts comme condition supplémentaire à celle de confort de façon à ce que Deux véhicules circulants en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum.

-Pour une chaussée unidirectionnelle

$$R_V = \frac{d^2}{2(h_0 + h_1 + 2\sqrt{h_0 h_1})}$$

d : distance d'arrêt (m).

h_0 : hauteur de l'œil (m) ; ($h_0 = 1.10m$)

Risque de collision avec un obstacle fixe

h_1 : hauteur de l'obstacle (m) ; ($h_1 = 0.15m$)

-Pour une chaussée bidirectionnelle

$d = d_{MD}$ = distance de manœuvre de dépassement

$h_0 = 1.10\text{m}$
 $h_1 = 1.20\text{m}$

} Véhicule venant en sens inverse

$$R_V = \frac{dM d^2}{2(h_0 + h_1 + 2\sqrt{h_0 h_1})}$$

II.1.1.3 Raccordements concaves (angle rentrant)

Dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité de jour n'est pas un problème, c'est plutôt pendant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse apercevoir un obstacle.

Pour une route bidirectionnelle et pour une vitesse de base $V_B = 80\text{Km/h}$, et une catégorie de C1 on a:

$$R_V = \frac{d^2}{(1.5 + 0.035d)}$$

Tableau 35 : Récapitulatif des rayons en angle saillant

	Symbole	Valeur
Rayon en angle saillant (R_V)	Vitesse de référence $V_r(\text{Km/h})$	80
	Minimal absolu $R_{vm}(\text{m})$	4400
	Minimal normal R_{vn}	25344
	Dépassement $R_{vd}(\text{m})$	11264

Tableau 36 : Récapitulatif des rayons en angle rentrant

	Symbole	Valeur
Rayon en angle entrant R'_v	Vitesse de référence V_r (Km /h)	80
	Minimal absolu $R_{vm}(m)$	4706
	Minimal normal $R_{vn}(m)$	12590

La déclivité maximale d'après la B40 $I_{MAX}=6\%$

VII.4.3 Coordination du tracé en plan et profil en long [6]

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

- Une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- De prévoir de loin l'évolution du tracé.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, passage souterrain.....)

VII.5. Profil en travers

Après les études du tracé en situation (tracé en plan) et du tracé en élévation (profil en long) qui recherchaient essentiellement l'évolution de l'axe de la route, il s'agit maintenant de définir le 3^{eme} élément d'un projet routier : Profil en travers.

VII.5.1 Définition [24]

C'est la coupe transversale de la chaussée et de ses dépendances. Ce profil s'établit généralement à l'échelle du 1/50 et il est valable pour l'ensemble du projet.

Le profil en travers met en évidence :

- La largeur des voies, d'accotements, de fossé, de trottoir et d'emprise ;
- Les devers ;
- Les épaisseurs des différentes couches représentant la structure ;
- La pente des talus nécessaires à la stabilité de l'ouvrage.

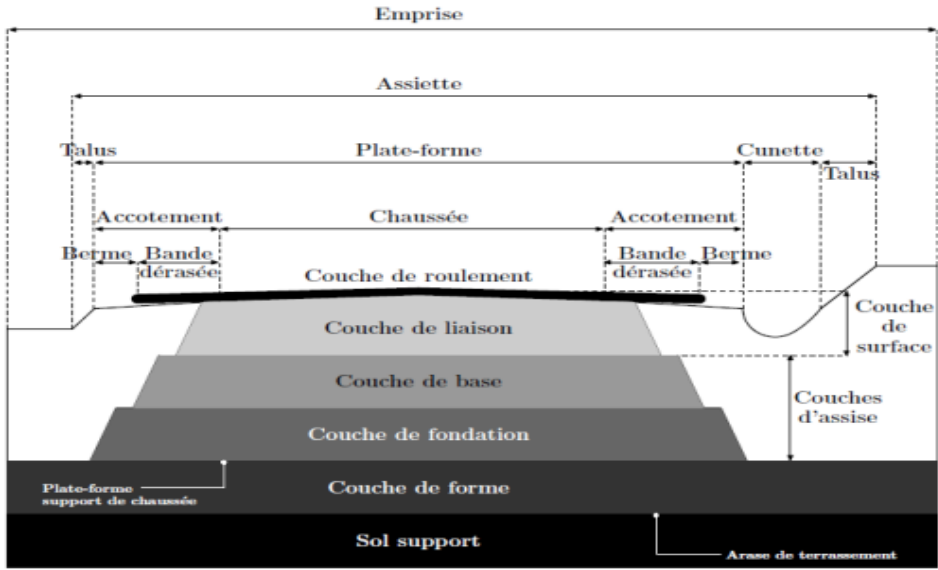


Figure 50 : Coupe transversale [6]

VII.5.2 Classification de profil en travers [24]

On distingue deux types de profils :

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

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

Le profil en travers type : C'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 (en remblais, déblais)

VII.6. . Conclusion

2x2Voies de 3.50 m + 2 * bandes d'arrêt d'urgence de 2.50 m + TPC de 1.00 m +2*1.5 accotements.

