



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES
DÉPARTEMENT GÉNIE CIVIL

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Génie Civil

Option : Ouvrage d'Art Et Infrastructure

Présenté par : **Bouziane Meriem**

Sujet du mémoire

**ETUDE D'EXPERTISE DES DEGRADATIONS DE
CHAUSSEE : ESSAIS EXPERIMENTAUX**

Soutenu publiquement le devant le jury composé de :

Mr. K. DRAICHE	Président
Mr. Y.TLIDJI	Encadreur
Mr. H.H.ABDELAZIZ	Examineur
M. L.HADJI	Examineur
M. Z.KHELIFA	Examineur

Année universitaire : 2016-2017.

Dédicace

Je dédier ce modeste travail :

- A ALLAH le tout Puissant qui m'a créé et qui m'a donné la faculté de connaître et de comprendre,
- A mon Papa auprès de qui j'ai eu le goût de la sagesse, qui n'a jamais hésité à m'aider, que le meilleur des paradis soit sa demeure ;
- A ma Maman qui m'a donné la vie et qui a guidé mes premiers pas dans la recherche du savoir et de la réussite, merci ;
- A mes frères et ma sœur qui ont été d'une grande utilité dans ma formation de base, qu'il trouve ici ma reconnaissance et qu'ALLAH le comble de sa bénédiction ;
- A mon marie qui m'a soutenu et a accepté toutes les contraintes de ma longue absence, qu'ALLAH te récompense et te comble de sa riche bénédiction ;
- A mes très chères fillettes (Chiraz et Illine).
- A ma belle-famille (ma belle-mère- mon papa- mes belles sœurs)
- A mes camarades
- A toutes ma famille
- A mes collègues de travail.

Remerciement

Ce document est le fruit d'un travail de recherche que j'ai mené avec l'aide de beaucoup de personnes. Je tien à remercier tout d'abord mon mari Harich Nourredine qui m'a aidé à finir mes études, mon encadreur monsieur Telidji Youcef et les membres de jury, ainsi que Monsieur Boumediene Rachid, Rahmoun Mokhtar, Doucen Mokhtar, Katbi Nacer et l'ensemble des personnes qui ont participé à ma formation. Et tous les gens qui ont attribué de près et de loin pour faire ce travail

RESUME

La route est un instrument indispensable au développement d'un pays. A cet effet, l'homme cherche toujours de développer la route en réalisant des chaussées assurant à la fois la sécurité et le confort aux usagés, en tenant compte d'avoir des chemins courts et des rampes à une valeur admissible mais le développement technologique a donné au monde l'invention de l'automobile, cette dernière fait l'objectif des ingénieurs routiers pour la préoccupation relative à la vitesse c'est-à-dire de chercher un uni parfait et des caractéristiques géométriques nouvelles adaptées à la circulation rapide en incluant les paramètres de sécurité.

Le climat, le type et l'intensité de trafic, la qualité des sols et les matériaux utilisés ainsi que le système de drainage sont les facteurs essentiels déterminant l'évolution de l'état de la route.

Pour atteindre notre objectif, notre travail s'articulera autour de deux parties :

- Une recherche documentaire
- Une Étude de cas

Nous commencerons par les Généralités sur les routes dans le premier chapitre, on commence par la description de la structure de chaussée ainsi que les fonctions associées à chaque élément de la structure, puis la présentation des différentes familles de structures de chaussée. Ensuite on s'intéressera aux toutes les dégradations qui affectent la chaussée.

Le deuxième chapitre est une démarche à suivre pour la surveillance et l'auscultation des routes. L'objet de ce chapitre est de donner la méthodologie générale à suivre pour effectuer une réhabilitation. Il passe en revue l'ensemble des étapes de l'étude, depuis la collecte des données jusqu'au choix de la technique d'entretien.

Enfin, le troisième et le quatrième chapitre est un cas pratique pour illustrer le travail à réaliser.

Nous terminerons par une conclusion générale et quelques recommandations.

Mots clés: Dégradation, Déformation, Auscultation, Expertise, Dimensionnement, Essais expérimentaux, renforcement

ABSTRACT

Road is an indispensable instrument for the development of a country. For this purpose, the man always seeks to develop the road by making pavements ensuring both safety and comfort to the used, taking into account having short paths and ramps to a permissible value but the technological development has Given to the world the invention of the automobile, the latter is the objective of the road engineer for the preoccupation with speed, that is to say to seek a perfect unity and new geometrical characteristics adapted to the rapid circulation in Including safety parameters The climate, the type and intensity of traffic, the quality of the soil and the materials used and the drainage system are the main factors determining the state of the road. To achieve our objective, our work will be divided into two parts:

- A literature search
- A Case Study

We will start with the Generalities on the roads in the first chapter, starting with the description of the pavement structure as well as the functions associated with each element of the structure and then the presentation of the different families of pavement structures. Then we will be interested in all the degradations that affect the pavement.

The second chapter is an approach to road monitoring and testing. The purpose of this chapter is to give the general methodology to be followed to carry out rehabilitation. It reviews all the stages of the study, from the collection of the data to the choice of the maintenance technique.

Finally, the third and fourth chapter is a practical case to illustrate the work to be done. We will conclude with a general conclusion and some recommendations.

Key words: Degradation, Deformation, Auscultation, Expertise, Dimensioning, Experimental tests. Enhancement

الطريق هي أداة حيوية لتنمية أي دولة ولتحقيق هذا الغرض، يسعى الانسان دائما لتطوير شبكة الطرقات لجعلها ضمانا لسلامته وراحته ، مع الأخذ بعين الاعتبار وجود مسارات قصيرة وسلا لم إلى قيمة مقبولة ولكن مع تطور التكنولوجيا زاد من قلق مهندسي الطرقات للبحث عن ميزة هندسية جديدة متكيفة مع معايير الأمن والسلامة

المناخ، نوع وكثافة حركة المرور، ونوعية التربة والمواد المستخدمة فضلا عن نظام الصرف الصحي هي العوامل الرئيسية التي تحدد تطور حالة الطرقات.

لتحقيق هدفنا المنشود ارتئينا إلى تقسيم عملنا إلى قسمين:

• بحث وناثقي

• دراسة حالة

بدأنا في فصلنا الأول بعموميات حول شبكة الطرق من خلال وصفنا لهيكل الطرق والوظائف المرتبطة بكل هيكل وعرض لمختلف هياكل الطرق .والأضرار المحدثة لها أما في الفصل الثاني تطرقنا لرصد ومراقبة شبكة الطرقات .والغرض من هذا هو إعطاء المنهجية العامة التي ينبغي اتباعها لإعادة تأهيل الطرقات ونستعرض جميع مراحل الدراسة، من جمع البيانات إلى اختيار أساليب التأهيل. أما الفصل الثالث والرابع هو دراسة حالة لتوضيح العمل المرجو تحقيقه. ونختتم بحثنا هذا بملخصة عامة ورفع بعض التوصيات.

الكلمات المفتاحية التدهور، التشوه، التشخيص، التحجيم، الاختبارات التجريبية التقوية

Table des matières

Dédicace	2
Remerciement	3
RESUME	4
ABSTRACT	5
Liste des figures	i
Liste des tableaux	iv
INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre I Généralités sur la route	2
I.1 Introduction	2
I.2 Généralités sur les routes :	2
I.2.a Définition :	2
I.2.b Constitution d'une structure de chaussée :	2
I.2.c Les différentes structures de chaussées :	3
I.2.d Dégradations des chaussées bitumineuses :	5
I.3 Conclusion :	25
Chapitre II Auscultation des chaussées	26
II.1 Introduction :	26
II.2 Définition d'auscultation :	26
II.3 Objectifs de l'auscultation	26
II.4 Principe de l'auscultation des chaussées	27
II.5 Phase 1 : Inventaire des données :	28
II.5.a Données générales :	28
Nature de la liaison :	28
Les localités traversées	29
II.5.b Historique de la chaussée :	29
II.5.c Le trafic :	29
II.6 Données géotechniques :	31
II.6.a Données géométrique :	32
II.6.b Données sur l'assainissement :	32
II.6.c Auscultation visuelle (Etat visuelle de surface) :	33
<i>Procédé du relevé</i> :	33
II.6.d Auscultation automatique :	33
➤ <i>Mesure de Déflexion</i> :	33
▪ Mode d'acquisition du paramètre « Déflexion » :	33
II.7 Etape 2: Découpage de l'itinéraire en zones homogènes :	47

II.7.a	Implantation de zones témoins :.....	47
II.7.b	Le pré-découpage à partir des dégradations :.....	48
II.7.c	Le pré-découpage à partir des déflexions :.....	48
II.7.d	Le pré-découpage à partir du rayon de courbure :.....	48
II.7.e	Détermination des zones homogènes :.....	48
II.7.f	Visite pour implantation des sections témoins et observation des relations entre les paramètres relevés et l'environnement :.....	49
II.7.g	Implantation des sections témoins :.....	50
II.8	Phase 3 : Investigations complémentaires sur les sections témoins :.....	50
II.8.a	Mesures de rayons de courbure sur zones témoins :.....	50
II.9	Conclusion.....	51
Chapitre III	Etude de cas : Présentation du Projet.....	52
III.1	Introduction :.....	52
III.2	Aperçu Général sur la Wilaya de Tiaret :.....	52
III.2.a	Situation géographique et voies d'accès:.....	52
III.2.b	Topographie et morphologie :.....	53
III.2.c	Climat :.....	55
III.2.d	Géologie et hydrogéologie de la région :.....	58
III.2.e	Tectonique :.....	60
III.3	Description générale du tracé :.....	61
III.3.a	Historique de la route:.....	63
III.3.b	Morphologie du tracé:.....	63
III.3.c	Géométrie du tracé:.....	63
III.3.d	Etat des éléments de dépendances et les données d'assainissement:.....	69
III.4	Signalisations et l'état des glissières:.....	75
III.4.a	Signalisation horizontale:.....	75
III.4.b	Signalisation verticale:.....	76
III.4.c	Glissières de sécurité:.....	78
III.5	Données sur le trafic:.....	79
III.6	Données sur l'auscultation de la chaussée:.....	80
III.6.a	Mesures de déflexion:.....	81
III.6.b	Contrôle de l'uni :.....	81
III.7	Relevé visuel des dégradations:.....	82
III.7.a	Examen graphique des dégradations de la chaussée:.....	86

III.7.b	Carottage de chaussée:	89
III.7.c	Investigation géotechnique (Sondage):.....	91
III.8	Essais au laboratoire :	95
III.8.a	Organisation des essais :	95
III.8.b	Interprétation des résultats des essais :.....	95
III.9	Localisation des carrières :	98
III.9.a	Situation géographique:	98
III.9.b	Aperçu géologique de la zone de carrières:	98
III.9.c	Résultats des analyses au laboratoire des différents agrégats:	100
•	Grave concassée:	101
III.10	Conclusion :	102
Chapitre IV	Dimensionnement du corps de Chaussée	103
IV.1	Introduction :	103
IV.2	A partir des mesures automatiques	103
IV.2.a	L'auscultation au HWD- Acquisition des données.....	103
IV.2.b	Analyse des résultats de l'uni :	115
IV.3	Les structures de la chaussée proposées	117
IV.4	La variante choisie de la structure de chaussée :	118
IV.5	Points singuliers (rectification de virages ou élimination de sommets de côtes).....	119
IV.6	Profil en travers type	120
IV.7	Evaluation du coût financier	121
IV.7.a	Avant métrée	121
IV.7.b	Quantités à mettre en œuvre.....	122
IV.7.c	Le coût financier	122
IV.8	Conclusion	124
CONCLUSION GENERALE	125
Bibliographie.....	127

Fig.(I.1)	Structure générale d'une chaussée	3
Fig.(I.2)	Structure d'une chaussée souple	4
Fig.(I.3)	Structure d'une chaussée semi-rigide	4
Fig.(I.4)	Structure d'une chaussée rigide	5
Fig.(I.5)	dégradations d'arrachement	6
Fig.(I.6)	Décollement.	6
Fig.(I.7)	plumage	7
Fig.(I.8)	Dés enrobage	8
Fig.(I.9)	Pelade	9
Fig.(I.10)	tête de chat	10
Fig.(I.11)	Nids de poule	10
Fig.(I.12)	Remonté des fines : dégradation franche, significative et étendue	11
Fig.(I.13)	la remontée (A) d'argile (B) d'eau	12
Fig.(I.14)	Ressuage	13
Fig.(I.15)	boursouflure	14
Fig.(I.16)	L'orniérage	15
Fig.(I.17)	Affaissement	15
Fig.(I.18)	le bourrelet	16
Fig.(I.19)	Flache	17
Fig.(I.20)	tôle ondulée	18
Fig.(I.21)	Différentes tailles d'ornières à grand rayon	19
Fig.(I.22)	Fissuration transversale : fissure franche et perceptible [LCPC, 1998][7]	20
Fig.(I.23)	Fissuration longitudinale dans une bande de roulement [LCPC, 1998][7]	21
Fig.(I.24)	Fissure en dalle [LCPC, 1998][7]	21
Fig.(I.25)	Fissure d'adaptation [LCPC, 1998][7]	22
Fig.(I.26)	Fissure diverse en Y dans la chaussée en béton [LCPC, 1998][7]	22
Fig.(I.27)	Faïençage circulaire [LCPC, 1998]	24
Fig.(I.28)	Cassure d'angle : cassure dégradée avec départ de matériaux - LCPC	24
Fig.(I.29)	Fissure oblique de la dalle [LCPC, 1998][7]	25
Fig.(II.1)	les phases d'auscultation	28
Fig.(II.2)	Défectographe	34
Fig.(II.3)	poutre de mesure	35
Fig.(II.4)	Exemple des résultats de mesure de déflexion	36
Fig.(II.5)	Curviamètre	36
Fig.(II.6)	poutres Benkelman	37
Fig.(II.7)	FWD (Déflectomètre à masse tombante)	38
Fig.(II.8)	Vue des trois systèmes principaux du déflectomètre.	38
Fig.(II.9)	Le système de masse tombante, b) Suivi du bassin de déflexion	39
Fig.(II.10)	Schéma de principe	40
Fig.(II.11)	le poste opérateur	42
Fig.(II.12)	pendule de l'analyseur de profil en long	43
Fig.(II.13)	Le TUS (Transverso-profilomètre à Ultra-Sons) mesure l'orniérage des revêtements.	44
Fig.(II.14)	La règle du TUS	44

Fig.(II.15)	Exemple de profil en travers individuel relevé par TUS	46
Fig.(II.16)	Vue d'une rive de chaussée déformée et profil TUS correspondant	46
Fig.(II.17)	Le Transversoprofilomètre à laser (PALAS)	46
Fig.(II.18)	Principe de fonctionnement du PALAS.	47
Fig.(II.19)	Exemple de découpage en sections élémentaires suivants les classes des différents paramètres	49
Fig.(II.20)	Classification des matériaux des sous-couches.....	51
Fig.(III.1)	Les limites de la wilaya de Tiaret.....	53
Fig.(III.2)	Topographie et morphologie de Tiaret.....	54
Fig.(III.3)	Carte des pentes.....	55
Fig.(III.4)	Etages bioclimatiques	56
Fig.(III.5)	Indice de Pluviosité (IP) durant la période 1984-2015	57
Fig.(III.6)	Courbe de température de Tiaret.....	58
Fig.(III.7)	Extrait des cartes géologique et hydrogéologique de Tiaret	60
Fig.(III.8)	Les plus importants séismes d'Algérie entre 1900 à 2003	61
Fig.(III.9)	Situation du tracé investigué	62
Fig.(III.10)	Schéma du tracé investigué	63
Fig.(III.11)	Mesures de la géométrie de la chaussée.....	65
Fig.(III.12)	Mesures de la géométrie de la chaussée(PK).	66
Fig.(III.13)	Les intersections avec le tracé investigué.....	67
Fig.(III.14)	La sinuosité du tracé investigué.....	67
Fig.(III.15)	Les points noirs du tracé investigué.....	68
Fig.(III.16)	Les photos des ouvrages busés du tracé investigué.....	70
Fig.(III.17)	Les photos fossés bétonnés du tracé investigué.....	71
Fig.(III.18)	Les zones de remblai sur long du tracé.....	73
Fig.(III.19)	Les zones de talus sur long du tracé.	74
Fig.(III.20)	L'état de la signalisation horizontale.	75
Fig.(III.21)	Panneaux de la signalisation verticale en bon état.....	76
Fig.(III.22)	Panneaux de la signalisation verticale en état moyen.	77
Fig.(III.23)	Panneaux de la signalisation verticale en état dégradé.....	77
Fig.(III.24)	Etat des Glissières sur le tracé investigué.....	79
Fig.(III.25)	Répartition des catégories du trafic.....	80
Fig.(III.26)	L'appareil d'acquisition HWD modèle 8082-86.	81
Fig.(III.27)	Le profilomètre à laser RSP 5051 de marque Dynatest	82
Fig.(III.28)	Représentation graphique du phénomène d'arrachement	86
Fig.(III.29)	Représentation graphique du phénomène fissures longitudinales	86
Fig.(III.30)	Représentation graphique du phénomène fissures transversales.....	87
Fig.(III.31)	Représentation graphique du phénomène Faiençages	87
Fig.(III.32)	Représentation graphique du phénomène d'ondulation et d'orniérage.....	88
Fig.(III.33)	Représentation graphique du phénomène Fluage	88
Fig.(III.34)	Représentation graphique du phénomène d'affaissement	89
Fig.(III.35)	Représentation des carottes de chaussée investiguée	91
Fig.(III.36)	Puits à ciel ouvert.....	94
Fig.(III.37)	La position du profil réalisé.....	100
Fig.(IV.1)	Masse tombante du HWD.....	104

Fig.(IV.2)	Positionnement des géophones – Structure souple	104
Fig.(IV.3)	Positionnement des géophone- Structure rigide	105
Fig.(IV.4)	Modélisation du chargement.....	106
Fig.(IV.5)	l’acquisition des données	106
Fig.(IV.6)	Mesures de déflexion de Section limitée entre PK118 et PK146 Intervalle de mesure 250m	107
Fig.(IV.7)	Surface modulée section limitée entre PK118 et PK146 Intervalle de mesure 250m .	109
Fig.(IV.8)	Modèle de la structure de la chaussée	110
Fig.(IV.9)	Les modules élastiques de la structure	111
Fig.(IV.10)	Principe de la théorie d’élasticité.....	112
Fig.(IV.11)	Les modules élastiques Déflexion Basin Fit	114
Fig.(IV.12)	Le principe de mesure du profilomètre à laser RSP 5051	115
Fig.(IV.13)	La position du profil réalisé.....	116
Fig.(IV.14)	Profil en travers type des différentes structures	120

Liste des tableaux

Tab. (II.1)	Les classes du trafic	30
Tab. (III.1)	Précipitations moyennes annuelles de Tiaret	56
Tab. (III.2)	Les Températures minimales et maximales de Tiaret.....	57
Tab. (III.3)	Mesure de largeur de la route.....	64
Tab. (III.4)	Positionnement des bornes kilométriques	65
Tab. (III.5)	Localisation des sections de sinuosités	67
Tab. (III.6)	Localisation et Etats des ouvrages busés	69
Tab. (III.7)	Localisation et état des fossés.....	71
Tab. (III.8)	Localisation et état des talus et les zones de remblai	72
Tab. (III.9)	Localisation des Glissières	78
Tab. (III.10)	Mesure de Trafic.....	80
Tab. (III.11)	Etat des carottes prélevées	89
Tab. (III.12)	Résultats des essais d'identifications	95
Tab. (III.13)	Résultats des essais de portance.....	96
Tab. (III.14)	Résultats des extractions à chaud sur les carottes.....	97
Tab. (III.15)	Résultats de mesure de densité des carottes d'enrobés	97
Tab. (III.16)	Les analyses des différents agrégats 2014/2015/2016	101
Tab. (IV.1)	Résultats de mesure de Déflexion.....	107
Tab. (IV.2)	Résultats des modules de surface	109
Tab. (IV.3)	Les résultats des modules d'élasticité	114
Tab. (IV.4)	Les valeurs moyennes d'IRI	116
Tab. (IV.5)	Avant métrée.....	121
Tab. (IV.6)	Quantités à mettre en œuvre.....	122
Tab. (IV.7)	Tableau quantitatif et estimatif des travaux.....	123

INTRODUCTION GENERALE

Dans la plupart des pays africains, des investissements importants ont été réalisés pour la construction du réseau routier qui est le secteur clé de l'économie d'un pays.