Les éléments du profil en travers sont comme suit :

Chaussée 2 x 12m	24 m
Bande d'arrêt d'urgence 2 x 2.5 m	5.00 m
Terre-plein central	1 m
Accotement 2*1.5	3m
Total	33m

Chapitre VIII :Devis Estimatif et Quantitatif

Chapitre VIII : Devis estimatif et quantitatif

Tableau 37 : Devis estimatif et quantitatif

Désignation	Unité (U)	Quantités M ³	PRIX (DA)	Montant DA
Acquisition de terrain	M ²	100	1500	150000
Décaissement de chaussée	M ²	8250	2500	20625000
Fraisage	M	250	1500	375000
Chaussée				
Compactage de la couche de forme	M ³	8250	1800	14850000
Couche de fondation	T	8250	10000	82500000
Couche d'imprégnation	T	800	7850	6280000
Couche de base	T	8250	7500	61875000
Couche d'accrochage	T	500	5600	2800000
Couche de roulement	T	8500	9500	80750000
Assainissement	Forfait		50000	50000
Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)	Forfait		1000000000	1000000000
Total (H.T)			1 205 580 000	
Total (T.T.C) TVA 19%			1 434 640 200	

Le prix hors taxe en lettre :

Un milliard quatre cent trente-quatre millions six cent quarante mille deux cent Dinars Algérien.

conclusion générale

Conclusion générale

Dans le cadre de cette étude, il a été question de faire un diagnostic des différentes dégradations et de faire une proposition d'un corps de chaussée qui va résister aux différentes sollicitations actuelles du trafic. Et afin d'améliorer le confort et la sécurité, nous avons fait un élargissement du profil en travers en ajoutant une bande d'arrêt d'urgence qui a les mêmes caractéristiques que les voies de circulation.

Ce projet de fin d'étude a été une opportunité pour concrétiser nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation à l'UMMTO et nous a permis aussi d'être en face des problèmes techniques et administratifs qui peuvent se présenter dans un projet routier. Il était aussi une grande occasion pour nous d'assister et de suivre sur chantier les travaux de réhabilitation.

Encore une fois, ce modeste travail nous a poussé à mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels: COVADIS, Autocad, ALLIZEE III vue leur traitement rapide et la précision de leurs résultats ainsi la maîtrise de nouvelles technologies dans le domaine des travaux publics.

En fin, l'élaboration de ce travail a été bénéfique pour nous et elle nous a ouvert les portes sur le monde professionnel

Bibliographie

Bibliographie

- [1] «wikipédia,» [En ligne].
- [2] BRABET, «LE TRAITEMENT DES SOLS POUR LA COUCHE DE FORME,,» 2012, PARIS, 2012.
- [3] M. Cherif, «ETUDE DE REHABILITATION DE RN 66 SUR 10 Km,» 2012, Ain defla , 2012.
- [4] I. M. Zakaria, «LES DEGRADATIONS DANS LES CHAUSSEES SOUPLES ET LES MOYENS DE PREVENTION :,» 2012.
- [5] B. Nada, «DIMENSIONNEMENT OPTIMAL DES CHAUSSEES RIGIDES,» 2017/2018.
- [6] H. Nawel, «AMENAGEMENT DE LA RN 12 SUR UN LINEAIRE DE 8 KM DU PK6+000 AU PK 14+000,» 2014, 2014.
- [7] «
- [En ligne].
- [13] DTP, «TRAITEMENT DE LA RN012 DU PK27+500 AU PK43+000 SUR 15,5 KMS,» TIZI OUZOU , 2022.
- [14] *Fassicul B40.*
- [15] «
- [17] «catalogue de dimentionnement de chaussée neuves fascicul 1,» 2001.
- [18] K. Yassine, «Étude de dédoublement d'un tronçon routier de 6 km sur la RN46 du Pk 194+000 au Pk 200+000 (Wilaya de Biskra),» 2018/2019.
- [19] «catalogue de dimentionnement de chaussée neyves fascicul 2».
- [20] «

ALiCzsaql2YK6l4jGQGP59QkGv6XAqf5kA%3A1664233074304&ei=ci4yY4yBEtaV9u8Pndy9qA4&oq=difinition+de+&gs_lp=Egdnd3Mtd2l6uAEB-AEBKgIIATIHECMYsQIYJzIHECMYsQIYJzIHEC,» [En ligne]. [Accès le 2022].

[24] G. Fadhila, «conception et calcul des infrastructure routtière M1».

[25] s. L. e. M. NDIAYE, «ELABORATION D'UN CATALOGUE DES DEGRADATIONS DES CHAUSSEES AU SENEGA,» juillet 2009, senegal , 2009.

[26] M. S. e. O. ZAKARIA, «L'étude de réhabilitation d'une section de la RN 77 entre MEROUANA et BATNA sur 10 km du PK 198+000 au PK 208+000.,» 2013.

[27] F. B. Thomas SIMONNOT, «<https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/construction-et-travaux-publics-th3>

[/pathologie-generale-pathologie-du-beton-42240210/la-pathologie-des-chaussees-c7300/les-facteurs-d-influence-c7300niv10004.html](#),»

10 Mai 2021. [En ligne].

Annexes

ANNEXE

Epaisseurs des différentes couches obtenues par creusement des puits à ciel ouvert

Echantillons	Couche de roulement en BB (cm)	Couche de base en GB (cm)	C /fondation en semi : grave concassée (m)	Couche de fondation en TVO (m)	Couche de forme en sable (cm)	Remblais (m)
PK27+000	10 (2*5)	-	15	1.00	-	3.00 m et plus de matériau gréseux
PK27+500	12(2*5)	-	-	1.00	-	3.00 m et plus de matériau gréseux
PK28+000	12(2*6)	-	-	1.00	-	3.00m et plus de matériau gréseux
PK28+500	10(2*5)	-	-	1.00	-	3.00 m et plus de matériau gréseux
PK29+000	10(2*5)	-	-	1.50	-	3.00 m de matériau gréseux
PK29+500	15(3*5)	20	-	-	4	1.20 m de matériau alluvionnaire
PK30+000	10(2*5)	20	-	-	-	1.40 m de matériau gréseux
PK30+500	8	5	-	-	-	2.00 m de matériau alluvionnaire
PK31+000	5	10	-	-	-	5.00 m de matériau gréseux
PK31+500	10(2*5)	15	-	-	-	2.50 m de matériau alluvionnaire
PK32+000	10(2*5)	15	-	-	-	4.00 m de matériau alluvionnaire
PK32+500	15	10	-	-	-	4.00 m de matériau alluvionnaire
PK33+000	10	20	-	-	-	2.50 m de matériau alluvionnaire

ANNEXE

PK33+500	10	20	-	-	-	3.00 m de matériau alluvionnaire
PK34+000	10	20	-	-	-	1.30 m de matériau alluvionnaire
PK34+500	10	20	5	0.45	-	3.0m de matériau alluvionnaire
PK35+000	10	25	-	-	-	0.70m de matériau alluvionnaire
PK35+500	5	14	-	0.96	--	0.50m de matériau gréseux
PK36+000	7	24	-	-	-	1.95m de matériau alluvionnaire

ANNEXE

Résultats de l'essai de la tache de sable de PK28+000 au PK36+000

N°	PK	Diamètre du cercle (cm)	HS _v (mm)	Spécifications		Observation suivant les spécifications en vigueur
				HS _v spécifique	HS _v minimale	
				<0.60 mm	0.40	
01	28+000	57.0	0.28	0.40		Faible macro texture
02	28+500	45.0	0.16	0.40		Faible macro texture
03	29+000	38.0	0.10	0.40		Faible macro texture
04	29+500	45.5	0.11	0.40		Faible macro texture
05	30+000	67.0	0.22	0.40		Faible macro texture
06	30+500	63.0	0.08	0.40		Faible macro texture
07	31+000	36.0	0.28	0.40		Faible macro texture
08	31+500	32.0	0.16	0.40		Faible macro texture
09	32+000	48.0	0.23	0.40		Faible macro texture
10	32+500	42.0	0.29	0.40		Faible macro texture
11	33+000	43.0	0.20	0.40		Faible macro texture
12	33+500	45.0	0.18	0.40		Faible macro texture
13	34+000	36.0	0.25	0.40		Faible macro texture
14	34+500	38.0	0.31	0.40		Faible macro texture
15	35+000	39.0	0.14	0.40		Faible macro texture
16	35+500	44.0	0.18	0.40		Faible macro texture
17	36+000	42.0	0.17	0.40		Faible macro texture
Moyenne des profondeurs de macro texture « ?????? »						

ANNEXE

Récapitulatif des essais de laboratoire

PK et nature géologique de l'échantillon	MDE	LA	Granulométrie (% passants)						Limites d'Atterberg			Indice CBR	Proctor	
			31.5 mm	20 mm	2.0 mm	0.4 mm	0.2 mm	80 μ m	IP	WL	WP		Teneur en eau (%)	Densité sèche max (T/m^3)
27+500	35.74	34.98	77.66	66.31	30.80	17.04	11.08	6.81	6.70	19.02	12.50	71.92	6.10	2.27
28+000	43.72	49.14	84.74	71.04	32.94	18.19	11.31	7.75	6.05	20.61	14.56	73.31	5.80	2.24
28+500	63.60	78.04	87.58	80.81	43.92	25.05	18.42	11.43	11.55	23.61	12.06	119.98	5.70	2.17
29+000	71.94	88.42	81.09	73.46	32.11	16.18	8.03	4.90	4.92	21.89	16.97	55.88	5.60	2.17
29+500			97.58	93.13	71.96	54.30	42.91	33.18	15.09	27.03	11.94	8.40	6.90	2.11
30+000	54.64	54.76	79.00	73.60	28.85	19.80	13.74	9.40	4.64	21.31	16.67	47.994	6.20	2.18
30+500	*	*	100	99.13	87.42	73.54	54.57	46.55	13.97	26.93	12.96	9.05	7.70	2.02
31+000	97.48	90.00	100	75.97	35.83	13.18	8.03	4.61	2.07	18.20	16.13	136.35	5.90	2.14
31+500	67.20	68.75	79.08	67.50	35.91	23.76	12.27	8.20	4.43	20.76	16.33	21.92	6.30	2.20
32+000	59.92	65.75	93.65	89.33	55.50	37.52	17.87	14.15	9.37	23.66	14.29	23.12	7.65	2.14
32+500	90.74	92.04	93.05	83.51	43.29	30.25	16.11	9.15	9.48	25.76	16.28	74,22	4.00	2.06
33+000	42.12	53.06	84.44	73.34	33.17	18.63	12.49	9.26	8.16	23.34	15.18	123.26	5.20	2.25
33+500	58.72	43.47	78.67	68.85	32.38	8.09	7.29	5.08	4.09	22.61	18.52	74.12	5.50	2.25
34+000	84.64	93.62	93.96	87.94	61.53	29.48	9.96	7.27	6.63	21.78	15.15	42.43	5.50	2.14
34+500	50.46	75.56	91.69	79.66	36.30	19.95	9.43	5.84	9.04	24.26	15.22	39.27	5.90	2.29
35+000	25.84	23.08	88.53	73.37	32.27	17.11	7.72	5.57	NM	20.50	-	138.53	4.30	2.25
35+500	81.66	70	100	95.71	57.77	26.55	16.74	13.12	15.11	22.43	14.50	33.81	6.60	2.14
36+000	81.66	*	88.99	85.25	66.27	49.29	24.39	18.76	7.93	29.88	15.23	6,55	5.10	2.11
36+500	55	65	100	97.24	75.99	54.75	32.85	27.38	14.65	23.96	6.90	41,45	10.20	2.02
37+000	77	67	100	99.34	70.70	50.50	41.90	35.49	17.06	33.38	16.10	8.66	8.15	2.02
37+000	94.66	65.93	95.27	87.03	41.41	26.66	22.50	18.52	17.28	31.50	25.88	7,32	5.50	2.21
38+000	80.00	57.80	93.64	80.92	40.94	24.13	13.79	9.93	5.62	25.88	31.50	37.77	6.50	2.20
Couche de fondation (TVO)	32	24.08	83.64	68.15	22.97	10.02	5.19	4.16	NM	20.50	-	-	4.20	2.26