Le réseau routier établit la liaison entre les villes et les agglomérations et facilite les transactions et échanges commerciaux. Le réseau routier conçu et encadré par le sous-secteur des Travaux Publics constitue alors un facteur clé à la croissance d'un pays.

Plus récemment, ce sont des routes en terre qui ont été aménagées à grande échelle dans la plupart de ces pays. Du coup, on se retrouve face à un problème : les besoins en entretien sont importants et les ressources budgétaires diminuent fortement du fait de la crise macro-économique. Ceci a eu un effet néfaste sur l'état actuel des infrastructures.

Il est primordiale d'avoir un patrimoine routier en bon état, vu ses impacts socio-économiques dans différents secteurs. Cependant pour que les routes soient en bon état et praticables, elles ont besoin d'un entretien routier. Cet entretien doit être planifié, régulier, contrôlé et bien géré pour être efficace. Cette régularité est indispensable afin de réparer à temps les dégradations dès leur apparition. Il faut souligner que l'entretien du réseau routier, lorsqu'il est fait à temps, permet d'éviter de lourdes dépenses de réhabilitation et de reconstruction dans le futur.

Mais dans la réalité, les routes sont menacées par l'insuffisance de l'entretien routier et en général aussi par les surcharges des poids lourds. De par ces obstacles, nous notons des efforts pour améliorer l'entretien routier afin de toucher les avantages qu'offre le patrimoine routier et palier aux inconvénients que l'on rencontre ainsi dans le domaine.

C'est dans ce sens que nous allons procéder à une étude d'expertise sur une route revêtue existante afin de sortir ou proposer un type d'entretien dans le but de maintenir la route pérenne en bon état pendant sa durée de vie.

Dans cet ordre d'idées, nous avons choisi notre thème qui s'intitule : **Étude d'expertise des chaussées : Essais expérimentaux sur la route nationale N°14 : Cas du tronçon du PK118+00 au PK146+000.**

Chapitre I Généralités sur la route

I.1 Introduction

Le premier chapitre est une introduction du contexte de notre étude, La première partie va être consacrée à une revue bibliographique résumant des généralités sur les routes, Dans une première partie, une description de la structure de chaussée ainsi que les fonctions associées à chaque élément de la structure, Ensuite sont décrits les différentes dégradations que peuvent subir les chaussées.

I.2 Généralités sur les routes :

I.2.a Définition :

La route se définit comme une voie de circulation créée et aménagée pour supporter le trafic et les charges pour une durée donnée. A l'intérieur des agglomérations, la route prend le nom de rue, avenue, boulevard...etc

C'est la bande aménagée sur le terrain naturel pour assurer la circulation et le mouvement des véhicules, elle née du besoin de crier de relation entre les hommes, établir des échanges des produits de marchandise, et d'instituer une vie communautaire.

Une chaussée routière est en général une structure composite réalisée par une superposition de couches de matériaux granulaires, le tout reposant sur un sol support.

I.2.b Constitution d'une structure de chaussée :

Vue leur rôle; les chaussées, se présentent comme des structures multicouches dont les épaisseurs doivent être suffisantes de manière à supporter sans dégradation la pression verticale transmise au sol. Comme la pression dans la couche granulaire décroît régulièrement en profondeur, on peut constituer une chaussée par la superposition de couches de caractéristiques mécaniques croissantes.

En général, on rencontre les couches suivantes à partir du sol :

Tout d'abord **le sol terrassé ou sol-support** est surmonté généralement d'une couche de forme. L'ensemble sol-couche de forme représente la plate-forme support de la chaussée.

La couche de forme a une double fonction. Pendant les travaux, elle assure la protection du sol-support, permet la qualité du nivellement ainsi que la circulation des engins. En service, elle permet d'homogénéiser les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant le sol ou le remblai, et d'améliorer la portance à long terme.

Puis viennent **la couche de base et la couche de fondation** formant ainsi les couches d'assise. Les couches d'assise apportent à la chaussée la résistance mécanique aux charges verticales induites par le trafic et répartissent les pressions sur la plate-forme support afin de maintenir les déformations à un niveau admissible.

Enfin, **la couche de surface se compose de la couche de roulement** et éventuellement d'une couche de liaison entre la couche de roulement et les couches d'assise. C'est une couche supérieure de la structure de chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat. Elle a deux fonctions :

- D'une part, elle assure la protection des couches d'assise vis-à-vis des infiltrations d'eau.
- D'autre part, elle confère aux usagers un confort de conduite d'autant plus satisfaisant que les caractéristiques de surface sont bonnes.

La route est l'ensemble formé par : le sol support ou terrain, le terre-plein central, les accotements ou trottoirs et les ouvrages routiers et essentiellement par la chaussée comme sur la figure 1.1 suivante :

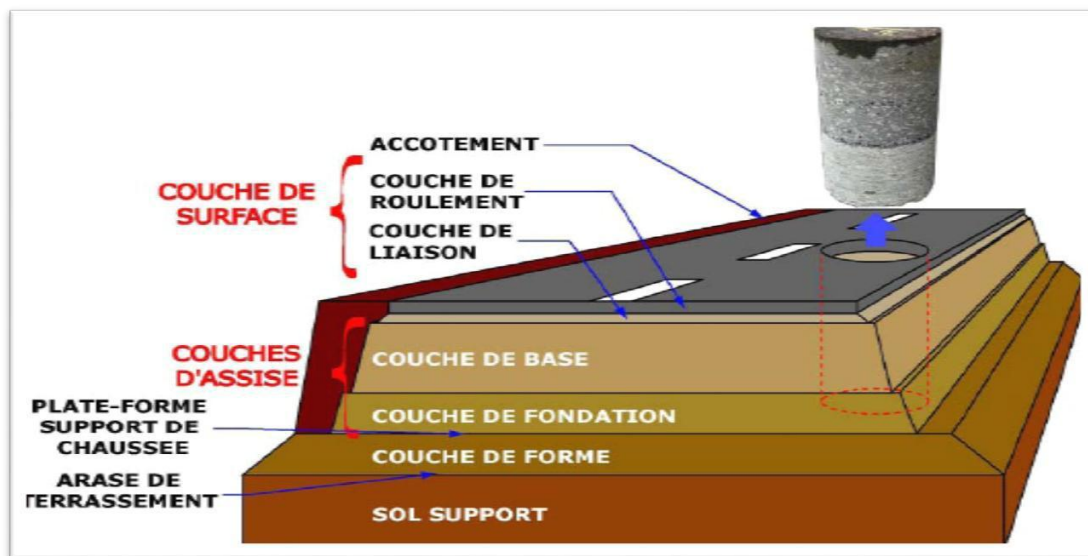


Fig.(I.1) Structure générale d'une chaussée

I.2.c Les différentes structures de chaussées :

Selon le fonctionnement mécanique de la chaussée, on distingue généralement les trois différents types de structures suivants :

➤ Les chaussées souples :

Chaussée dont le corps est réalisé avec des matériaux non liés ou traités avec un liant hydrocarboné. On distingue les chaussées souples traditionnelles, comportant au moins une couche de matériau non lié, plutôt destinées à des trafics légers, et les chaussées souples épaisses, dont toutes les couches sont bitumineuses, utilisées pour tout type de trafic.

La couche de fondation et/ou la couche de base peuvent être constituées de grave non traitée.

Dans le cas d'une chaussée neuve à faible trafic, la structure type est illustrée sur la figure ci-dessous.

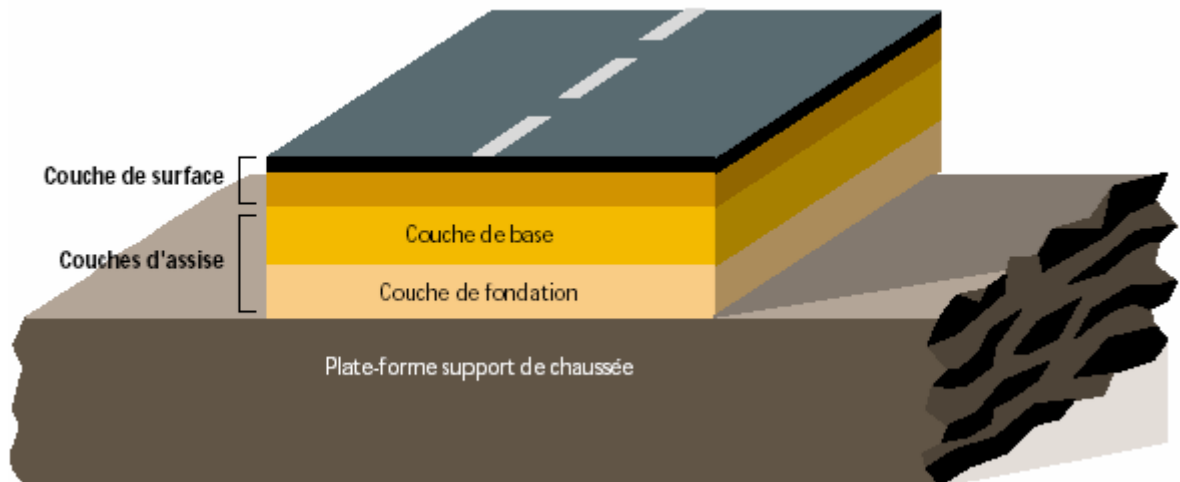


Fig.(I.2) Structure d'une chaussée souple

➤ **Les chaussées semi-rigides :**

Chaussée constituée d'une ou deux couches d'assise réalisées avec des graves traitées aux liants hydrauliques, et d'une couche de surface en béton bitumineux ; son comportement mécanique est intermédiaire entre celui des chaussées rigides et celui des chaussées souples ; la répartition des charges sur le support est bonne mais des contraintes de traction se développent à la base des couches

Dans le cas d'une chaussée neuve à faible trafic, la structure-type est illustrée sur la figure 3.

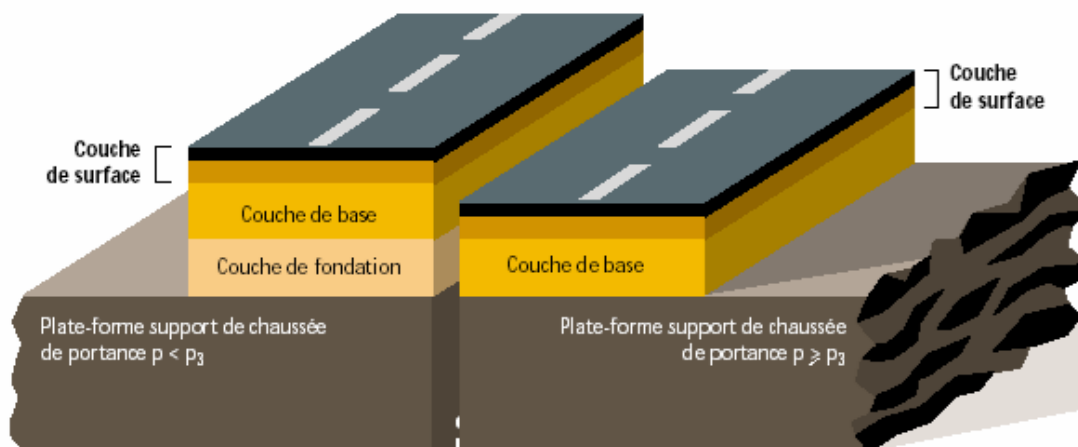


Fig.(I.3) Structure d'une chaussée semi-rigide

➤ **Les chaussées rigides :**

Chaussée réalisée essentiellement avec un matériau rigide, généralement du béton de ciment ; la couche de béton assure en principe le rôle de couche de base et de surface mais peut être recouverte d'une couche de roulement en béton bitumineux mince. Les avantages de ce type de chaussée sont la bonne répartition des charges sur le support et la bonne tenue à la fatigue. Dans le cas d'une chaussée neuve à faible trafic, la couche de fondation n'est pas nécessaire.

La dalle en Béton de Ciment peut ainsi être réalisée directement sur l'arase terrassement ou sur la plate-forme support de chaussée (Fig. 04). Dans la chaussée rigide, la couche de surface et la couche de base sont confondues.

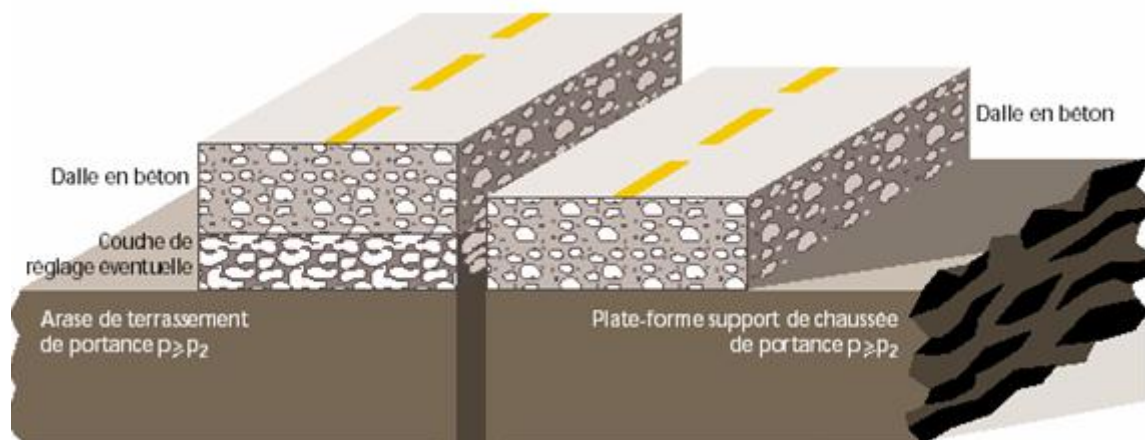


Fig.(I.4) Structure d'une chaussée rigide

I.2.d Dégradations des chaussées bitumineuses :

Les chaussées évoluent et se dégradent essentiellement sous l'effet du trafic lourd et des conditions climatiques, la rapidité de cette évolution et les désordres qui apparaissent sont également liés à la nature et l'épaisseur des matériaux utilisés à leurs conditions de fabrication et de mise en œuvre, certains désordres sont dus à l'instabilité du support de la chaussée (remblais ou terrain naturel) peuvent apparaître indépendamment du trafic et du climat.

Les dégradations les plus couramment rencontrées se classent en deux grandes familles : **Les dégradations superficielles** et **les dégradations structurelles** qui apparaissent au sein de la structure de chaussée ou de son support, la première famille prend naissance dans la couche de surface et de la chaussée et affecte d'abord la qualité superficielle.

Les dégradations des chaussées, selon le catalogue des dégradations de surface des chaussées, peuvent être divisées en quatre familles :

- **Les arrachements**
- **Les mouvements de matériaux**
- **Les dégradations de déformations**
- **les fissures**

Les deux premières familles reflètent la qualité de la couche de surface. Les deux dernières familles concernent la détérioration mécanique de la structure.

➤ **Les dégradations d'arrachement :**

Ces dégradations concernent plutôt la qualité de la couche de surface et en ce sens des problèmes de sécurité routière en rapport avec l'adhérence et l'uni des chaussées. Ces phénomènes sont dus soit à l'usure de la couche de surface, l'arrachement des gravillons du revêtement, le départ localisé de matériau de la couche de surface, le départ de gravillons de la couche de surface ou bien le départ du liant autour des granulats dans la couche de surface.



Fig.(I.5) *dégradations d'arrachement*

✓ **Le Décollement :**

a) **Description :**

Perte d'adhérence entre la couche de surface et la couche de base.



Fig.(I.6) *Décollement.*

b) Aggravation :

- Appariation de nids de poule.

c) Cause :

-Adhésivité insuffisante du granulat, Gonflement ou retrait des matériaux de couche de base.

d) Remèdes :

-Faire un enduit général

✓ Plumage :**a) Description:**

Arrachement d'une partie des gravillons du revêtement, ce phénomène est appelé aussi peignage lorsqu'il se produit parallèlement à l'axe de la route.