ANNEXE

Axe En Plan

Axe : Axe 1

Table courante : ICTAAL L1

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abcisse	X	Y	
Droite 1	Gisement 247.57gr	11.995	0+000.000	1005114.663	1005231.474	
Clothoïde 1	Paramètre 248.511	133.000	0+011.995	1005106.512	1005222.675	
Arc 1	Rayon 464.345 m Centre X 1005403.161 m Centre Y 1004857.288 m	306.160	0+144.995	1005020.965	1005120.997	
Clothoïde 2	Paramètre -248.511	133.000	0+451.155	1004939.528	1004831.592	
Droite 2	Gisement 187.36gr	104.254	0+584.155	1004959.497	1004700.222	
Clothoïde 3	Paramètre -273.402	133.000	0+688.409	1004980.064	1004598.017	
Arc 2	Rayon -562.018 m Centre X 1004440.918 m Centre Y 1004421.721 m	172.091	0+821.409	1005001.128	1004466.779	
Clothoïde 4	Paramètre 273.402	133.000	0+993.500	1004988.652	1004295.814	
Droite 3	Gisement 221.92gr	237.392	1+126.500	1004948.759	1004169.025	
Clothoïde 5	Paramètre -188.870	133.000	1+363.892	1004868.637	1003945.562	
Arc 3	Rayon -268.210 m Centre X 1004591.186 m Centre Y 1003974.541 m	21.392	1+496.892	1004813.722	1003824.828	
Clothoïde 6	Paramètre 188.870	133.000	1+518.284	1004801.086	1003807.573	
Droite 4	Gisement 258.56gr	1942.038	1+651.284	1004702.558	1003718.777	
Clothoïde 7	Paramètre -233.941	133.000	3+593.323	1003157.577	1002542.110	
Arc 4	Rayon -411.493 m Centre X 1002854.314 m Centre Y 1002830.638 m	3.948	3+726.323	1003047.712	1002467.425	
Clothoïde 8	Paramètre 233.941	133.000	3+730.271	1003044.218	1002465.586	
Droite 5	Gisement 279.75gr	22.048	3+863.271	1002920.456	1002417.308	
Clothoïde 9	Paramètre 217.386	133.000	3+885.319	1002899.514	1002410.412	
Arc 5	Rayon 355.313 m Centre X 1002948.193 m Centre Y 1002050.181 m	115.917	4+018.319	1002776.215	1002361.101	
Clothoïde 10	Paramètre -217.386	133.000	4+134.236	1002685.642	1002289.586	
Droite 6	Gisement 235.15gr	236.256	4+267.236	1002609.077	1002181.088	
Clothoïde 11	Paramètre -236.407	133.000	4+503.492	1002485.154	1001979.941	
Arc 6	Rayon -420.212 m Centre X 1002091.045 m Centre Y 1002144.702 m	6.060	4+636.492	1002409.604	1001870.662	
Clothoïde 12	Paramètre 236.407	133.000	4+642.552	1002405.619	1001866.097	
Droite 7	Gisement 256.22gr	121.059	4+775.552	1002307.552	1001776.472	
Clothoïde 13	Paramètre 244.502	133.000	4+896.611	1002214.010	1001699.628	
Arc 7	Rayon 449.485 m Centre X 1002449.021 m Centre Y 1001308.863 m	236.866	5+029.611	1002115.622	1001610.328	
Clothoïde 14	Paramètre -244.502	133.000	5+266.478	1002009.240	1001401.756	
Droite 8	Gisement 203.83gr	145.807	5+399.478	1001994.716	1001269.682	
Clothoïde 15	Paramètre -278.142	92.714	5+545.285	1001985.941	1001124.139	
Arc 8	Rayon -834.426 m Centre X 1001149.810 m Centre Y 1001128.115 m	220.462	5+637.999	1001978.650	1001031.725	
Clothoïde 16	Paramètre 278.142	92.714	5+858.462	1001924.716	1000818.622	
Droite 9	Gisement 227.73gr	520.461	5+951.176	1001887.169	1000733.865	
Clothoïde 17	Paramètre -227.359	133.000	6+471.636	1001667.586	1000261.993	