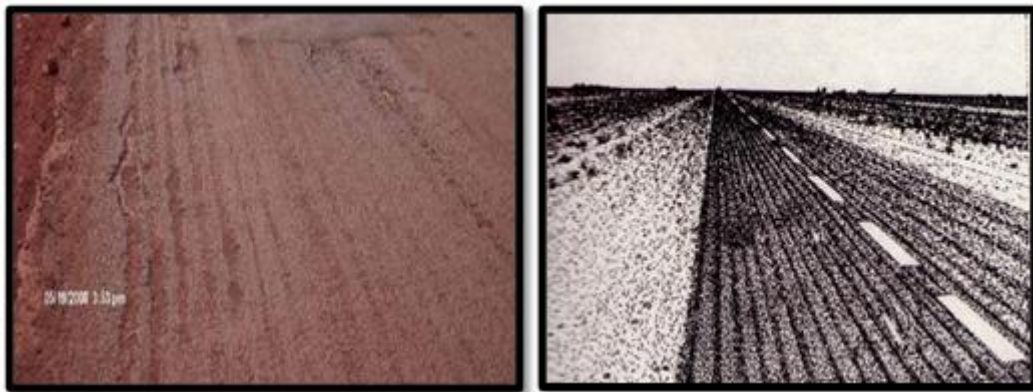


Fig.(I.7) plumage

b) Aggravations prévisibles :

- Formation de nids de poule

c) Causes :

- Teneur en liant insuffisante,
- Ségrégation des granulats à la mise en œuvre,
- Mauvaise nature des granulats,
- Action d'eau et salage des chaussées en hiver.

d) Remèdes :

- Renouveaulement de la couche de surface

✓ **Dés enrobage :**a) **Description:**

Disparition du mastic (liant + fines) et des granulats avec perte et départ des gros granulats en surface produisant la détérioration du revêtement.



Fig.(I.8) Dés enrobage

b) **Aggravation :**

- Arrachement de granulats et décollement de la partie supérieure du tapis.

c) **Causes possibles :**

- Usure dues à la circulation intense,
- Sous-dosage du bitume ou mauvaise qualité de l'enrobé,
- Mauvaise adhésivité des granulats,
- Mauvais compactage,
- Stagnation d'eau sur la chaussée.

d) **Remèdes :**

- Balayage et nettoyage de la surface ;
- Renouveaulement de la couche de roulement.

✓ **Pelade :**a) **Description:**

Arrachement du revêtement de la couche de surface, par plaques plus ou moins grandes.



Fig.(I.9) Pelade

b) Aggravations prévisibles :

- La perte de l'étanchéité
- La formation de nids de poule

c) Causes possibles :

- Epaisseur ou compacité insuffisante de la couche de roulement,
- Mauvaise adhérence de la couche de roulement sur la couche de base (nettoyage insuffisant avant la mise en œuvre de la couche de roulement, absence de couche d'accrochage, présence d'eau à l'interface),
- Manque de perméabilité de la couche de base.

d) Remèdes :

- Renouveaulement de la section endommagée avec découpe verticale ;
- Rabotage des rives ;
- Renouveaulement de la couche de surface (enduit d'usure).

✓ **Têtes de chat :**

a) Description :

Pierres ou cailloux durs, de dimensions supérieures au granulat en place, apparaissant à la couche de surface formant saillie. Cette dégradation provient suite à l'usure de la couche de roulement.

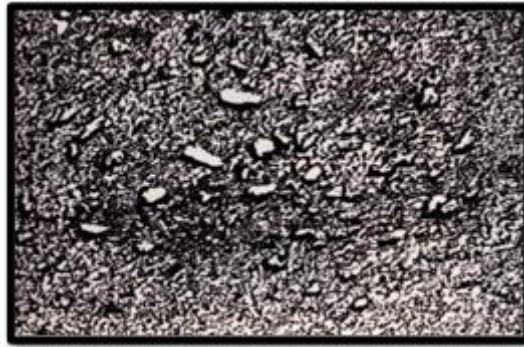


Fig.(I.10) tête de chat

b) Aggravation prévisible :

- Qualité et épaisseur de la couche de roulement inadaptée au à la charge du trafic.

c) Causes possibles :

- Usure très avancée du revêtement sur un corps de chaussée dans le cas :
- D'une chaussée constituée de tout-venant à granularité discontinue,
- D'une couche de surface à granularité trop élevée.

d) Remèdes :

- Renouveler l'enduit superficiel ou le remplacer localement par un tapis d'enrobés.

➤ **Nids de poule :**

a) Description :

Des cavités dues à la désagrégation localisée du revêtement sur toute son épaisseur. Elles sont généralement arrondies, au contour bien défini, de taille et de profondeur variables.



Fig.(I.11) Nids de poule

b) Symptômes précurseurs :

Le nid de poule est l'aboutissement de la plupart des dégradations qui paraissent sans gravité tels que : affaissement, flache, fissure, faïençage, plumage.

e) Aggravation prévisible :

- Développement et agrandissement du nid de poule,
- Infiltration d'eau massive dans le corps de chaussée.

f) Causes possibles :

- Atteinte des dégradations de diverse nature le stade ultime,
- Utilisation de matériaux inadaptés lors d'une réparation ou la réparation dans des mauvaises conditions.

g) Remèdes à apporter :

- Effectuer un emploi partiel aux enrobés si la profondeur des nids de poule n'excède pas 8 à 10 cm,
- Remanier la couche de base si cette profondeur excède 10cm.

➤ Les mouvements de matériaux :

Ces dégradations sont causées par des remontées du liant à la surface de la chaussée, par l'enfoncement de gravillons dans l'enrobé en période chaude, les remontées des éléments fins à la surface de chaussée, ou par l'éjection de l'eau à la surface lors du passage des véhicules lourds par suite de l'existence de cavités sous la couche de surface.



Fig.(I.12) Remonté des fines : dégradation franche, significative et étendue

✓ Remontées (d'eau ou d'argile) :a) Description :

Partie de chaussée humidifiée d'eau claire ou d'eau chargée en fines provenant du corps de la chaussée par remontée à travers les pores et les fissures.

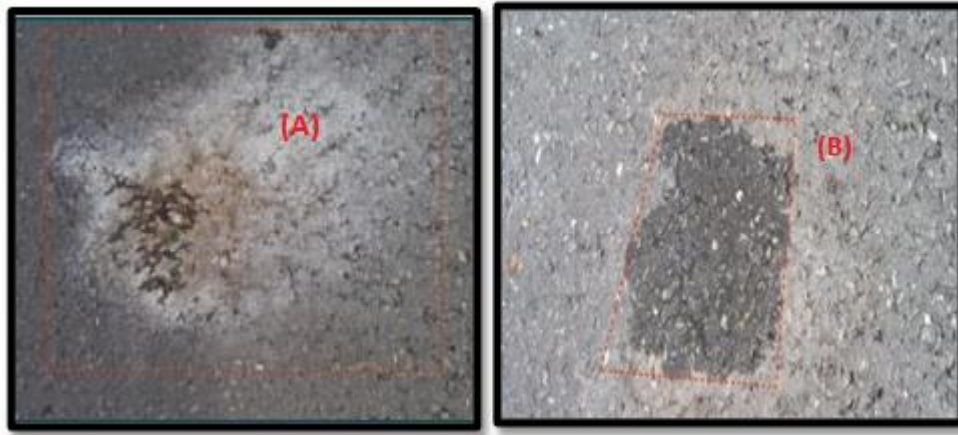


Fig.(I.13) la remontée (A) d'argile (B) d'eau

b) Causes possibles :

- Etanchéité insuffisante de la chaussée;
- Mauvais drainage du corps de chaussée ;
- Libération de fines par le sol support ou par les couches de chaussée et contamination des couches supérieures.

c) Aggravations prévisibles :

- Désenrobage et désagrégation des matériaux du corps de chaussée ;
- Perte de capacité portante ;
- Altération de l'adhérence ;
- Formation de nid-de-poule.

d) Remèdes :

- .- Remanier la chaussées complètement pour exécuter entre le terrain naturel et la chaussée existante, une sous-couche drainante (sable grossier).

✓ Ressuage :a) Description :

Remontée en surface de la chaussée du liant recouvrant complètement ou partiellement les granulats.

Cette remontée est généralement accentuée dans les pistes des roues.



Fig.(I.14) Ressuage

b) Aggravations prévisibles :

- Altération de l'adhérence,
- Plumage,
- Danger de dérapage.

c) Causes possibles :

- Teneur élevée du liant,
- Liant trop fluide,
- Evaporation intense,
- Nature d'enrobé inadapté avec les sollicitations,
- Effet combiné de la température élevée du revêtement et des sollicitations

d) Remèdes à apporter :

- Suppression par jet d'eau haute pression,
- Grenailage,
- Effectuer un sablage par temps chaud.

✓ ***Boursouflure :***

a) Description :

Déformation du revêtement, par zone localisées, et formant une aspérité importante.

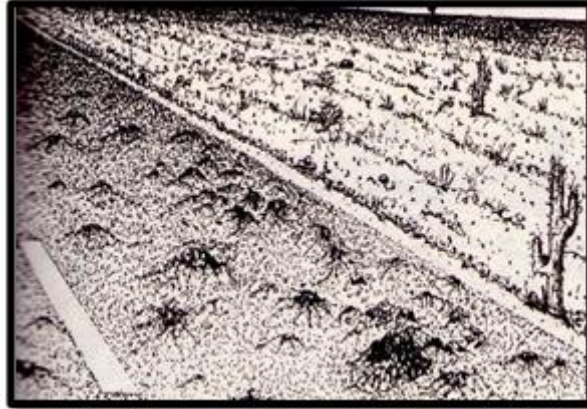


Fig.(I.15) boursoufflure

b) Symptômes précurseurs :

- Déformation à peine sensible, rendant la couche de surface sans portance à cet Endroit.

c) Aggravation prévisible :

- Chute de portance,
- Apparition de diverses déformations résiduelles.

d) Causes possibles :

- Fondation des chaussées sur des sols argileux ou sur des nappes de sel .

e) Remèdes à apportés :

- Si la dégradation est très localisée, compacter les boursoufflures, et effectuer un enduit de scellement.
- Améliorer le drainage,
- Remaniement complet de la chaussée afin d'introduire une sous-couche drainante entre le terrain naturel et la chaussée existante.

➤ **Les dégradations de déformation :**

Les dégradations de déformation sont en général celles qui donnent des déformations visibles en surface, comme les phénomènes irréversibles suivants : **l'ornièrre (cf. figure I.16), l'affaissement, le gonflement, le bourrelet, le décalage de joint de dalle ou de bord de fissure, le flambement, les déformations de forme de tôle ondulée.**



Fig.(I.16) *L'orniérage*

Ces dégradations ont plusieurs raisons, parmi lesquelles nous pouvons citer :

- Le sous-dimensionnement ou une mauvaise qualité de l'assise entraînant des contraintes verticales excessives à la surface du sol support ou des couches non traité.
- Une réduction de portance du sol support par défaut de drainage ou conséquence du dégel
- Un drainage ou assainissement localement défectueux
- Un retrait hydrique du sol support ;
- des réactions physico-chimiques ponctuelles entre des constituants de la structure et l'eau formant des composés gonflants.

Pour évaluer la situation de ces problèmes, les comportements élastiques linéaires des modèles de mécanique des chaussées ne sont pas adaptés. Aussi des recherches sont en cours depuis plusieurs années pour prendre en compte les déformations permanentes et la variable de temps.

✓ **L'affaissement :**

a) **Description :**

Abaissement localisé du niveau du profil de la chaussée, on le rencontre généralement sur les voiries secondaires dont la chaussée est souple.



Fig.(I.17) *Affaissement*

b) Aggravation prévisible :

- Formation de fissures
- Formation de faïençage puis de nids de poules

c) Causes possibles :

- Manque de portance du corps de chaussée provoquée par :
- Sous-dimensionnement du corps de chaussée,
- Tassement des couches de chaussée,
- Présence d'eau dans le sol (drainage insuffisant, niveau très élevé de la nappe phréatique),
- Compactage insuffisant de la couche de base,
- Mauvais épaulement des rives (accotement non rechargé),
- Circulation de véhicules dont la charge excède les possibilités de portance de la chaussée.

d) Remèdes à apporter :

- Reconstitution de la structure de la chaussée des deux bords en remplaçant les matériaux en place par des granulats de bonne qualité.
- Réalisation d'un reprofilage à la niveleuse en grave émulsion, puis recouvrir le tout par un enduit superficiel.

✓ Le Bourrelet (gonflement) :**a) Description :**

Gonflement plus ou moins accentué apparaissant à la surface de la chaussée.



Fig.(I.18) le bourrelet

b) Aggravation prévisible :

- Arrachement du revêtement avec le bourrelet par l'effet de la circulation.

c) Causes possibles :

- Excès du liant ayant flué sous l'effet de la circulation (dans la zone de freinage, virage, etc.)
- Enrobé plastique (température très élevée lors de la mise en œuvre, ce qui donne un liant mal adapté).

d) Solution :

- Reprofilage de la surface en éliminant le bourrelet (piochage manuel du bourrelet)

✓ Flache :a) Description :

Déformation de la surface de la chaussée formant une dépression arrondie (ou elliptique) peu sensible.



Fig.(I.19) Flache

b) Aggravations prévisibles :

- Formation de fissures, de faïençage puis de nids de poule.

c) causes possibles :

- Manque de portance localisée dans le corps de chaussée provoqué par :
 - Compactage localement insuffisant des couches (de base ou de surface),
 - Existence d'une poche d'eau ou d'argile dans le sol,
 - Présence d'eau sur la couche de base, au moment de la mise en œuvre de la couche de surface.

d) **Remèdes à apporter :**

Pour éliminer les causes qui provoquent ce phénomène il faut :

- Réaliser ou améliorer le drainage,
- Recharger les accotements.

Pour apporter un remède aux effets il faut :

- Effectuer la réparation localisée en exécutant un enduit au Point-à-temps ou aux enrobés,
- Renouveler la couche de surface.

✓ **La tôle ondulée :**

a) **Description :**

Ondulation de faible longueur d'ondes, perpendiculaire à l'axe de la chaussée.

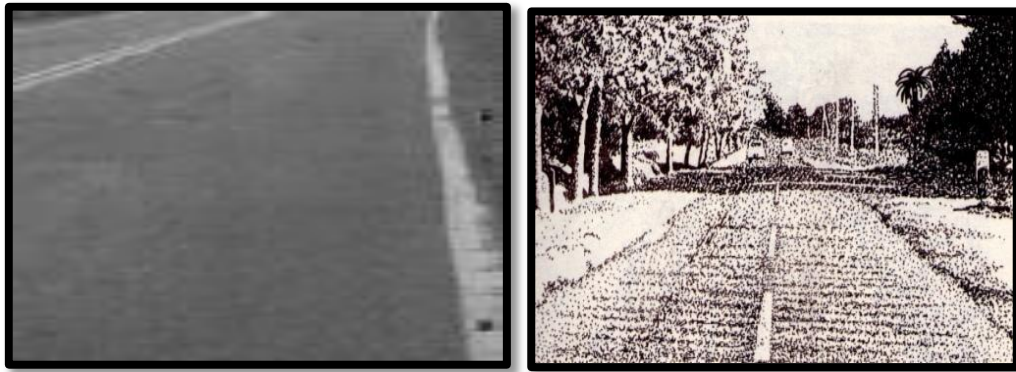


Fig.(I.20) tôle ondulée

b) **Les causes possibles :**

- Déformation de la couche de base au moment de son profilage,
- Actions mécaniques intense dues à la circulation,
- Instabilité de l'enrobé.

c) **Remèdes à apporter :**

La réparation de cette dégradation ne peut être réalisée efficacement qu'en s'attaquant aux causes. Afin d'éviter ces causes, il est nécessaire de :

- Démolir la chaussée et reconstituer la couche de base,
- Réparer le tapis d'enrobés.

✓ L'orniérage :a) Description :

L'apparition du trafic lourd et sa croissance ont été accompagnées par l'apparition des dégradations prématurées notamment l'orniérage qui est l'un des principaux modes de dégradations des chaussées. Du point de vue de l'analyse visuelle des dégradations des chaussées, l'orniérage est une déformation longitudinale permanente qui apparaisse et croisse sous le passage répété des véhicules. Selon l'origine on distingue :

Le tassement des couches de base se rencontre principalement sur les chaussées souples et se traduit généralement par des ornières à "grand rayon", Parfois appelé "orniérage structurel".

✓ Orniérage à grand rayon :

Dépression longitudinale simple dont la forme transversale correspond à celle d'une courbe Parabolique très évasée.

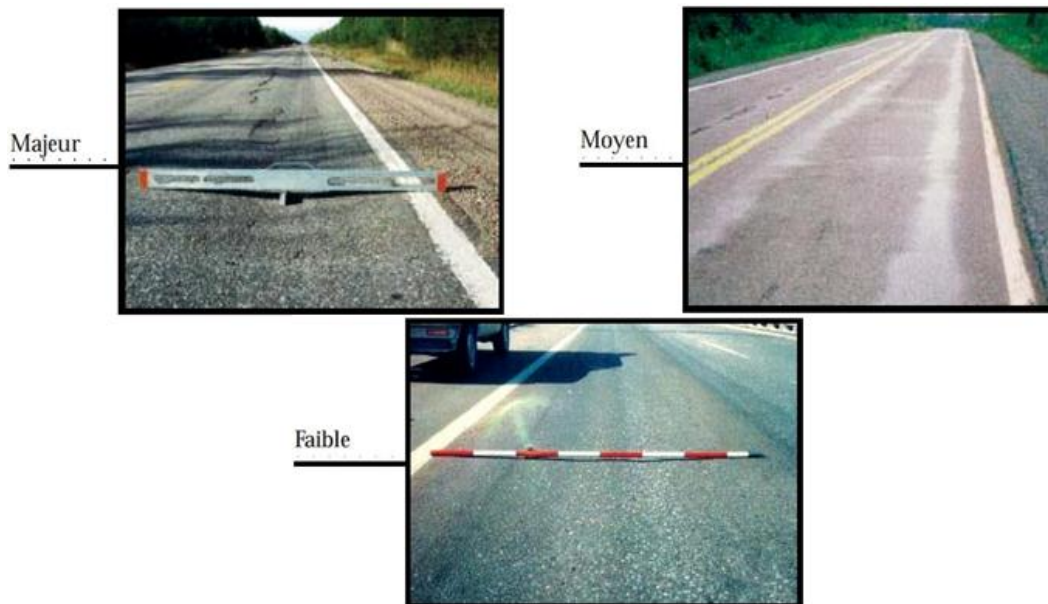


Fig.(I.21) Différentes tailles d'ornières à grand rayon

➤ Les fissures:

Avec le problème de l'orniérage, les fissures sont considérées comme un des plus grands modes de dégradation de chaussées.