ANNEXE

Elts Caractéristiques			Points de Contacts			
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Arc 9	Rayon	-388.662 m	56.614	6+604.636	1001604.775	1000144.956
	Centre X	1001285.462 m				
	Centre Y	1000366.536 m				
Clothoïde 18	Paramètre	227.359	133.000	6+661.250	1001569.231	1000100.955
Droite 10	Gisement	258.79gr	77.871	6+794.250	1001468.018	1000014.938
Clothoïde 19	Paramètre	-187.612	133.000	6+872.121	1001405.904	999967.973
Arc 10	Rayon	-264.648 m	75.202	7+005.121	1001293.795	999897.111
	Centre X	1001191.683 m				
	Centre Y	1000141.266 m				
Clothoïde 20	Paramètre	187.612	133.000	7+080.323	1001221.251	999878.275
Droite 11	Gisement	308.87gr	550.528	7+213.323	1001088.829	999885.645
Clothoïde 21	Paramètre	273.205	92.083	7+763.851	1000543.635	999962.096
Arc 11	Rayon	810.581 m	6.545	7+855.934	1000452.231	999973.153
	Centre X	1000385.421 m				
	Centre Y	999165.330 m				
Clothoïde 22	Paramètre	-273.205	92.083	7+862.479	1000445.707	999973.666
Droite 12	Gisement	301.12gr	27.271	7+954.562	1000353.698	999977.032
Clothoïde 23	Paramètre	-290.602	96.867	7+981.832	1000326.432	999977.513
Arc 12	Rayon	-871.805 m	19.469	8+078.700	1000229.641	999981.015
	Centre X	1000293.398 m				
	Centre Y	1000850.486 m				
Clothoïde 24	Paramètre	290.602	96.867	8+098.169	1000210.242	999982.655
Droite 13	Gisement	309.62gr	47.458	8+195.036	1000114.238	999995.457
Arc 13	Rayon	376.425 m	183.624	8+242.494	1000067.321	1000002.600
	Centre X	1000010.665 m				
	Centre Y	999630.463 m				
Droite 14	Gisement	278.56gr	8.271	8+426.117	999886.295	999985.749
				8+434.388	999878.488	999983.016
Longueur totale de l'axe 8434.388 mètre(s)						

ANNEXE

Profil En Long Projet

Axe : Axe 1

Table courante : ICTAAL L1

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente -1.01 %	1835.119	0+000.000	508.173
Parabole 1	Rayon 49387.876 m	895.111	1+835.119	489.660
	Sommet Absc. 2+333.359 m			
	Sommet Alt. 487.147 m			
Pente 2	Pente 0.80 %	138.592	2+730.230	488.741
Parabole 2	Rayon -122979.314 m	1618.728	2+868.822	489.855
	Sommet Absc. 3+857.059 m			
	Sommet Alt. 493.826 m			
Pente 3	Pente -0.51 %	228.924	4+487.550	492.210
Parabole 3	Rayon 217660.325 m	2428.589	4+716.474	491.036
	Sommet Absc. 5+832.377 m			
	Sommet Alt. 488.175 m			
Pente 4	Pente 0.60 %	1286.588	7+145.064	492.134
			8+431.651	499.893
Longueur totale de l'axe 8431.651 mètre(s)				
Longueur développée totale de l'axe 8431.815 mètre(s)				

Cubatures Déblai Remblai (Gulden)

Axe : Axe 1

Table courante : ICTAAL L1

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	0+000.00 0	25.000	363.80	0.00	9096.3	0.0	9096.3	0.0
P02	0+050.00 0	50.000	1524.17	0.00	75716.5	0.0	84812.8	0.0
P03	0+100.00 0	50.000	1456.61	0.00	71329.9	0.0	156142.7	0.0
P04	0+150.00 0	50.000	1082.57	0.00	52790.0	0.0	208932.7	0.0
P05	0+200.00 0	50.000	855.76	0.00	42411.4	0.0	251344.1	0.0
P06	0+250.00 0	50.000	748.33	0.00	37990.8	0.0	289335.0	0.0
P07	0+300.00 0	50.000	660.66	0.00	33883.2	0.0	323218.2	0.0
P08	0+350.00 0	50.000	380.48	0.00	19489.2	0.0	342707.4	0.0
P09	0+400.00 0	50.000	216.35	0.78	11092.4	37.3	353799.7	37.3
P10	0+450.00 0	50.000	108.05	1.64	5520.6	79.9	359320.3	117.2
P11	0+500.00 0	50.000	51.45	10.93	2609.8	538.7	361930.0	655.9

ANNEXE

P12	0+550.00 0	50.000	20.90	46.39	1054.1	2306.4	362984.2	2962.3
P13	0+600.00 0	50.000	6.50	88.88	325.3	4443.7	363309.4	7406.1
P14	0+650.00 0	50.000	1.94	120.17	97.1	6008.5	363406.6	13414.6
P15	0+700.00 0	50.000	0.77	137.18	38.7	6862.1	363445.2	20276.7
P16	0+750.00 0	50.000	0.78	145.79	38.8	7302.0	363484.0	27578.6
P17	0+800.00 0	50.000	0.75	141.02	36.9	7076.0	363520.9	34654.7
P18	0+850.00 0	50.000	0.68	121.22	33.5	6075.8	363554.4	40730.5
P19	0+900.00 0	50.000	0.68	101.84	33.5	5092.0	363588.0	45822.5
P20	0+950.00 0	50.000	1.56	114.56	78.9	5729.2	363666.9	51551.7
P21	1+000.00 0	50.000	2.74	104.94	139.5	5237.3	363806.4	56788.9
P22	1+050.00 0	50.000	0.75	119.31	37.3	5960.2	363843.7	62749.1
P23	1+100.00 0	50.000	1.31	124.40	65.5	6217.7	363909.2	68966.8
P24	1+150.00 0	50.000	1.23	122.41	61.4	6120.3	363970.6	75087.1
P25	1+200.00 0	50.000	1.64	128.53	82.2	6426.7	364052.8	81513.9
P26	1+250.00 0	50.000	0.49	115.29	24.6	5764.5	364077.3	87278.4
P27	1+300.00 0	50.000	0.49	106.76	24.7	5338.1	364102.0	92616.5
P28	1+350.00 0	50.000	0.47	97.16	23.6	4857.6	364125.6	97474.1
P29	1+400.00 0	50.000	0.49	81.60	23.8	4063.7	364149.4	101537.9
P30	1+450.00 0	50.000	0.49	74.43	23.1	3686.9	364172.6	105224.8
P31	1+500.00 0	50.000	1.01	91.29	47.1	4580.3	364219.7	109805.1
P32	1+550.00 0	50.000	1.72	82.07	81.5	4125.6	364301.3	113930.7
P33	1+600.00 0	50.000	2.85	68.30	140.5	3421.3	364441.8	117352.1
P34	1+650.00 0	50.000	5.71	53.58	284.8	2679.6	364726.5	120031.7
P35	1+700.00 0	50.000	9.29	46.99	464.6	2349.5	365191.1	122381.2
P36	1+750.00 0	50.000	14.87	32.97	743.7	1648.3	365934.8	124029.5
P37	1+800.00 0	50.000	24.12	11.79	1206.2	589.3	367141.0	124618.8
P38	1+850.00 0	50.000	39.09	1.65	1954.4	82.6	369095.4	124701.3
P39	1+900.00 0	50.000	48.10	0.00	2405.1	0.0	371500.5	124701.3
P40	1+950.00 0	50.000	73.64	0.00	3682.0	0.0	375182.5	124701.3
P41	2+000.00 0	50.000	98.21	0.00	4910.6	0.0	380093.1	124701.3
P42	2+050.00 0	50.000	87.77	0.00	4388.7	0.0	384481.8	124701.3
P43	2+100.00 0	50.000	78.15	0.00	3907.4	0.0	388389.3	124701.3
P44	2+150.00 0	50.000	60.26	0.00	3012.9	0.0	391402.1	124701.3
P45	2+200.00 0	50.000	41.83	0.00	2091.6	0.0	393493.7	124701.3
P46	2+250.00 0	50.000	48.26	0.64	2412.8	31.8	395906.5	124733.2
P47	2+300.00 0	50.000	45.03	4.81	2251.5	240.5	398158.0	124973.7

ANNEXE

P48	2+350.00 0	50.000	42.57	5.09	2128.7	254.3	400286.6	125227.9
P49	2+400.00 0	50.000	53.67	8.30	2683.3	415.1	402970.0	125643.1
P50	2+450.00 0	50.000	46.21	11.04	2310.6	552.1	405280.6	126195.2

ANNEXE

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P51	2+500.00 0	50.000	39.74	6.13	1986.8	306.4	407267.4	126501.6
P52	2+550.00 0	50.000	31.49	6.02	1574.7	300.9	408842.1	126802.4
P53	2+600.00 0	50.000	24.15	8.57	1207.5	428.6	410049.6	127231.0
P54	2+650.00 0	50.000	19.43	20.40	971.3	1020.0	411020.9	128251.1
P55	2+700.00 0	50.000	17.93	28.53	896.4	1426.5	411917.3	129677.5
P56	2+750.00 0	50.000	14.15	30.83	707.6	1541.6	412624.8	131219.1
P57	2+800.00 0	50.000	11.39	34.79	569.5	1739.3	413194.3	132958.4
P58	2+850.00 0	50.000	10.18	32.04	509.1	1602.2	413703.3	134560.6
P59	2+900.00 0	50.000	7.70	47.88	384.8	2393.8	414088.1	136954.4
P60	2+950.00 0	50.000	4.48	72.06	224.0	3602.9	414312.1	140557.3
P61	3+000.00 0	50.000	2.97	83.02	148.4	4151.1	414460.5	144708.4
P62	3+050.00 0	50.000	1.96	104.05	98.2	5202.4	414558.6	149910.8
P63	3+100.00 0	50.000	1.25	113.97	62.4	5698.6	414621.0	155609.4
P64	3+150.00 0	50.000	2.55	116.45	127.7	5822.3	414748.7	161431.7
P65	3+200.00 0	50.000	2.93	118.72	146.4	5936.1	414895.1	167367.8
P66	3+250.00 0	50.000	3.10	93.61	154.9	4680.6	415050.1	172048.4
P67	3+300.00 0	50.000	4.51	62.78	225.3	3139.0	415275.4	175187.4
P68	3+350.00 0	50.000	5.95	38.56	297.3	1928.1	415572.7	177115.5
P69	3+400.00 0	50.000	11.38	11.09	569.2	554.7	416141.9	177670.2
P70	3+450.00 0	50.000	33.49	0.00	1674.4	0.0	417816.2	177670.2
P71	3+500.00 0	50.000	50.92	0.00	2546.0	0.0	420362.3	177670.2
P72	3+550.00 0	50.000	84.99	0.00	4249.4	0.0	424611.6	177670.2
P73	3+600.00 0	50.000	109.11	0.00	5456.8	0.0	430068.4	177670.2
P74	3+650.00 0	50.000	116.56	0.00	5833.0	0.0	435901.4	177670.2
P75	3+700.00 0	50.000	71.30	12.62	3508.0	648.0	439409.5	178318.3
P76	3+750.00 0	50.000	45.78	61.00	2241.0	3135.8	441650.5	181454.1
P77	3+800.00 0	50.000	16.63	76.46	821.0	3878.2	442471.5	185332.3
P78	3+850.00 0	50.000	10.98	129.62	546.5	6499.0	443018.0	191831.3
P79	3+900.00 0	50.000	3.25	164.41	162.9	8200.8	443180.9	200032.1
P80	3+950.00 0	50.000	1.64	133.72	80.7	6651.3	443261.7	206683.4
P81	3+1000.00 00	50.000	2.46	124.72	118.7	6208.2	443380.4	212891.6
P82	4+050.00 0	50.000	1.52	124.77	73.4	6189.5	443453.7	219081.1
P83	4+100.00 0	50.000	0.52	81.66	24.2	4009.3	443477.9	223090.4
P84	4+150.00 0	50.000	0.52	70.53	24.5	3457.7	443502.4	226548.1
P85	4+200.00 0	50.000	0.59	111.79	28.7	5551.0	443531.1	232099.1