En effet leur présence associée ou non à l'eau met en péril la durabilité à terme de la structure sous le passage répété de véhicules lourds. Le problème de fissuration peut être regardé du côté de l'endommagement des matériaux, et de leur rupture comme le mettent en évidence par exemple les essais sur le comportement à la fatigue et à la rupture des matériaux bitumineux.

✓ **Les différents types de fissuration et leur origine :**

Dans cette partie, nous allons présenter quelques types de fissures principales. Selon le catalogue des dégradations de chaussées [LCPC, 1998][7], nous pouvons classer les fissures dans la chaussée en neuf classes comme suit.

1. Fissure transversale :

Les fissures transversales sont des fissures qui sont quasi-perpendiculaires à l'axe de roulement des charges sur la chaussée. Elles peuvent être isolées ou périodiques d'espacement variable, traversant tout ou en partie la largeur de la chaussée (cf. figure I.16.1).

Ces fissures transversales concernent les types de structures suivantes: chaussées bitumineuses épaisses, chaussées à assises traitées aux liants hydrauliques, chaussées mixtes, chaussées inverses.

Elles peuvent être causées soit par la remontée en surface d'une fissure de prise ou de retrait thermique d'une couche à liant hydraulique dans le cas de chaussées semi-rigides, soit par la remontée en surface d'un joint transversal de mise en œuvre de l'assise traitée.



Fig.(I.22) Fissuration transversale : fissure franche et perceptible [LCPC, 1998][7]

2. Fissure longitudinale :

Deux types de fissures longitudinales sont possibles :

a) Les fissures longitudinales dans les bandes de roulement :

Ce sont des fissures quasi-parallèles à l'axe de la chaussée apparaissant exclusivement dans l'empreinte des roues de la charge, appelée bande de roulement (cf. figure I.23).

Ces fissures concernent les chaussées souples traditionnelles, les chaussées bitumineuses épaisses, les chaussées à assises traitées aux liants hydrauliques, les chaussées mixtes et les chaussées inverses. Les fissures longitudinales dans les bandes de roulement sont probablement causées par la fatigue de la structure par excès de contrainte à la base de la ou des couches traitées ayant pour origine un sous-dimensionnement ou un décollement entre des couches.



Fig.(I.23) Fissuration longitudinale dans une bande de roulement [LCPC, 1998][7]

b) Fissures longitudinales non spécifiques aux bandes de roulement :

Ce sont des fissures quasi-parallèles à l'axe de la chaussée et non limitées aux bandes de roulement. Ces types de fissures concernent seulement les chaussées en dalle de béton. Elles sont probablement causées par le retrait thermique du béton en cas de sciage tardif, par le retrait hydrique, par le gel ou par un mauvais drainage.

3. Fissures en dalles :

Les fissures en dalles sont un ensemble de fissures longitudinales et transversales se rejoignant pour former un réseau ou un maillage quasi rectangulaire de mailles inférieures ou égales à 2m. [LCPC, 1998][7].

Ce type de fissuration concerne les chaussées à assises traitées aux liants hydrauliques et chaussées mixtes. Elles sont probablement dues à une évolution de l'endommagement par excès de contraintes de traction-flexion à la base des couches d'assises traitées aux liants hydrauliques. L'origine de cet excès de contrainte réside en général dans la sous épaisseur d'une assise ayant par ailleurs de bonnes performances.



Fig.(I.24) Fissure en dalle [LCPC, 1998][7]

4. Fissures de joint :

Les fissures de joint sont des ouvertures qui apparaissent sous forme de fissures rectilignes aux raccordements de deux bandes d'enrobés (joint longitudinal) ou à une reprise d'une bande d'enrobé (joint transversal). Ce type de fissuration concerne seulement les chaussées dont les couches de roulement sont en béton.

Elles sont probablement causées par soit un mauvais accrochage initial entre les deux bords du joint, faute de réchauffage ou de badigeonnage, soit dans le cas contraire, par une rupture qui provient du vieillissement du liant sous l'effet des variations de température et elle se produit en dents de scie.

5. Fissures d'adaptation :

Les fissures d'adaptation sont des fissures qui proviennent de mouvements de sol.

Ces types de fissures concernent pratiquement tous les types de structures de chaussées : chaussées souples traditionnelles, chaussées bitumineuses épaisses, chaussées à assises traitées aux liants hydrauliques, chaussées mixtes, chaussées inverses. Elles sont généralement causées par un glissement de terrain ou par un tassement de remblai (instabilité) ou par un tassement d'élargissement (support sous compacté ou structure sous dimensionnée) ou enfin par le retrait hydrique du sol support (argiles, limons, marnes).



Fig.(I.25) Fissure d'adaptation [LCPC, 1998][7]

6. Fissures diverses :

Ce sont des fissures qui apparaissent de façon anarchique à la surface de la chaussée. On rencontre généralement des fissures paraboliques, en étoile ou en Y. Elles concernent les chaussées en béton et sont causées par le dédoublement d'une fissure transversale.



Fig.(I.26) Fissure diverse en Y dans la chaussée en béton [LCPC, 1998][7]

7. Faièncage :

Trois types de faièncage existent.

a) Faièncage dans les bandes de roulement :

Le faièncage dans les bandes de roulement est un ensemble de fissures entrelacées ou maillées (mailles fines inférieures à 30 cm) formant une série de polygones.

Ces types de fissures concernent pratiquement toutes les structures de chaussées (les chaussées souples traditionnelles, les chaussées bitumineuses épaisses, les chaussées à assises traitées aux liants hydrauliques, les chaussées mixtes ou les chaussées inverses).

Elles sont probablement causées par soit une fatigue excessive de l'assise provoquée par un excès de contrainte de traction par flexion à la base de la ou des couches traitées soit un décollement de la couche de roulement.

b) Faièncage non spécifique aux bandes de roulement :

C'est un ensemble de fissures entrelacées ou maillées soit avec des mailles fines (inférieures à 30 cm), soit avec des mailles larges (supérieures à 30 cm). Le tout forme une série de polygones non limités aux bandes de roulement. Ces types de fissures concernent les chaussées dont les couches de roulement sont en béton. Elles sont probablement causées soit par la fragilité du liant du à son vieillissement, soit par les conditions de fabrication de l'enrobé ou soit par sa trop grande dureté d'origine.

c) Faièncage circulaire :

C'est un ensemble de fissures entrelacées ou maillées (mailles fines inférieures à 30 cm) formant une série de polygones apparaissant ponctuellement et affectant une zone de forme sensiblement circulaire dont le diamètre est généralement inférieur à 1m (cf. figure I.16.6).

Ces types de fissures concernent les chaussées à assises traitées aux liants hydrauliques, ou les chaussées mixtes.

Elles sont probablement dues à un défaut ponctuel à la surface de l'assise traitée aux liants hydrauliques qui peut provenir soit d'un excès d'eau (précipitations) ou un manque d'eau (dessiccation) dus à une protection insuffisante de l'assise lors de sa réalisation. Soit elles sont dues à un feuilleteage en haut de l'assise consécutif à un compactage trop intense sur des matériaux trop tendres ou à des contraintes de cisaillement excessives engendrées par le trafic lourd. Soit elles sont causées par une ségrégation des matériaux lors de la mise en œuvre.



Fig.(I.27) *Faiençage circulaire [LCPC, 1998]*

8. Cassures d'angle :

Les cassures d'angle sont des ruptures de dalle joignant deux cotés adjacents et situées à moins de 50cm du coin de la dalle (cf. figure I.16.7).

Ce type de fissures concernent les chaussées en béton et composite. Elles sont probablement causées par soit un sciage tardif du béton créé pour contrôler la fissuration de retrait. Soit un mauvais appui du coin de la dalle les génère. Soit elles résultent du piège à eau en bordure de dalle généré par un battement de joint transversal.



Fig.(I.28) *Cassure d'angle : cassure dégradée avec départ de matériaux - LCPC*

9. Fissure oblique :

Les fissures obliques sont des cassures de dalle joignant deux cotés adjacents et situées à plus de 50cm du coin de la dalle .Ces types de fissures concernent les chaussées en béton. Elles sont principalement causées par le retrait thermique du béton en cas de sciage tardif, par la fatigue de la structure, ou par un mauvais appui de la dalle.



Fig.(I.29) Fissure oblique de la dalle [LCPC, 1998][7]

I.3 Conclusion :

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

Dès sa mise en service, la route commence à se dégrader. Les dégradations se caractérisent par des désordres divers qui constituent, la principale pathologie des chaussées revêtues et les non revêtues. Ce phénomène peut résulter des déformations dans la couche de surface ou des déformations dans les autres couches de la chaussée.

Les dégradations de la route sont causées par l'augmentation des surcharges du trafic et la manque d'un bon système d'assainissement de la chaussée, ceci est bien observable car certains ouvrages n'arrivent pas à assurer leur rôle de drainage par manque des interventions d'entretien. Les eaux de surface s'infiltrent et affectent le corps de la chaussée, cette route avec des eaux stagnantes et qui n'ont pas suffisamment un système de drainage pour supporter une grande précipitation ou une inondation anormale qui dégrade la route.

Chapitre II Auscultation des chaussées

II.1 Introduction :

Les services concernés doivent prévoir un programme de surveillance et auscultation pour assurer un meilleur service pour les usagers dont tous les travaux de renforcement, réhabilitation et entretien se font périodiquement selon l'exigence de l'état de la route et du trafic à travers des décisions prises suite à l'auscultation et l'analyse des données.

Dans ce chapitre, on s'intéressera aux différentes méthodes d'auscultation, ainsi que les outils et l'appareillage utilisés.

L'ingénieur concepteur doit tenir toutes les données nécessaires pour juger l'état de la route et la solution (Entretien, Renforcement et Réhabilitation) convenable, pour cela il s'intéresse à :

- L'inventaire des données
- Auscultation
- Diagnostic

Après la synthèse des données et l'auscultation effectuée, il donne son diagnostic pour juger l'état de la route, s'il s'agit d'un entretien, renforcement ou une chaussée neuve.

II.2 Définition d'auscultation :

L'auscultation est un ensemble d'examen et de mesures spécifiques faisant le plus souvent appel à des techniques élaborées, destinée à approfondir la connaissance réelle d'un ouvrage, à partir des résultats d'une inspection détaillée. Elle nécessite l'intervention d'une équipe compétente, et le plus souvent, l'utilisation des moyens spécialisés ou de techniques de laboratoires. Effectuée le plus couramment lorsque l'état de l'ouvrage est douteux ou défectueux, elle peut aussi être appliquée dans le cas d'un ouvrage en état normal ou quasi-normal, lorsqu'il est envisagé d'apporter à celui-ci une modification touchant à la structure.

II.3 Objectifs de l'auscultation

Les investigations conduites avant l'établissement d'un projet de réparation doivent répondre aux objectifs suivants :

- **Evaluer l'ampleur des désordres** : cette évaluation fait souvent appel à une conjugaison de techniques de contrôles non destructifs (généralement qualitatives) et de techniques quantitatives appliquées sur des prélèvements.

- **Etablir le diagnostic** : mis à part les cas simples où le pré-diagnostic réalisé à l'issue de l'inspection visuelle suffit pour se forger une opinion sur la dégradation affectant une chaussée, et les cas compliqués ou des recherches sont encore nécessaires pour identifier l'origine de la maladie, dans tous les autres cas, des investigations bien menées doivent permettre l'obtention du bon diagnostic.
- **Définir ou étayer des hypothèses de calcul** : la détermination de caractéristiques mécaniques des matériaux, les épaisseurs des couches, la teneur en liant et en fine.

II.4 Principe de l'auscultation des chaussées

L'auscultation doit permettre de déterminer des propriétés des couches de chaussées à partir de mesure. Elle a pour objectif de porter des éléments d'information nécessaires aux décisions à prendre en matière d'entretien. Elle comporte trois phases :

- **Phase 1** : Basée sur la collecte des données globales ou à caractère continu sur la route,
- **Phase 2** : On découpe l'itinéraire étudié en zones de mêmes caractéristiques (homogènes),
- **Phase 3** : Identification du comportement de chacune des zones homogènes par des analyses plus avancées et plus profondes sur les sections témoins extraites de ces mêmes zones et cela selon leur longueur. On applique à ces sections témoins un programme d'investigations détaillées, pour déterminer les caractéristiques du corps de la chaussée. La vérification de la transposition des résultats obtenus à l'ensemble de la section homogène vient en dernier.

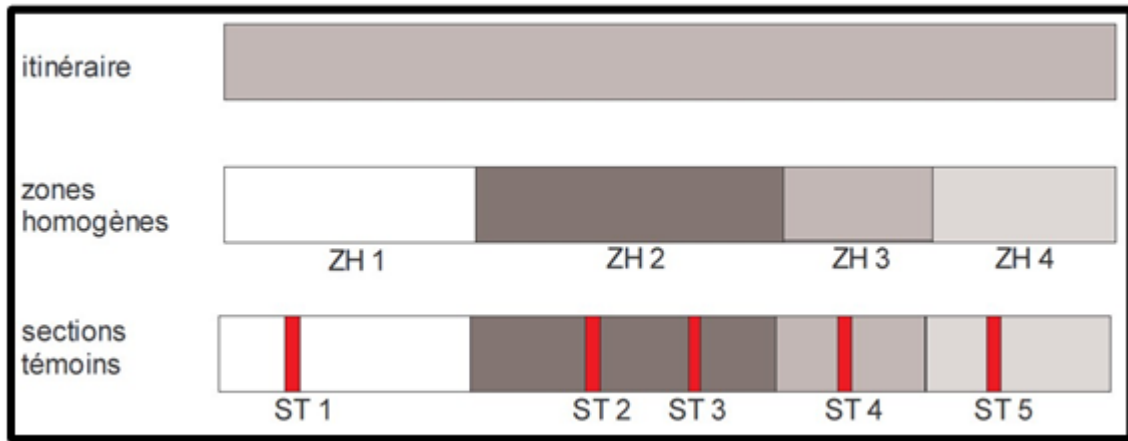


Fig.(II.1) les phases d'auscultation

II.5 Phase 1 : Inventaire des données :

II.5.a Données générales :

Nature de la liaison :

Le réseau routier est un ensemble de liaisons qu'il faut identifier de manière conventionnelle.

L'itinéraire est une liaison routière ou autoroutière identifiée par le numéro de la route selon les cas :

- N° de l'autoroute,
- N° de la route nationale, RN,
- N° du chemin de wilaya, CW.

Le tronçon est une partie de l'itinéraire reconnu par :

- Le numéro de la route nationale, de l'autoroute ou du chemin de wilaya,
- Le nom de la wilaya,
- Les noms des localités qui limitent le tronçon,
- Les points kilométriques origine et extrémité.

La section est la partie du tronçon, limitée par les points kilométriques (PK origine et PK extrémité). La voie se définit par les éléments d'identification de la section du côté et du rang de la voie dans le sens croissant des PK.

Les localités traversées

Il conviendra d'identifier les traversées de localités (wilaya, daïra, commune, lieu-dit, etc.) et d'indiquer d'une manière claire, l'entrée et la sortie de la localité par les points kilométriques (PK) correspondants.

II.5.b Historique de la chaussée :

Les éléments historiques de la chaussée, qui concernent la structure et sa réalisation (âge, trafic cumulé, constitution, qualité de plate-forme, qualité de fabrication et de mise en œuvre des matériaux.....ect), revêtent un intérêt tout particulier pour l'analyse de l'état résiduel des chaussées étudiées.

Les informations à recueillir nous permettent de connaître l'âge des différentes couches de la chaussée et leur évolution après la mise en service. Ces renseignements sont normalement disponibles auprès du gestionnaire du réseau. Ces veillera à recueillir les données suivantes :

- Le schéma d'itinéraire « point zéro ».
- Les sollicitations : trafic-comptage poids lourd-, barrière de dégel, vocations particulières (tourisme, usine, carrières...)
- Les données sur les dégradations : descriptif, évolution, comportement pendant et après les hivers ;
- Les entretiens : nature et importance, efficacité, période de renouvellement, zones particulier,...ect)
- Zones à problèmes (inondations, points noirs, ensablement, enneigement, tassement, etc.).

II.5.c Le trafic :

La connaissance du trafic poids lourds est nécessaire pour :

- ✓ **Établir le diagnostic :**
 - Expliquer et comprendre l'évolution et la dégradation de la structure de chaussée,
 - Evaluer le dommage structurel théorique en fonction du nombre de charges de référence ayant circulé sur la structure ;

✓ **Proposer des solutions de conception :**

- Calculer le nombre de charges de référence pour la durée de service retenue,
- Déterminer le type et l'épaisseur de la couche de surface qui sont fortement en fonction du trafic poids lourds journalier moyen annuel (MJA).

Deux notions sont retenues pour évaluer le trafic supporté par une route :

- Le trafic journalier déterminé à partir de la MJA de la voie la plus chargée exprimé en classe de trafic T_i ;
- Le trafic cumulé correspondant au nombre de poids lourds par sens sur la voie la plus chargée pendant la durée de dimensionnement de la chaussée.

Lors des campagnes de comptage une moyenne journalière est déterminée pour toutes les catégories de véhicules soit par comptage automatique, soit par comptage manuel.

Le trafic journalier moyen annuel est évalué suite à l'application à la moyenne journalière des coefficients correcteurs pour le type de la liaison (saisonnière/ non saisonnière) et de conversion (essieux/véhicule)

Les poids lourds, conformément à la norme NF P 98-082 de janvier 1994, sont les véhicules de plus de 35 KN de poids total autorisé en charge.

Tab. (II.1) Les classes du trafic

Classe	T5	T4	T3		T2		T1		T0		TS		TEX
			T3-	T3+	T2-	T2+	T1-	T1+	T0-	T0+	TS-	TS+	
MJA	0	..25	50	85	150	200	300	500	750	1200	2000	3000	5000

Le taux annuel d'accroissement du trafic est estimé à partir de l'ensemble des postes de comptages permanents distribué sur le réseau. Le taux annuel d'accroissement est généralement pris égal à 5%.

Dans le dimensionnement, on prend en considération le trafic circulant sur la voie la plus chargée. Afin de répartir ce trafic par voie de circulation dans le cas d'absence des informations précises, on applique les hypothèses suivantes :

❖ **Cas d'une route unidirectionnelle :**

Le trafic est égal à 100% du trafic journalier moyen annuel par voie de circulation dans le cas des routes à une seule voie. par contre, il est pris égal à 50% du TJMA dans le cas des routes à deux voies. Pour les routes à trois voies, on répartit le trafic en considérant 80% du TJMA par voie de circulation.

❖ **Cas d'une route bidirectionnelle :**

- A deux voies : le trafic est reparti équitablement sur les deux voies (TJMA/2),
- A trois voies : le trafic est égal à 50% du TJMA,
- A 2x2 voies : le comptage se fait sur chaque sens, le trafic est pris égal à 100% du TJMA sur chaque voie de même sens,
- A 2x3 voies, le comptage se fait sur chaque sens. le trafic est considéré à 80% du TJMA pour chaque voie de même sens.

Le trafic cumulé des poids lourds, TCPL, est calculé :

Soit à partir d'une progression arithmétique: $TCPL_{arith} = 365 * MJA * d * \left(1 + \frac{(d-1) * \tau}{2}\right)$

Soit à partir d'une progression géométrique : $TCPL_{geom} = 365 * MJA * \frac{(1+q)^d - 1}{q}$

Avec :

TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel, représentant le nombre moyen de PL par jour, par sens, lors de la mise en service, éventuellement pondéré par la largeur de la chaussée et le nombre de voies de circulation par sens ;

d : nombre d'années de durée de service ou d'ouverture à la circulation ;

τ : taux de croissance linéaire annuelle du trafic à la mise en service ;

q : taux de croissance géométrique annuelle du trafic à la mise en service.

II.6 Données géotechniques :

L'objectif de la reconnaissance géotechnique est l'identification de la nature et de l'épaisseur des différentes couches constituant le corps de la chaussée ainsi que la nature du sol support. La collecte des données géotechniques se réalise comme suit :

- ❖ Elle consiste à collecter les documents existants (cartes géologiques, cartes géotechniques à échelle convenable) ainsi que les études géotechniques réalisées (sondages, essais de laboratoire situés sur le tracé étudié).
- ❖ Ensuite est une analyse des documents précités qui doit permettre de juger si ceux-ci sont suffisants au regard des formations traversées et du niveau de connaissance nécessaire.

a) - Nature de la plate-forme :

La reconnaissance géotechnique est basée sur la détermination :

- la nature de la formation,
- la nature des terrassements de l'assiette
- l'appréciation de la stabilité des versants rencontrés,
- localisation des formations impliquant des difficultés géotechniques : marécages, sol compressible, nappes.
- La hauteur des remblais.

b) - Sondages sous-chaussées et sous accotements :

L'objectif de ces sondages est de :

- Connaître les épaisseurs des couches constituant la chaussée,
- Déterminer la nature et l'état des matériaux constituant ces couches,
- Identifier les caractéristiques géotechniques du sol support.

Généralement, l'emplacement d'un sondage tous les un à trois kilomètres s'avère suffisant sauf dans le cas où le sol présente une forte hétérogénéité. Les sondages doivent être placés à « cheval » entre l'accotement et la chaussée.

II.6.a Données géométrique :

Le repérage doit se faire systématiquement entre deux bornes kilométriques consécutives pour limiter le risque d'erreur.

Les longueurs se mesurent à l'aide d'un compteur métrique adapté au véhicule ou par le chaînage. L'ingénieur doit mesurer :

- La longueur inter-borne kilométrique,
- Les distances d'ouvrages de drainage, d'intersections ...etc par rapport à la borne prise comme étant origine,
- Les longueurs des ouvrages d'art,

La mesure des largeurs de chaussée et des accotements se font au niveau :

- De chaque rétrécissement,
- D'un dédoublement de voies,
- Des murs de soutènement, des tunnels, des ouvrages d'art, des ouvrages de drainage,
- Des carrefours.

II.6.b Données sur l'assainissement :

Vu le rôle important de l'eau sur la route et en particulier sur la chaussée, les données concernant l'assainissement et le drainage doivent être prises avec un maximum d'attention.

On prend en considération les ouvrages suivants :

- **Les fossés** : état, géométrie, exutoires, drains longitudinaux...etc ;
- **Au niveau des accotements** : pente transversales, saignées...etc ;
- **Points hauts et points bas du profil en long** : fossés de pied de talus ou de crêté, drains...etc.

II.6.c Auscultation visuelle (Etat visuelle de surface) :

Le relevé de dégradations de surface est un indicateur de base de l'appréciation de l'état des chaussées.

Les réparations sont également relevées car elles sont le signe de l'existence de dégradations antérieures.

Procédé du relevé :

Le relevé visuel s'effectue soit par identification directe où l'ingénieur doit parcourir l'itinéraire pour reporter les informations sur les fiches descriptives, soit par identification photographique automatique à l'aide d'appareils à grand rendement.

II.6.d Auscultation automatique :

➤ **Mesure de Déflexion :**

La déflexion est la déformation élastique mesurée dans les bandes de roulement de la voie lente. la déflexion dépend principalement de la vitesse d'application du chargement, de la variation de portance du sol support ainsi que la variation des épaisseurs du corps de chaussée.

Dans le cadre de l'évaluation de la qualité résiduelle de structures traitées, il est recommandé de réaliser les mesures en dehors des périodes climatiques de faible pluviométrie et/ou de forte chaleur.

▪ **Mode d'acquisition du paramètre « Déflexion » :**

Les mesures peuvent être réalisées soit :

❖ **De manière continue :**

• **Défectographe (NF P 98-200- 3 à 5) :**

Les mesures s'effectuent simultanément sur les deux bandes de roulement de la voie auscultée à une vitesse inférieure à 10km/h. le pas de mesure est constant et inférieur à 5m. Sous l'action d'un poids lourd en mouvement à vitesse constante le défautographe mesure le bassin de déflexion d'une chaussée.

La mesure de déflexion s'effectue entre chaque jumelage de l'essieu arrière du véhicule par des bras palpeurs munis de capteurs rotatifs et articulés sur une poutre de référence. Celle-ci est désolidarisée du véhicule à intervalle régulier pour effectuer une mesure. Le véhicule poursuit sa progression à vitesse constante et on enregistre la déflexion jusqu'à ce que les jumelages viennent légèrement en avant des patins palpeurs.

Le type de déflectographe doit être adapté au type de structure. Dans le cas où il y a succession de structure de types différents, on devra en tenir compte dans l'interprétation de la déflexion, en particulier lors de la modélisation.



Fig.(II.2) *Déflectographe*

✓ **Principe :**

Le déflectographe se présente sous la forme d'un camion porteur d'un dispositif de mesure placé sous le châssis. Lors de mesure, le véhicule porteur se déplace à une vitesse fixe. Grâce à la poutre de mesure qui repose sur la chaussée, deux mesures sont réalisées (axe et rive) et cela avant qu'elle soit tractée vers l'avant pour qu'elle repose à nouveau.

Pour assurer la maniabilité de l'engin, le déflectographe a été conçu sur un porteur d'empattement de cinq mètres. Ainsi, même les itinéraires les plus sinueux peuvent être parcourus. Il est possible de conserver la poutre vers l'avant pour prendre un virage serré ou de remonter l'ensemble de mesure pour franchir un obstacle. Si des mesures sont nécessaires, en virage, la position de la poutre est asservie à la direction du poids lourd via un vérin hydraulique qui place la poutre sur la trajectoire en virage de l'essieu arrière.

Pour assurer le retour vers l'avant de la poutre, la traction s'effectue par des galets montés sur un rail linéaire actionné par un moteur hydraulique et pour assurer sa pérennité, un système mécanique la guide pendant la phase de mesure pour éviter tout écrasement par le camion porteur.



Fig.(II.3) poutre de mesure

Lors des mesures, il est possible de saisir simultanément des éléments facilitant le repérage et l'interprétation des mesures. L'ensemble des informations collectées sont enregistrées en fonction de l'abscisse dans des fichiers textes utilisables dans des tableurs.

Le déflectographe est qualifié en classe 2 de la méthode d'essai LPC N°39 sur tous les types de structure tant à 3,5 km/h qu'à 7 km/h pour la mesure de déflexion maximale.

✓ **Caractéristiques :**

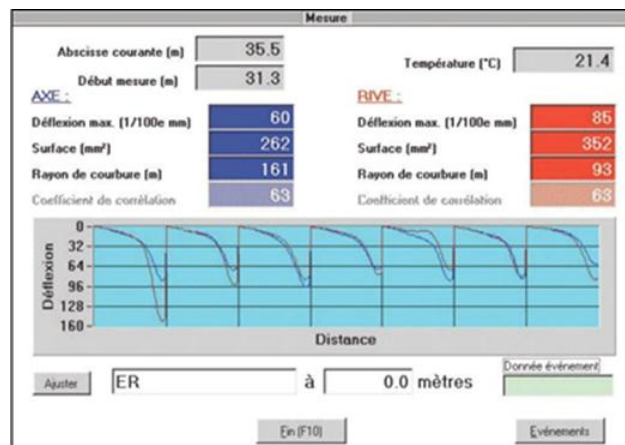
La vitesse d'avance est fixée à la vitesse voulue :

- ✓ Pas de 5 m : \approx 3,5 km/h ;
- ✓ Pas de 10 m : \approx 7 km/h.

L'abscisse de mesure est donnée à 0,1 m près.

La résolution est de 0,01 mm.

La température de surface est prise en chaque point de mesure à 1°C près.



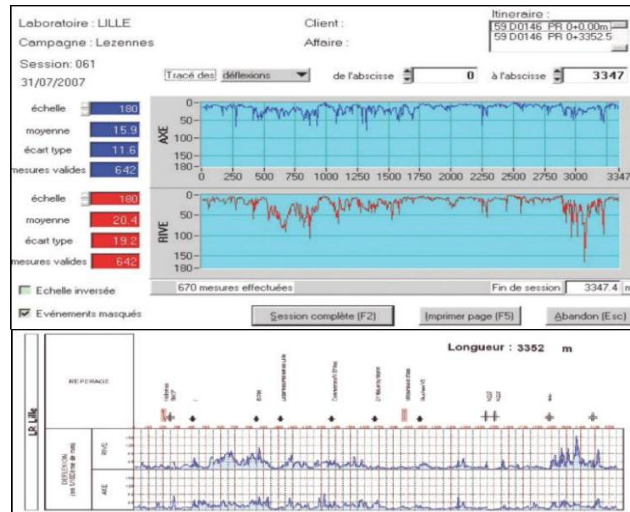


Fig.(II.4) Exemple des résultats de mesure de déflexion.

• **Curviamètre (NF P 98-200-7) :**

Cet appareil permet la mesure en continu et rapide de la déformée (en 100 points) des chaussées le long d'une frayée de mesure par le passage d'un jumelage chargé (80-130 kN). Dans ce cas la mesure s'effectue uniquement sur la bande de roulement côté rive. Le pas de mesure est égal à 5m.



Fig.(II.5) Curviamètre

✓ **Caractéristiques de mesure :**

- Sensibilité de la mesure de déflexion : 0,03 mm,
- La vitesse est de l'ordre de 18 km/h.
- 3000 déformées mesurées par heure,
- Capacité d'auscultation de 50 à 100 km par jour selon le réseau.

✓ **Applications :**

- Evaluation de la portance de réseaux,
- Localisation des zones de portance déficientes, détermination de sections homogènes,
- Collecte de données de base pour optimiser les solutions d'entretien,

- Réalisation de projets de renforcement,
- Evaluation des performances de nouvelles structures et de nouvelles méthodes de Dimensionnement et de construction.

❖ **De manière ponctuelle** : à l'aide de

- **La poutre Benkelman (norme NF P 98-200-2)** :

La poutre Benkelman permet la mesure statique et ponctuelle de la déformation des chaussées par un essieu de véhicule, ou lors d'un essai à la plaque sur les types de chaussée suivants : **souples ; Bitumineuse épaisses ; Inverses.**

La poutre Benkelman est utilisée sur des sections dont le linéaire est compris entre 500 et 3 000 mètres. Au-delà de 3 000 mètres, elles sont du domaine des mesures à grand rendement.

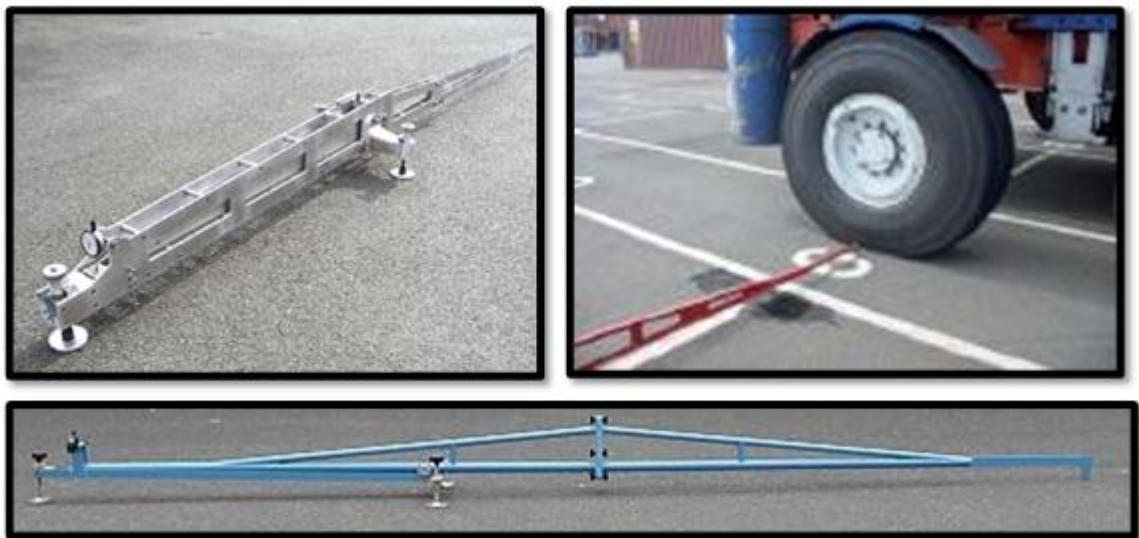


Fig.(II.6) poutres Benkelman

✓ **Principe** :

La poutre Benkelman est constituée d'un fléau (démontable en deux parties) qui s'articule autour d'un axe monté sur roulements à billes et d'un châssis reposant sur le sol par 3 pieds sur rotules réglables en hauteur. L'horizontalité de la poutre Benkelman est contrôlée par un niveau à bulle. Le comparateur au 1/100 mm électronique se monte sur l'extrémité du châssis, par son oreille de fixation.

La mise à zéro très facile à effectuer se termine par un réglage fin du pied arrière de la poutre Benkelman.

Une position de blocage par goupille est prévue pour le transport sur chantier d'un point à un autre. L'ensemble fléau châssis ainsi immobilisé protège le comparateur. La distance du palpeur à l'axe d'articulation étant le double de celle de la touche du comparateur, les valeurs lues sur celui-ci représentent la moitié du déplacement du palpeur.

- **Du FWD (Déflectomètre à masse tombante) :**

Le déflectomètre à masse tombante FWD (Falling Weight Deflectometer), est un appareil d'auscultation des chaussées.



Fig.(II.7) FWD (Déflectomètre à masse tombante)

Le déflectomètre est monté sur une remorque et se compose de trois systèmes distincts, soit le système de chargement, le système hydraulique et le système électronique.).

Un système d'acquisition de données situé dans le véhicule tracteur permet de contrôler l'exécution des essais et d'enregistrer les données sur fichiers informatiques.



Fig.(II.8) Vue des trois systèmes principaux du déflectomètre.

Un système d'acquisition de données situé dans le véhicule tracteur permet de contrôler l'exécution des essais et d'enregistrer les données sur fichiers informatiques.

- ✓ **Principe :**

Le principe de l'essai consiste à reproduire la sollicitation due au passage d'un véhicule lourd et à mesurer la réaction de la chaussée en mesurant le bassin de déflexion à l'aide de neuf géophones.

Le premier géophone est situé dans une cavité aménagée au centre de la plaque de chargement. Les autres sont placés sous la remorque le long d'une tige mobile de 2,25 m et peuvent être positionnés aux endroits désirés selon les besoins.

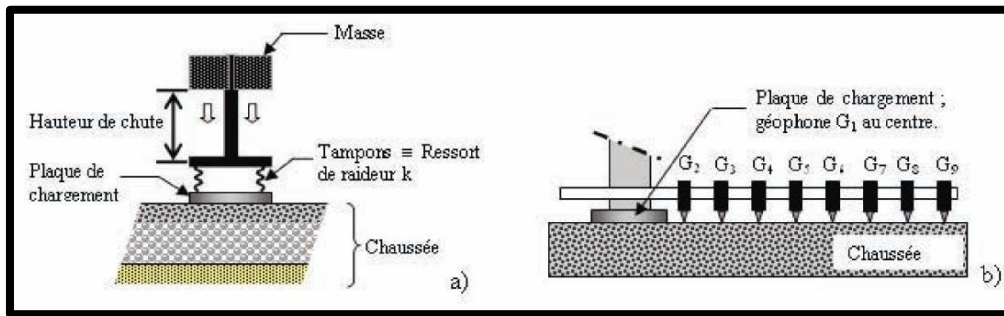


Fig.(II.9) *Le système de masse tombante, b) Suivi du bassin de déflexion*

Le chargement dynamique produit est mesuré à l'aide d'une cellule de charge et peut varier de 7 à 125 kN selon le poids de la masse et la hauteur de chute. La charge standard utilisée pour l'analyse structurale des chaussées est habituellement de 40 kN, soit la moitié de l'essieu de référence. La masse est montée à la hauteur voulue puis laissée en chute libre grâce à un signal électrique. L'impulsion est transmise par un amortisseur de caoutchouc à une enclume reposant sur une plaque d'acier circulaire de 300 mm de diamètre (ou 450 mm) qui peut s'incliner jusqu'à 6° de l'horizontal pour mieux épouser la surface. Une membrane de caoutchouc placée entre la plaque et le revêtement permet de répartir uniformément les contraintes. La durée de l'impulsion semi-sinusoïdale générée est typiquement de 25 à 30 millièmes de seconde, ce qui correspond au temps de chargement produit par un camion circulant de 65 à 80 km/h.