ANNEXE

P86	4+250.00 0	50.000	1.89	132.72	94.8	6621.9	443625.9	238721.0
P87	4+300.00 0	50.000	2.42	166.78	121.2	8339.0	443747.0	247060.1
P88	4+350.00 0	50.000	2.99	140.88	149.6	7043.8	443896.7	254103.8
P89	4+400.00 0	50.000	3.72	153.67	186.0	7683.7	444082.7	261787.5
P90	4+450.00 0	50.000	4.86	134.64	243.2	6732.1	444325.9	268519.6
P91	4+500.00 0	50.000	5.99	88.23	299.2	4414.6	444625.1	272934.2
P92	4+550.00 0	50.000	7.23	79.83	357.0	4022.4	444982.1	276956.6
P93	4+600.00 0	50.000	10.25	86.22	498.9	4383.7	445480.9	281340.3
P94	4+650.00 0	50.000	13.74	81.91	663.3	4188.0	446144.2	285528.2
P95	4+700.00 0	50.000	12.45	82.05	609.3	4152.8	446753.5	289681.1
P96	4+750.00 0	50.000	15.26	57.72	757.4	2898.2	447510.9	292579.2
P97	4+800.00 0	50.000	20.30	59.53	1015.2	2976.5	448526.1	295555.7
P98	4+850.00 0	50.000	25.24	33.16	1262.2	1658.1	449788.3	297213.9
P99	4+900.00 0	50.000	29.53	25.38	1479.5	1267.3	451267.8	298481.2
P100	4+950.00 0	50.000	35.10	19.57	1775.7	968.6	453043.5	299449.8
P101	4+1000.00 00	50.000	31.47	19.79	1608.9	968.6	454652.4	300418.3
P102	5+050.00 0	50.000	37.01	8.39	1897.1	407.5	456549.4	300825.8
P103	5+100.00 0	50.000	23.24	9.30	1179.6	452.8	457729.1	301278.6
P104	5+150.00 0	50.000	37.80	9.34	1900.9	453.5	459630.0	301732.1
P105	5+200.00 0	50.000	28.03	6.92	1422.9	336.6	461052.9	302068.7
P106	5+250.00 0	50.000	27.69	7.07	1407.6	344.3	462460.5	302412.9
P107	5+300.00 0	50.000	36.10	10.72	1826.9	525.7	464287.4	302938.7
P108	5+350.00 0	50.000	47.47	10.79	2391.3	534.8	466678.7	303473.5
P109	5+400.00 0	50.000	57.38	3.93	2870.8	196.2	469549.5	303669.7
P110	5+450.00 0	50.000	76.35	0.00	3817.6	0.0	473367.1	303669.7
P111	5+500.00 0	50.000	80.32	0.00	4015.8	0.0	477382.9	303669.7