✓ **Application :**

Les résultats de relevés FWD sont utilisés pour diverses activités d'auscultation et de dimensionnement de chaussées, comme :

- Calcul des modules de déformation ou d'autres paramètres mécaniques de différentes couches composant une chaussée.
- Évaluation du transfert des charges entre des dalles sur chaussées rigides (béton de ciment).
- Modélisation des dommages infligés à la chaussée dans certaines conditions particulières de trafic.
- Prédiction de son espérance de vie, sur le plan de la fatigue structurale et de l'orniérage à grand rayon.
- Estimation des besoins de renforcement d'une chaussée.
- Recherche spécifique dans le domaine de la mécanique des chaussées.

➤ **Mesure de l'Uni :**

Sous l'effet du trafic et par défauts de construction, des irrégularités géométriques ainsi que des dégradations apparaissent à la surface des chaussées. Ces irrégularités présentent l'uni (longitudinal et transversal) des chaussées. L'uni est considéré comme étant un indicateur de qualité d'usage.

L'uni peut être mesuré par plusieurs types d'appareils existants à travers le monde donnant un indice de rugosité international " International Roughness Index" (I.R.I). En Algérie, deux appareils sont employés en l'occurrence le BUMP INTEGRATOR (BI) et l'analyseur de profil en long (A.P.L .25).

a) - Uni longitudinal :

Différents appareils peuvent être utilisés pour la mesure de l'uni longitudinal, tels que l'analyseur de profil en long (APL).

- Analyseur de profil en long :

Appareil destiné à la mesure du profil en long des chaussées en service ou en cours de construction, selon la norme NF P 98-218-3. Il permet de localiser et de quantifier les défauts d'uni provenant de dégradations sous l'action du trafic, ou survenant lors de la réalisation des couches successives constituant la chaussée.

✓ Principe :

La mesure s'effectue par l'intermédiaire d'une ou deux remorques APL tractées dans les traces normales de la circulation. Les défauts d'uni du profil sont traduits en signaux électriques.

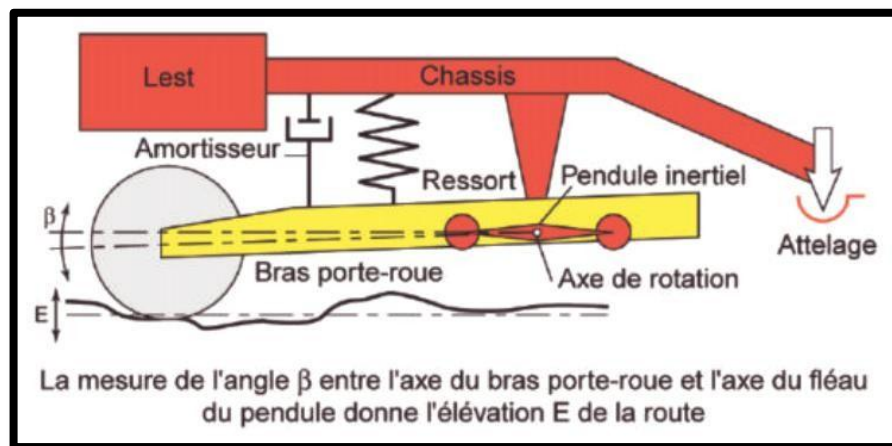


Fig.(II.10) Schéma de principe

Chacune de ces remorques est constituées par :

- Un bras très rigide équipé d'une roue, type vélomoteur,
- Un châssis lesté reposant sur le bras par un ressort et un amortisseur étudié de manière à assurer un excellent contact de la roue sur la chaussée,
- Un pendule inertiel basse fréquence servant de référence pseudo-horizontale.

Les déplacements verticaux de la roue se traduisent par un débattement angulaire de la poutre mesuré par rapport au fléau horizontal d'un pendule inertiel, indépendamment des

mouvements du véhicule tracteur. Cette mesure est assurée par un capteur de déplacement angulaire, associé au pendule. Le signal électrique produit est enregistré après amplification, ce qui conduit à l'enregistrement de l'amplitude des ondulations de la surface de roulement dans une plage de plus ou moins 100 mm, pour des longueurs d'onde variant, suivant la vitesse du véhicule, de la plage 0,5-20 m à la plage 1-50 m.

L'alimentation électrique de l'appareillage de mesure et d'enregistrement, embarqué, est assurée par le dispositif de génération électrique du véhicule tracteur. Un dispositif précis d'affichage de la vitesse permet de la maintenir constante entre 4 et 40 m/s.

L'acquisition, la mémorisation et le traitement des mesures se font par l'intermédiaire d'un micro-ordinateur ; l'analyse peut se faire suivant diverses procédures choisies par l'utilisateur.

✓ **Descriptif :**

Le capteur de relevé de profil est un dispositif du type remorque légère mono cycle constitué :

- D'un bras porte-roue non suspendu en alliage léger, dans lequel sont implantés, le système pendulaire de mesure des amplitudes des variations de profil et le capteur de localisation de leurs positionnements,
- La roue de type cycle léger dont la circularité et l'équilibrage sont minutieusement vérifiés,
- D'un châssis tubulaire mécano-soudé, lesté, suspendu par l'intermédiaire d'un dispositif ressort- amortisseur dimensionné pour garantir une réponse constante de l'ensemble sur la bande passante de l'appareil. Il est équipé des organes de signalisation conformes aux règles applicables en vigueur. Le module électronique-informatique, installé dans le véhicule tracteur est une unité configurée à partir d'un micro-ordinateur industriel équipé de cartes d'acquisition rapide, de dispositifs de stockage des résultats des mesures et d'une alimentation stabilisée 220 V AC ou 12 V DC . Le poste opérateur est équipé d'un écran plat à dalle tactile et d'un clavier-souris, le conducteur disposant d'un afficheur spécifique.



Fig.(II.11) le poste opérateur

✓ **Caractéristiques :**

* **Caractéristiques métrologiques :**

- Amplitude verticale : ± 80 mm, résolution ≤ 0.1 mm
- Distance horizontale : résolution 0.05 m, précision ≤ 0.1 %,
- Bande passante en fréquence : 0.4 Hz – 30 Hz,
- vitesse de mesure : de quelques km/h à 144 km/h,
- Pas d'acquisition longitudinale : 0.05 m,
- Grand rendement et grande vitesse de mesure (jusqu'à 144 km/h),
- Indépendance du type de véhicule,
- Indépendance des remorques et de l'ensemble électronique,
- Multi-indices : pratiquement tous les indicateurs d'uni peuvent être calculés (IRS, NBO, ...).

* **Caractéristiques dimensionnelles :**

- Remorque :
 - Dimensions : L = 2.30 m ; l = 0,55 m ; h = 1,22 m (signalisations comprises)
 - Masse : 120 kg
 - Charge de l'attelage : 45 kg
- Unité électronique-informatique :
 - Dimensions : l = 0,53 m ; h = 0,30 m ; p = 0,55 m
 - Masse : 36 kg.



Fig.(II.12) pendule de l'analyseur de profil en long

✓ **Analyse des mesures et présentation des résultats :**

Le premier résultat de la mesure consiste à fournir les valeurs numériques des élévations des profils relevés. Les données sont analysées en termes d'indicateurs d'uni et/ou de densité spectrale de puissance (DSP). La plupart des indicateurs d'uni calculés dans le monde peuvent être obtenus à partir des mesures APL, dont l'index international IRI. En France, les indicateurs d'uni les plus fréquemment utilisés sont :

- ❖ Les notes par bandes d'onde (NBO) qui résultent d'une mesure à 20 m/s puis d'une analyse qui passe par le calcul d'indices d'uni qui se rapportent à aux :
 - **Petites Ondes (PO) :** Ce sont des défauts de longueur d'onde inférieure à 3 m et d'amplitude de l'ordre de quelques mm. Des vibrations, parfois quelques secousses d'amplitude supérieure dues à des joints de reprise, ornières, nids de poule...etc.
 - **Moyennes Ondes (MO) :** Ce sont des défauts de longueur d'onde comprise entre 3 et 10 m et d'amplitude de plusieurs mm. Comme dans le cas des tassements de remblai (au niveau des ouvrages d'art) engendrant un flottement de la suspension du véhicule.
 - **Grande Ondes (GO) :** ces flottements peuvent être classés dans la gamme des grandes ondes lorsque la longueur du défaut est comprise entre 10 et 45 m.
 - Le coefficient APL25 (CAPL25) qui résulte d'une mesure à 6 m/s puis d'une analyse en moyenne arithmétique par tronçon de route de 25 m des amplitudes des ondes de longueur inférieure à 13 m.

b) Uni transversal :

Il existe plusieurs types d'appareils sophistiqués pour mesurer l'uni transversal tels que TUS et PALAS. Ces appareils permettent la mesure du profil transversal de la chaussée selon la méthode d'essai LPC n°49.

- **Transversoprofilomètre à ultrasons** :

TUS est un appareil destiné à fournir indicateurs caractérisant le profil en travers de la chaussée selon un pas donné et permet, ainsi le calcul de différents indices et quantificateurs couramment employés pour décrire «l'uni transversal» d'une chaussée.



Fig.(II.13) Le TUS (Transverso-profilomètre à Ultra-Sons) mesure l'orniérage des revêtements.

Quelles que soient la structure de la chaussée et la nature de son revêtement, le TUS peut mesurer son profil en travers. TUS est conçu pour fonctionner sur tout véhicule roulant à une vitesse variable en s'insérant dans le trafic ; il peut donc être fixé sur n'importe quel véhicule léger ou lourd. TUS fonctionne de jour comme de nuit, sur chaussée sèche ou légèrement humide (sans projections d'eau), indépendamment de l'ensoleillement.

Ce moyen d'essai est généralement mis en œuvre par deux personnes (chauffeur + opérateur).

- ✓ **Principe** :

Le dispositif comporte une règle de 2.50 m d'envergure, positionnée à l'avant de tout type de véhicule supportant 13 capteurs à ultrasons espacés de 20 cm qui mesurent simultanément les distances Règle- Chaussée, d'un boîtier distance et d'un logiciel sous Windows permettant l'acquisition, le traitement, et l'édition de résultats.

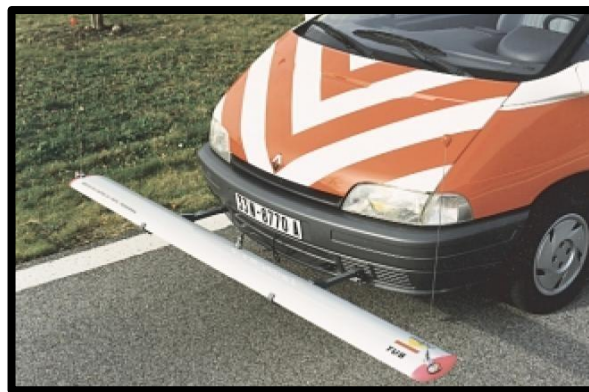


Fig.(II.14) La règle du TUS

Le déclenchement des mesures est commandé par un capteur de distance qui envoie l'ordre d'acquisition chaque fois que la distance inter-profil est parcourue.

Un traitement, en fin de mesure, permet la création de deux fichiers résultats. Le premier comporte les valeurs d'altitude des profils mesurés en fonction de la distance parcourue. Le second fournit les indicateurs de déformations transversales répondant à la méthode d'essai LPC n°49 et la norme française NF 98-219-3.

Les principaux indicateurs sont :

- Orniérage (indice et amplitude) ;
- Déplanéité (indice et amplitude) ;
- Déformation totale (indice et amplitude).

✓ **Caractéristiques de mesure :**

- Largeur de relevé : 2.50 m
- Distance entre capteurs : 0.2 m
- Précision des capteurs US : $3 \cdot 10^{-4}$ m
- Précision sur les indicateurs de déformations : $2.5 \cdot 10^{-3}$ m
- Précision du capteur de distance : < 0.1 %

- Pas d'échantillonnage fixe entre profil : paramétrable en fonction de la vitesse max. de mesure : $0.5 < \text{pas} < 10$ m
- Vitesse de mesure : variable en cours de mesure et limitée par le pas d'échantillonnage (ex : $V < 100$ km/h pour pas = 3m)
- Conditions extérieures : toutes sauf pluie et neige
- Alimentation en 12 volts sur batterie du véhicule
- Consommation : Température de fonctionnement : 0 °C à $+ 35$ °C
- Taux d'humidité (sans condensation) : 10 à 90 %

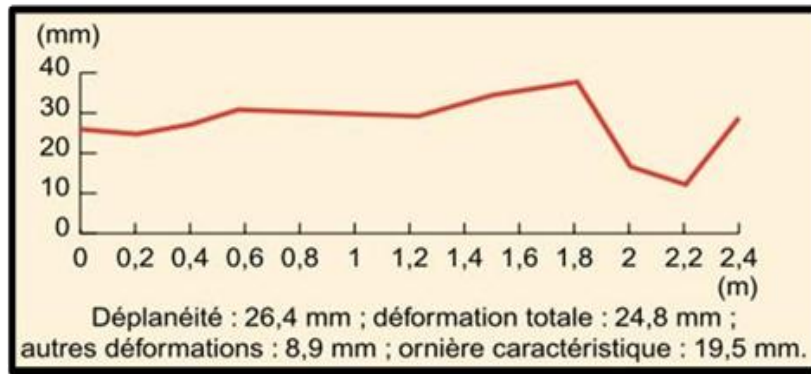


Fig.(II.15) Exemple de profil en travers individuel relevé par TUS

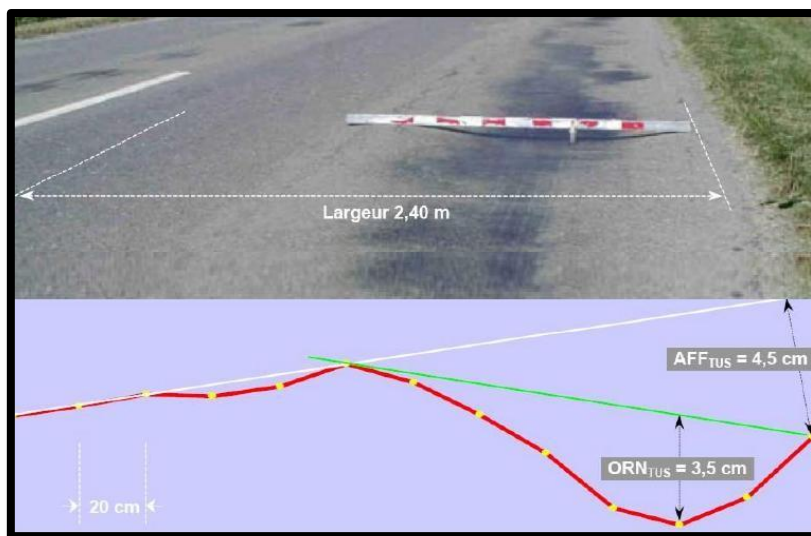


Fig.(II.16) Vue d'une rive de chaussée déformée et profil TUS correspondant

- **Le transversoprofilomètre à laser (PALAS) :**

Le transversoprofilomètre à laser permet de relever le profil en travers des chaussées sans contact, à vitesse élevée (jusqu'à 90 km/h), tous les 10 m en temps réel, sur une largeur de 4 m, sans débordement de matériel hors du gabarit du véhicule porteur.



Fig.(II.17) Le Transversoprofilomètre à laser (PALAS)

✓ Principe :

Le dispositif de mesure, installé sur un véhicule monospace (type Renault Espace), est constitué par :

- Un système de génération de nappe lumineuse plane (à base de diodes laser), interceptant la chaussée sous un angle de 15° en produisant une trace lumineuse transversale,
- Un système d'observation de la trace composé de deux caméras CCD,
- Un système d'analyse d'images qui génère un fichier des coordonnées des 175 points décrivant la géométrie des 4 m de la trace.

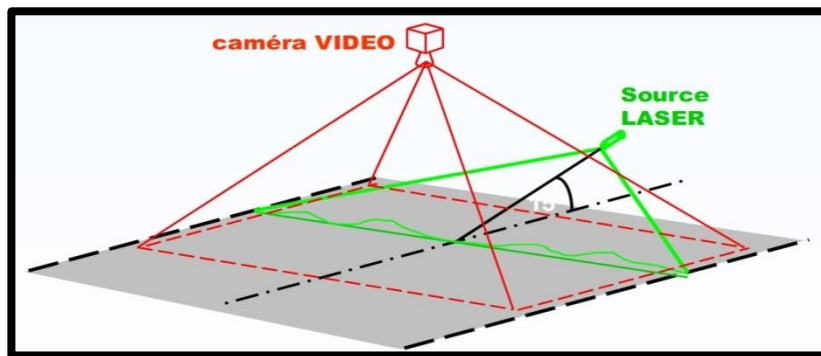


Fig.(II.18) *Principe de fonctionnement du PALAS.*

L'exploitation différée de ce fichier permet de calculer les profondeurs et largeurs des ornières, la déplanéité, le bombement, la déformation totale de chacun des profils. La mesure simultanée des roulis, tangage et cap du véhicule par un système gyroscopique permet de calculer le dévers du profil, les hauteurs d'eau retenues, et les rayons de virage.

✓ Caractéristique :

- Largeur de profil ausculté : 4m,
- Vitesse : 0 à 90 km/h,
- Mesure dans le flux de circulation,
- Pas de mesure : 10 m
- Données supplémentaires : orniérage → profil 3D de la chaussée,
- Contrainte : chaussée sèche

II.7 Etape 2: Découpage de l'itinéraire en zones homogènes :

II.7.a Implantation de zones témoins :

Une zone homogène fait référence à des données :

- De situations (agglomération ou rase campagne),
- D'histoire (structure, trafic, date de réalisation)
- De caractéristiques de la chaussée identiques.

Pour découper l'itinéraire en zones homogènes, il faut s'appuyer sur les pré-découpages issus :

- Dégradations,
- Déflexion,
- Rayons de courbures mesurées
- Drainage, géométrie et accotements dans le cas des chaussées souples traditionnelles.

II.7.b Le pré-découpage à partir des dégradations :

Ce pré-découpage s'effectue visuellement. L'itinéraire est subdivisé en sections élémentaires de longueur constante (généralement 100m). Sous forme d'un code graphique ou de couleur une classe de dégradation (Ex : orniérage : O_i) est affectée à chaque section correspondante selon la gravité.

Exemple :

Pour les types de chaussées souples, inverses et bitumineuses épaisses, les dégradations les plus importantes à prendre en compte pour le découpage sont dans l'ordre :

- Orniérage à grand rayon et affaissements
- Faïençage et fissurations.

II.7.c Le pré-découpage à partir des déflexions :

Deux méthodes sont offertes pour réaliser ce pré découpage :

- S'effectue visuellement en le comparant à la déflexion caractéristique
- Automatiquement selon le mode opératoire D1 de la méthode d'essai LPC n°39.

Dans ce second cas, le schéma itinéraire est découpé en sections élémentaires de longueur constante (plus souvent 100m) auxquelles on affecte, sous forme d'un code graphique ou de couleur, la classe de déflexion (D_i) correspondante.

II.7.d Le pré-découpage à partir du rayon de courbure :

L'itinéraire est subdivisé en sections élémentaires de longueur constante (100m), A chaque section, on affecte, sous forme d'un code graphique ou de couleur, une classe de rayon (R_i) correspondante.

II.7.e Détermination des zones homogènes :

Après la comparaison et l'analyse ainsi que l'agrégation (groupe) des différentes sections élémentaires, on caractérise les zones homogènes. A partir des dégradations, des déflexions et des rayons de courbure, on peut déterminer avec plus d'exactitude les extrémités des zones caractérisées.



Fig.(II.19) Exemple de découpage en sections élémentaires suivant les classes des différents paramètres

Pour chaque zone homogène ainsi définie on recalcule les pourcentages de dégradation et valeur caractéristiques (déflexion) pour l'ensemble de la zone.

II.7.f Visite pour implantation des sections témoins et observation des relations entre les paramètres relevés et l'environnement :

Afin de choisir une méthode de réhabilitation et de renforcement, il est nécessaire de savoir la différence entre les défauts concernant le corps de chaussée lui-même et les défauts extérieurs.

Les observations sur l'environnement de la chaussée permettent d'avoir une idée des risques de mauvais fonctionnement de l'assise pour les causes externes.

Malgré l'importance de ces observations, il n'existe pas de démarche méthodologique d'observation bien codifiée, comme dans le cas de dégradation de surface des chaussées. Des éléments complémentaires explicatifs pourront être recueillies, ils donneront le contexte de la situation, explicatifs de certains dégradations pour le diagnostic :

- Rase compagne :
 - Relief de l'itinéraire
 - Plate-forme (Déblai, Remblai)
 - Présence de nappe phréatique, circulation d'eau
 - Route de montagne :
 - Hétérogénéité de la plate-forme
 - Instabilité de pente
 - Etas de mur de soutènement,
 - Voie urbaine-travers d'agglomération :
 - Hétérogénéité de structure
 - Réseaux enterrées.

II.7.g Implantation des sections témoins :

Ces sections témoins doivent permettre de comprendre les origines des dégradations constatées. Pour cette raison des essais complémentaires (carottage et sondage) s'imposent.

Les contraintes de sécurité et d'exploitation de la route sont prioritaires dans le choix de l'implantation de ces sections. Une section témoin peut être l'ensemble de la section étudiée.

II.8 Phase 3 : Investigations complémentaires sur les sections témoins :**II.8.a Mesures de rayons de courbure sur zones témoins :**

La modélisation du comportement des structures bitumineuses épaisses à fort trafic et des structures à assise traités aux liants hydrauliques ou mixtes nécessitent la disposition de ce paramètre. Compte tenu de la dispersion de comportement pouvant être rencontrée, le nombre de point de mesure doit au minimum dépasser 10 par zone de 200 m.

➤ Sondages :

Les sondages doivent permettre de reconstituer une coupe transversale de la chaussée afin de cerner l'état et le comportement de la chaussée.

Un à deux sondages doit être réalisé sur chaque zone homogène pour les études en rase campagne avec un minimum d'un sondage par kilomètre sur les chaussées souples.

Pour les études en traverse d'agglomération, la structure est souvent très hétérogène et le nombre de sondages doit être plus important.

➤ Carottage :

Ils sont réalisés dans le but de définir les caractéristiques générales des couches liées de la section témoin telles que (la nature et l'état des matériaux, les épaisseurs, conditions aux interfaces...etc.), ainsi que détecter les origines et la propagation de la dégradation.

Lors des carottages, le relevé des informations se fait selon la méthode LPC 43, pour la qualification des matériaux ainsi que leurs interfaces. On distingue trois cas pour la qualité des interfaces :

- **Collées :**
 - bon accrochage,
 - bonne liaison ;
- **Semi-collée :**
 - liaison détruite au carottage,
 - paroi lisse au niveau de la liaison,
- **Décollée :**

- paroi avec formation d'une cavité au niveau de la liaison
- érosion des bords des deux couches concernées
- présence de pollution au niveau de l'interface

Les matériaux sont classés en cinq catégories : sain, médiocre, fissuré au mauvais, fragmenté, désagrégé. Cette classification se fera pour chaque sous-couche en tenant compte des trois éléments suivant : qualité de la carotte, qualité des parois, états de l'interface.

		Qualité de la carotte				
		Saine	Médiocre	Fissurée	Fragmentée	Désagrégée
Qualité de la paroi	Lisse	Sain 	Médiocre 	Fissuré 	Non rencontré	Non rencontré
	Granulats arrachés	Non rencontré	Mauvais 	Mauvais 	Fragmenté 	Désagrégé

Fig.(II.20) Classification des matériaux des sous-couches

Les essais d'ovalisation sont réservés aux routes à fort trafic, ils permettent :

- La vérification du fonctionnement de la structure (interfaces collés ou non),
- Le calage de la modélisation de la structure et la détermination des élongations à la base de la structure lorsqu'elle est couplée à la mesure du rayon de courbure et à un essai de module.
- La précision de l'évolution de structures présentant un bon comportement malgré un endommagement théorique.

II.9 Conclusion

Tout ingénieur concepteur doit prendre en considération la durée de vie d'une route, ainsi que l'apparition des changements sur son état après sa mise en œuvre, en préparant un programme de surveillance et de contrôle à fin d'arriver à faire les travaux nécessaires d'entretien et de renforcement éventuellement. Les relevés des dégradations sur le revêtement contribuent à l'élaboration du constat sur la qualité de Chaussée, pour définir une solution, il est nécessaire de faire la distinction entre :

- Ce qui imputable au corps de chaussée lui-même : défaut de conception, défaut de qualité de matériaux, défaut d'exécutions, fatigue sous trafic.
- Ce qui imputable à des causes externes : drainage du corps de chaussée.

A chaque relevé d'une route effectuées sur le site programmé, l'équipe doit être en sécurité en procédant aux mesurés nécessaire tel que : signalisation des véhicules, ou posé sur l'accotement, les agents portent des gilets spéciaux.

Chapitre III Etude de cas : Présentation du Projet

III.1 Introduction :

Le présent chapitre traite l'étude d'expertise de la route nationale RN14 entrant dans le cadre de l'opération de remise à niveau des routes nationales lancée par la direction des travaux publics de la wilaya de Tiaret. Ce chapitre englobe les résultats des différentes investigations menées au niveau du tronçon du PK : 118+000 au PK : 146+000.

Cette étude comprend essentiellement :

- Des informations générales sur la wilaya de Tiaret ;
- Un aperçu sur la géométrie de la route ;
- La nature des travaux réalisés au niveau de la route;
- L'Auscultation visuelle de la chaussée avec relevée de dégradations ;
- L'Auscultation de la structure de chaussée à l'aide de HWD (Mesure des déflexions) ;

L'Auscultation de la surface de la chaussée à l'aide de Profilomètre (Contrôle de l'uni);

- La Réalisation de saignées pour déterminer la nature et les épaisseurs du corps de chaussée;
- L'Analyse des matériaux constituant le corps de chaussée ainsi que le sol support.

Cette présentation du cadre de l'étude a permis de faire une reconnaissance générale sur la zone d'étude et vise à ressortir les problèmes majeurs de la route afin de permettre une évaluation.

III.2 Aperçu Général sur la Wilaya de Tiaret :

III.2.a Situation géographique et voies d'accès:

La wilaya de Tiaret est située au Nord-Ouest de l'Algérie, à 300km de la capitale, Tiaret est le point de rencontre entre différentes wilayas du pays, Tissemsilt et Relizane au Nord, Laghouat et El Bayadh au Sud-Est, Mascara et Saida au Sud-Ouest. Elle partage également, les frontières avec les wilayas de Djelfa et Médéa. La position géographique stratégique de la wilaya fait d'elle une zone de contact entre le Nord et le Sud mais également avec plusieurs wilayas du pays.

Elle se trouve à 219 km d'Oran, à 154 km de Mascara, à 253km de Mostaganem et à 291 km de Laghouat. On peut y accéder par voie routière et par voie aérienne :

Par route, à partir d'Alger via Tissemsilt (RN14), Oran via Relizane (RN23) ou via Mascara (RN91), Béchar via Saida (RN14), et Constantine et Sétif via Djelfa (RN40).

La wilaya est aussi, dotée d'un réseau routier reliant les différentes localités entre elles et Tiaret. Ce sont des routes de Wilayas, Communales et vicinales.

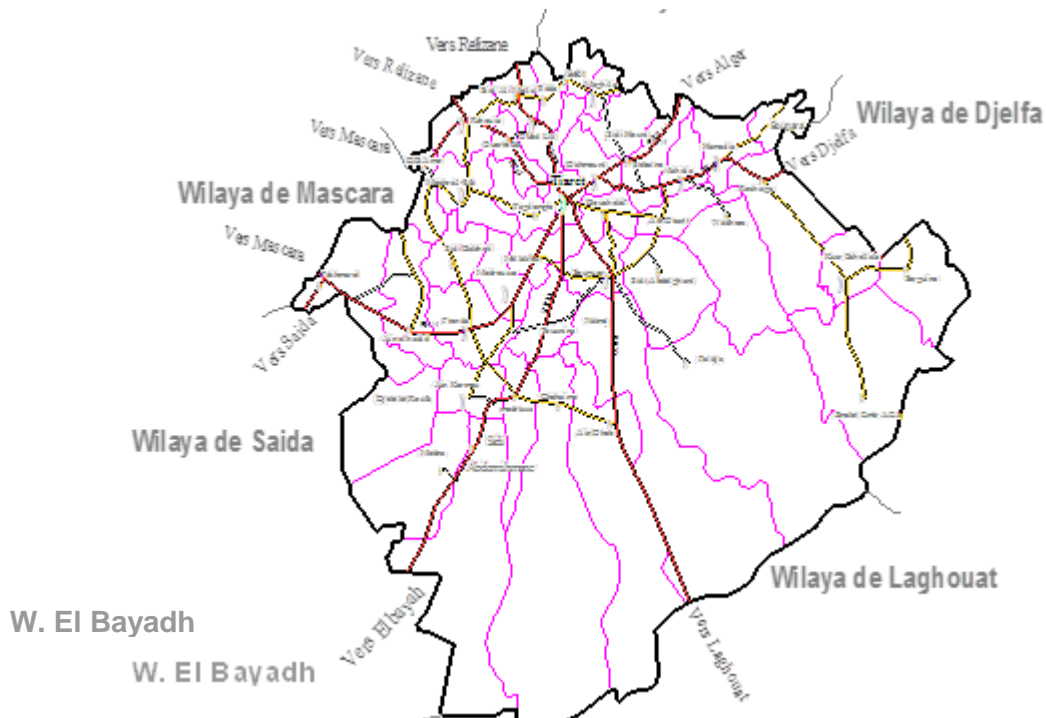


Fig.(III.1) Les limites de la wilaya de Tiaret

III.2.b Topographie et morphologie :

La wilaya de Tiaret présente une diversité d'unités naturelles qui caractérisent les deux grands ensembles morphologiques : l'Atlas tellien et les hautes plaines du Nord au Sud, nous distinguons :

- **Une chaîne de piémonts** : constituant méridional de l'Ouarsenis (Dj. Bechtout, Dj. Si Maarouf, Dj. Mahnoun, Dj. Guedééle) à orientation Est- Ouest fortement érodée, et de fortes pentes.
- **Un domaine tabulaire** : vaste s'étendant au pied de l'Ouarsenis où prédomine des formes planes emboîtées entre 800 et 1000m ; appelé communément « le plateau du sersous »
- **Les monts de Frenda** : un ensemble montagneux d'altitude moyenne 1200m qui prolonge localement les monts de Saida, au relief modéré et localement boisé.

- **Le haut plateau** : constituant lui- même une vaste plaine regroupant la cuvette du chott Chergui à l'Ouest et le chaînon du Nador (Dj. Nador, Dj. N'sour, Dj. Es Safah, Dj. Chemeur, Ras Sidi Atallah).

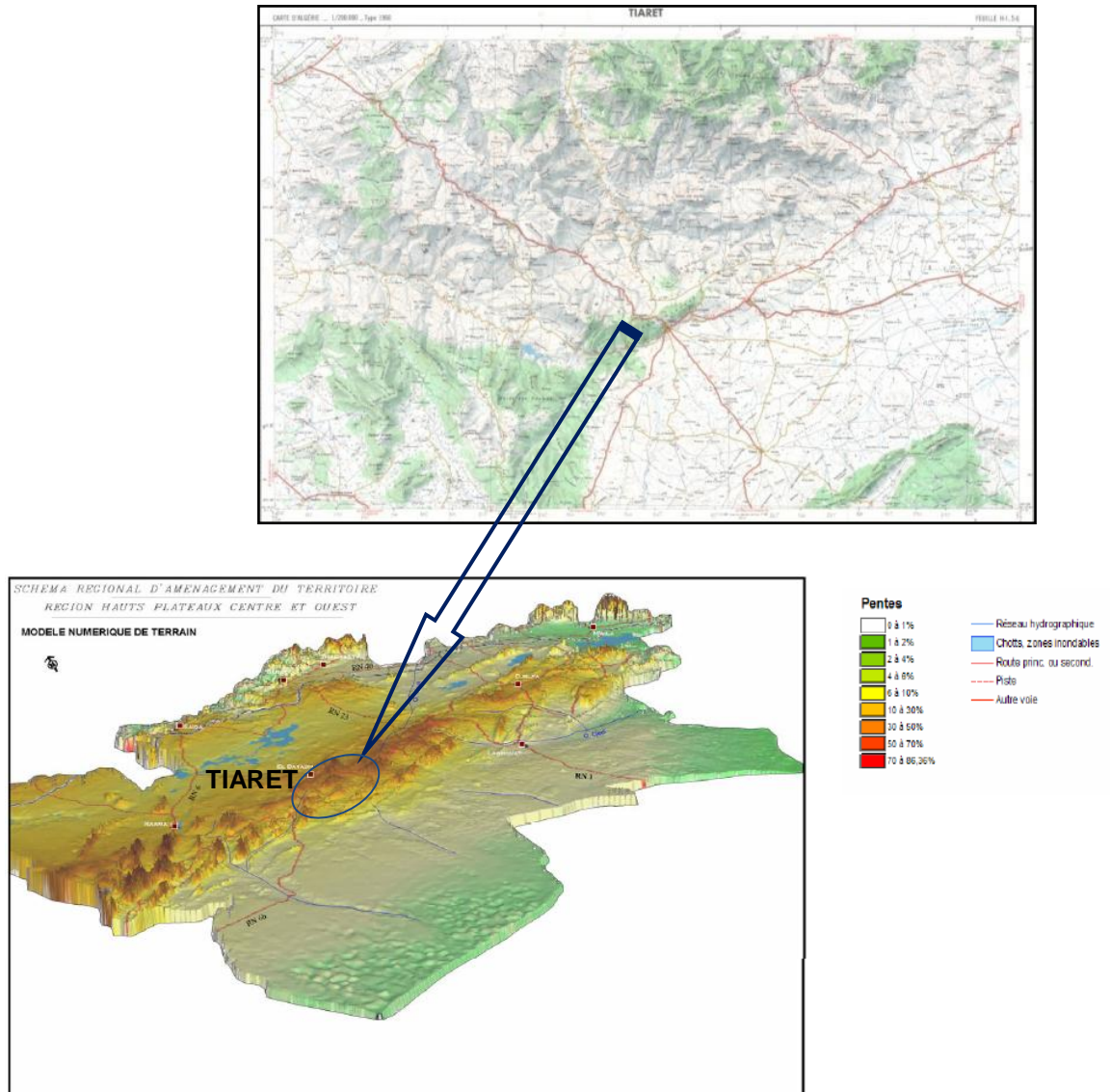


Fig.(III.2) Topographie et morphologie de Tiaret

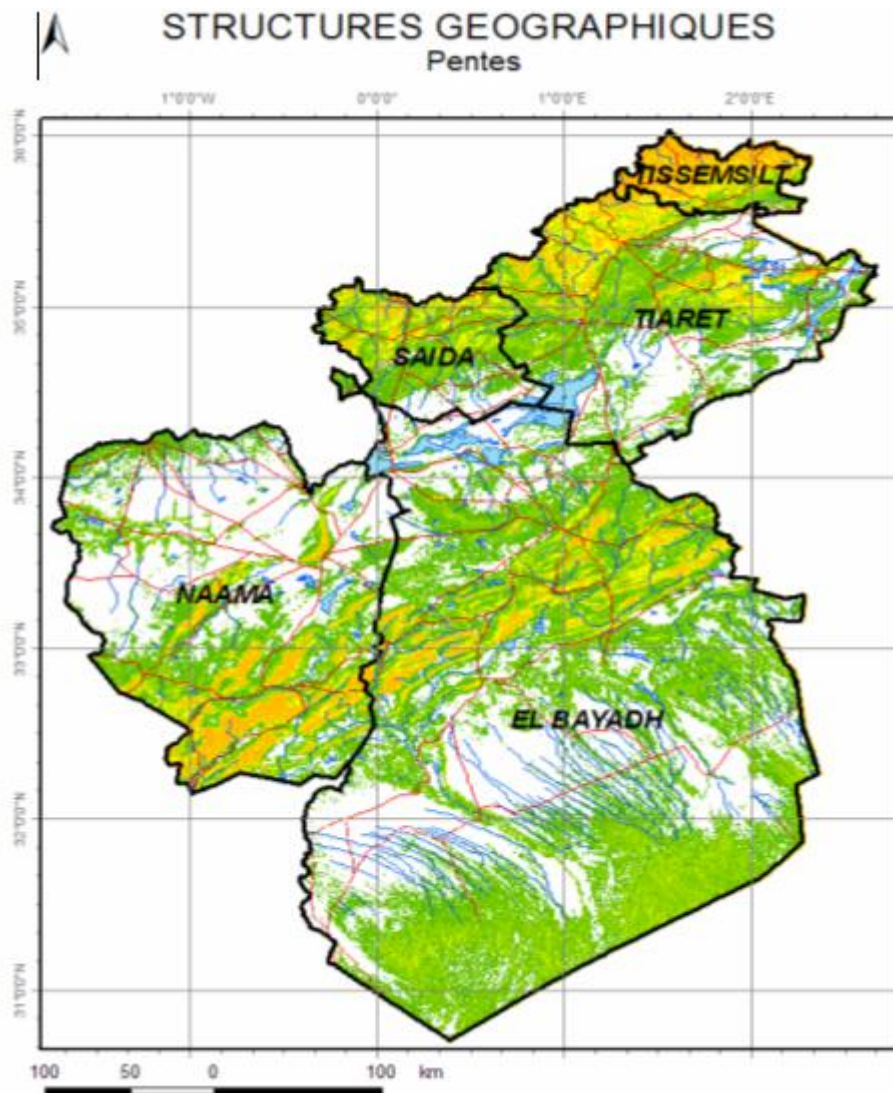


Fig.(III.3) Carte des pentes

III.2.c Climat :

La wilaya de Tiaret se trouve entre 700 et 1200 m d'altitude, son climat se caractérise par 02 périodes à savoir : un hiver rigoureux et un été chaud et sec avec une température moyenne de 37,2°C. Un été chaud et sec avec une température moyenne de 24°C. En période normale la wilaya de Tiaret reçoit 300 à 400 mm de pluies par an, avec une fluctuation saisonnière de la pluviométrie allant de 157 mm en hiver à 31 mm en été. Elle appartient à l'étage bioclimatique semi-aride inférieur à hiver frais où le climat est du type méditerranéen.