ANNEXE

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P112	5+550.00 0	50.000	86.20	0.00	4308.8	0.0	481691.7	303669.7
P113	5+600.00 0	50.000	86.55	0.00	4317.3	0.0	486008.9	303669.7
P114	5+650.00 0	50.000	79.40	0.01	3945.3	0.3	489954.2	303670.0
P115	5+700.00 0	50.000	76.91	5.02	3819.8	254.7	493774.0	303924.6
P116	5+750.00 0	50.000	101.75	6.36	5090.8	320.6	498864.8	304245.3
P117	5+800.00 0	50.000	146.88	0.00	7377.2	0.0	506242.0	304245.3
P118	5+850.00 0	50.000	95.84	4.35	4792.4	218.5	511034.4	304463.8
P119	5+900.00 0	50.000	112.44	0.00	5621.8	0.0	516656.2	304463.8
P120	5+950.00 0	50.000	115.07	0.00	5753.8	0.0	522410.0	304463.8
P121	6+000.00 0	50.000	169.90	2.04	8494.9	102.2	530904.9	304566.1
P122	6+050.00 0	50.000	77.89	2.76	3894.3	138.2	534799.3	304704.3
P123	6+100.00 0	50.000	86.50	3.21	4325.1	160.7	539124.4	304864.9
P124	6+150.00 0	50.000	75.90	3.00	3795.1	149.8	542919.4	305014.7
P125	6+200.00 0	50.000	73.65	0.42	3682.3	20.9	546601.7	305035.6
P126	6+250.00 0	50.000	80.11	0.00	4005.7	0.0	550607.4	305035.6
P127	6+300.00 0	50.000	78.02	0.00	3901.0	0.0	554508.4	305035.6
P128	6+350.00 0	50.000	78.25	0.00	3912.3	0.0	558420.7	305035.6
P129	6+400.00 0	50.000	80.56	0.00	4028.2	0.0	562448.8	305035.6
P130	6+450.00 0	50.000	66.20	0.00	3309.9	0.0	565758.7	305035.6
P131	6+500.00 0	50.000	66.57	0.72	3321.9	36.2	569080.7	305071.8
P132	6+550.00 0	50.000	57.45	1.28	2846.3	64.4	571926.9	305136.2
P133	6+600.00 0	50.000	70.82	6.72	3434.8	343.1	575361.8	305479.3
P134	6+650.00 0	50.000	117.59	2.90	5704.6	147.7	581066.4	305627.0
P135	6+700.00 0	50.000	208.10	0.00	10263.5	0.0	591329.9	305627.0
P136	6+750.00 0	50.000	379.39	0.00	18953.5	0.0	610283.5	305627.0
P137	6+800.00 0	50.000	472.13	0.00	23609.2	0.0	633892.7	305627.0
P138	6+850.00 0	50.000	450.25	0.00	22512.4	0.0	656405.1	305627.0
P139	6+900.00 0	50.000	363.77	0.00	18093.9	0.0	674499.0	305627.0
P140	6+950.00 0	50.000	311.81	0.00	15238.3	0.0	689737.4	305627.0
P141	6+1000.0 00	50.000	314.23	0.00	15081.9	0.0	704819.3	305627.0
P142	7+050.00 0	50.000	327.06	0.00	15675.6	0.0	720494.9	305627.0
P143	7+100.00 0	50.000	350.61	0.00	17020.9	0.0	737515.8	305627.0
P144	7+150.00 0	50.000	328.94	0.00	16182.0	0.0	753697.8	305627.0
P145	7+200.00 0	50.000	325.68	0.00	16226.7	0.0	769924.5	305627.0
P146	7+250.00 0	50.000	327.28	0.00	16364.2	0.0	786288.6	305627.0

ANNEXE

P147	7+300.00 0	50.000	324.98	0.00	16249.1	0.0	802537.8	305627.0
P148	7+350.00 0	50.000	315.97	0.00	15798.4	0.0	818336.2	305627.0
P149	7+400.00 0	50.000	301.85	0.00	15092.3	0.0	833428.5	305627.0
P150	7+450.00 0	50.000	287.67	0.00	14383.7	0.0	847812.2	305627.0
P151	7+500.00 0	50.000	353.86	0.00	17692.9	0.0	865505.1	305627.0
P152	7+550.00 0	50.000	130.91	76.72	6545.7	3836.0	872050.9	309463.0
P153	7+600.00 0	50.000	194.70	0.00	9735.2	0.0	881786.0	309463.0
P154	7+650.00 0	50.000	175.55	0.00	8777.7	0.0	890563.7	309463.0
P155	7+700.00 0	50.000	166.83	0.00	8341.7	0.0	898905.4	309463.0
P156	7+750.00 0	50.000	144.48	0.00	7224.3	0.0	906129.7	309463.0
P157	7+800.00 0	50.000	111.38	0.00	5569.6	0.0	911699.3	309463.0
P158	7+850.00 0	50.000	90.92	0.00	4543.1	0.0	916242.4	309463.0
P159	7+900.00 0	50.000	78.17	0.00	3907.5	0.0	920149.9	309463.0
P160	7+950.00 0	50.000	68.39	0.00	3420.0	0.0	923569.9	309463.0
P161	7+1000.00 00	50.000	60.80	0.00	3038.8	0.0	926608.7	309463.0
P162	8+050.00 0	50.000	58.81	0.00	2944.1	0.0	929552.9	309463.0
P163	8+100.00 0	50.000	57.60	0.00	2889.2	0.0	932442.1	309463.0
P164	8+150.00 0	50.000	55.56	0.00	2784.4	0.0	935226.5	309463.0
P165	8+200.00 0	50.000	63.73	0.26	3186.6	13.2	938413.1	309476.3
P166	8+250.00 0	50.000	51.02	0.25	2532.4	12.8	940945.5	309489.1
P167	8+300.00 0	50.000	45.69	0.26	2276.5	13.4	943222.1	309502.5
P168	8+350.00 0	50.000	66.92	0.00	3314.0	0.0	946536.1	309502.5
P169	8+400.00 0	42.194	64.97	0.00	2758.4	0.0	949294.5	309502.5
P170	8+434.38 8	17.194	0.00	0.00	0.0	0.0	949294.5	309502.5