Le relief qui est hétérogène, est matérialisé par :

- Une zone de montage au Nord ;
- Des hautes plaines au Centre ;
- Des espaces semi-arides au Sud (68,44%) ;

Les chaînes montagneuses et les piémonts, comme indiqué précédemment, qui apporte des températures froides en hiver et chaudes en été en raison d'un fort ensoleillement.

Le climat de la partie Nord est de type méditerranéen compte tenu de sa situation par rapport à la mer (100km environ en vol d'oiseau). Par contre celle de la partie sud est continentale.

Les faibles précipitations, qui résultent de l'effet de barrière que constitue l'Atlas Tellien et qui peuvent tomber en hiver dans ce dernier sous forme de neige.

Le climat de la wilaya se caractérise principalement par :

- Un régime de précipitations faibles à très faibles accompagnées de températures élevées.
- Gelées d'hiver et de printemps importantes.
- Vents chauds et secs en été.

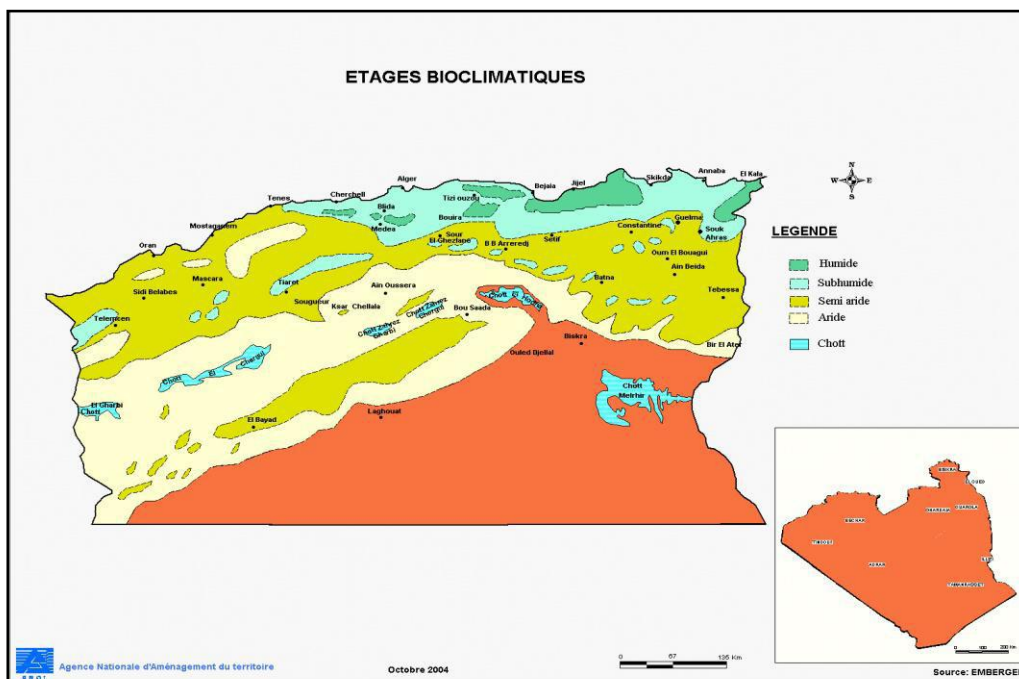


Fig.(III.4) Etages bioclimatiques

L'analyse des données pluviothermiques de la région de Tiaret de la période 1984-2015 montre nettement la variabilité interannuelle de la pluviométrie et sa tendance à la baisse, en plus d'une dispersion croissante dans le temps qui a pour origine la grande irrégularité des épisodes excédentaires et déficitaires

Tab. (III.1) Précipitations moyennes annuelles de Tiaret

Précipitations moyennes annuelles												
Mois	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
P(mm)	39.9	39.9	35.1	35.9	28.2	11.8	3.4	9.4	33.0	31.3	42.8	35.5
T°C	6.1	7.0	9.5	11.9	16.3	21.9	26.3	26.1	21.3	16.6	10.6	7.3

La période 1984-2015 a enregistré des tranches pluviométriques en dessous de la moyenne (Pr moy = 342,6 mm) durant une quinzaine d'années ; les dix-sept autres étaient plus ou moins humides. Elle s'est caractérisée respectivement par une sécheresse légère à modérée et une humidité légère à modérée. Elle est marquée par une période sèche de sept mois, une température minimale de -3,2 °C et une température maximale de 37,2 °C.

Le graphique de l'évolution de l'indice de pluviosité a permis de constater que les épisodes de sécheresse de 1984 à 1995 et de 1998 à 2002 sont d'une intensité allant de légère à modérée. La succession des années humides ont fait suite à celle des années sèches depuis 2003 jusqu'à 2014.

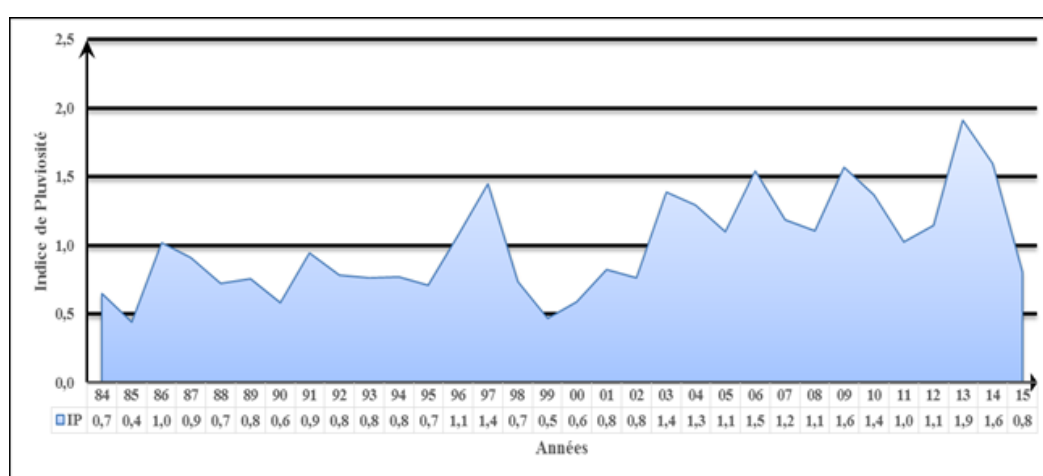


Fig.(III.5) Indice de Pluviosité (IP) durant la période 1984-2015

Tab. (III.2) Les Températures minimales et maximales de Tiaret

Températures minimales et maximales												
Mois	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
T min (C°)	-09	-11	-07	-04	-02	01	07	05	02	-02	-06	-09
T max (C°)	23	25	30	34	40	41	44	41	40	36	29	25

Comme en témoigne le tableau ci-avant, on remarque que Juillet est le mois le plus chaud de l'année et Janvier est le mois le plus froid de l'année. Selon la station météo de Tiaret, le record de chaleur est de 44 C° enregistré le Dimanche 14 Juillet 1999 et le record de froid est de -11 C° enregistré le Mercredi 15 Février 2012.

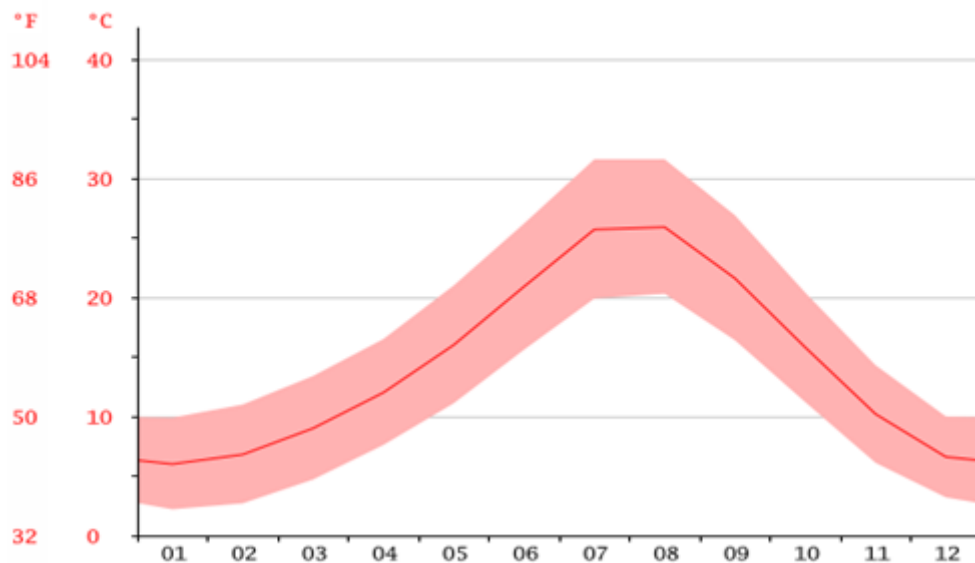


Fig.(III.6) Courbe de température de Tiaret

III.2.d Géologie et hydrogéologie de la région :

La région de Tiaret est limitée par la vallée du Cheliff au Nord, par les Monts de Frenda à l'Ouest, par le bassin du Chott Chergui au sud, et par le plateau du Sersou à l'Est.

La région est constitué par :

- L'unité tertiaire tellienne formant la terminaison Sud Est du massif de l'Ouarsenis. Elle est constituée surtout de terrain marneux très plissés, et fracturés. Les niveaux aquifères sont grésocalcaire s'allongent d'Ouest en Est près de Tiaret, et qui semble contenir une nappe se manifestant par des sources de quelques litres-secondes. Compte tenu de la structure des couches (anticlinal), il s'agit de nappes perchées.
- L'unité jurassique, formée par de puissantes assises grésodolomitiques du jurassique supérieur. Ce sont des terrains quasi horizontaux entaillés par de larges vallées, notamment dans la partie Ouest (région de Frenda). Ces formations contiennent quelques nappes perchées, donnant naissance à de petites sources de faible débit.
- L'unité crétacée, représenté par le crétacé inférieur et moyen, constitué de marnes et de grès, et le crétacé supérieur calcaréo-dolomitique. Ce dernier renferme, au Sud de Tiaret, une nappe aquifère qui s'étend jusqu'au plateau du Sersou.

La partie centrale de cette unité hydrogéologique est composé de crétacé supérieur (Coniacien et Santonines) calcaire tandis que les parties Nord et Nord-Est extrême sont composés de grès et de poudingues de miocène moyen et supérieur (Vindobonien).

On reconnaît trois grandes zones pour les réservoirs dont les principales formations sont ;

- Dans la zone septentrionale ou l'essentiel du réservoir se trouve dans les "Grès de Tiaret". Les grès et les argiles miocènes déterminent un aquifère à nappe libre ; les grès représentant le réservoir et les argiles le substratum imperméable la limite entre ces deux formations matérialisées par la ligne de source connue dans la région.
- Dans la zone de transition entre la partie septentrionale et la partie centrale, c'est-à-dire dans le synclinal de Djillali Ben-Amar constitué essentiellement des conglomérats du jurassique supérieur et des éboulis de piémonts de la base du miocène.
- Du point de vue hydrogéologique, ces formations ne contiennent que l'écoulement hypodermique qui est surtout actif au moment des pluies et qui contribue d'une manière assez importante à l'écoulement superficiel de l'Oued Mina. Les éboulis matérialisent le cœur du synclinal avec un allongement global SW-NE.

Dans la partie Est de la zone centrale c'est-à-dire essentiellement dans la formation marno-calcaire du crétacé.

- Les calcaires fissurés, d'âge crétacé supérieur, constituent le plus grand réservoir de la région du point de vue étendue.
- La particularité de ce réservoir sont les fissures qui représentent le milieu approprié pour le stockage de l'eau souterraine.
- La nappe des calcaires fissurés se situe presque entièrement dans le crétacé supérieur et constitue de ce fait la surface subtabulaire du bassin versant de la Haute-Mina, c'est-à-dire la partie Est de la zone centrale.
- La partie Ouest est également constituée par une petite partie du crétacé supérieur seulement la fragmentation de cette partie à donner libre cours à l'érosion ce qui a fait apparaître en premier lieu les formations de crétacé inférieur et moyen marquées par un ravinement très prononcé. Cet aspect a d'ailleurs favorisé la fixation d'une végétation intense.

L'hydrogéologie de la région d'étude est caractérisée par un aquifère discontinu à porosité de fissure et karstique. Les principaux horizons aquifères suivants sont:

- Les dolomies et calcaires kimméridgien.
- Les calcaires et grès du Tithonique.

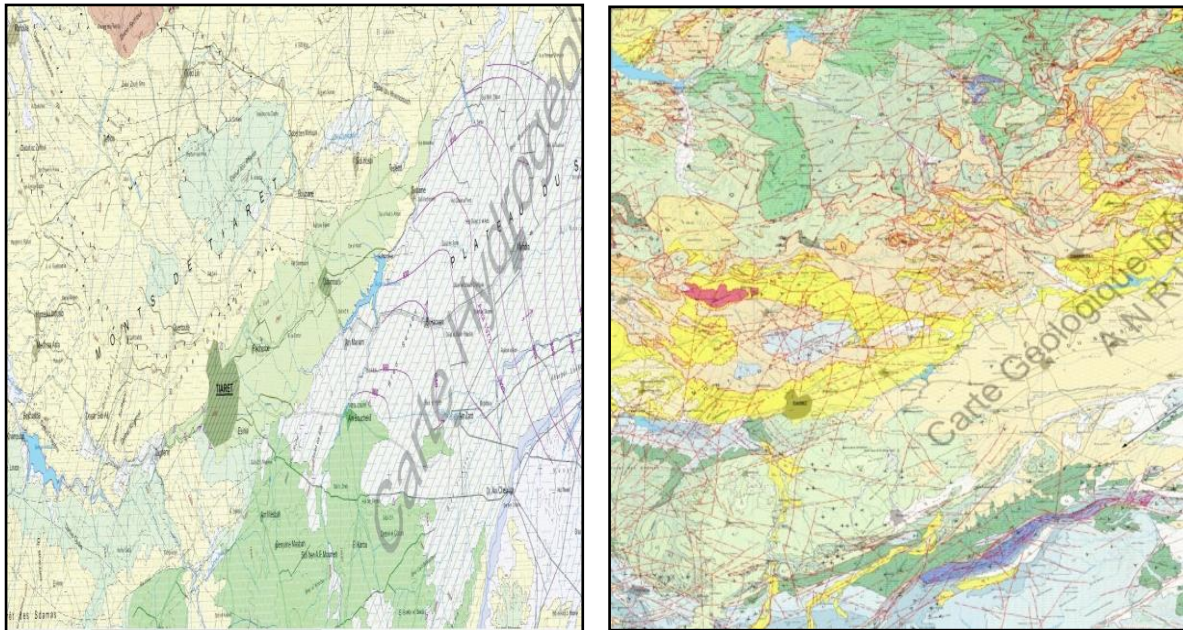


Fig.(III.7) Extrait des cartes géologique et hydrogéologique de Tiaret

III.2.e Tectonique :

Le plateau du Sersou correspond à un vaste synclinal (ensellement pré-tellien) comblé par des dépôts de crétacé et du tertiaire.

Au Sud ce synclinal est limité par le vaste anticlinorium du Djebel Nador. Le noyau anticlinal dans l'alignement des Djebels Ben Ennasour, Es sefah et charmeur, et plus à l'Est des djebels Métales et Hammadé sont marquées par un important accident, relevant les formations du lias et provoquant d'importants pointements de trias.

Plus au Nord au centre du plateau apparaissent des structures isolées, notamment la structure jurassique du Djebel Rechaiga à laquelle on est tenté de relier les pointements du trias qui apparaissent plus au Nord-Est au milieu du recouvrement pliocène Koudiat Fedoul et ES Zerga.

Il semble donc qu'une autre structure en gros parallèle à la structure Nador. Chellal existe sous le recouvrement pliocène en prolongement de l'axe anticlinal de Tiaret.

L'ensemble des plissements jurassiques et crétacés présentent une orientation générale Sud-Ouest et Nord-Est.

Au nord du synclinorium du Sersou les formations éocène-oligocènes peuvent se rattacher à un ensemble allochtone (nappe sud –tellienne)

La région de Tiaret Est, a priori, peu concernée par les risques sismiques. Les cartes montrent que la région a été touchée, de Septembre 1973 à Juillet 2006, par un nombre très

restreint de séismes, d'amplitude faible à modérée. Cependant cet aléa ne peut y être considéré comme tout à fait négligeable, en raison de la proximité de la partie Nord de la wilaya avec celle des wilayas à aléa sismique notable.



Fig.(III.8) Les plus importants séismes d'Algérie entre 1900 à 2003

D'après le RPA 99 version 2003, la région de Tiaret est située dans la zone de faible sismicité (Zone I).

III.3 Description générale du tracé :

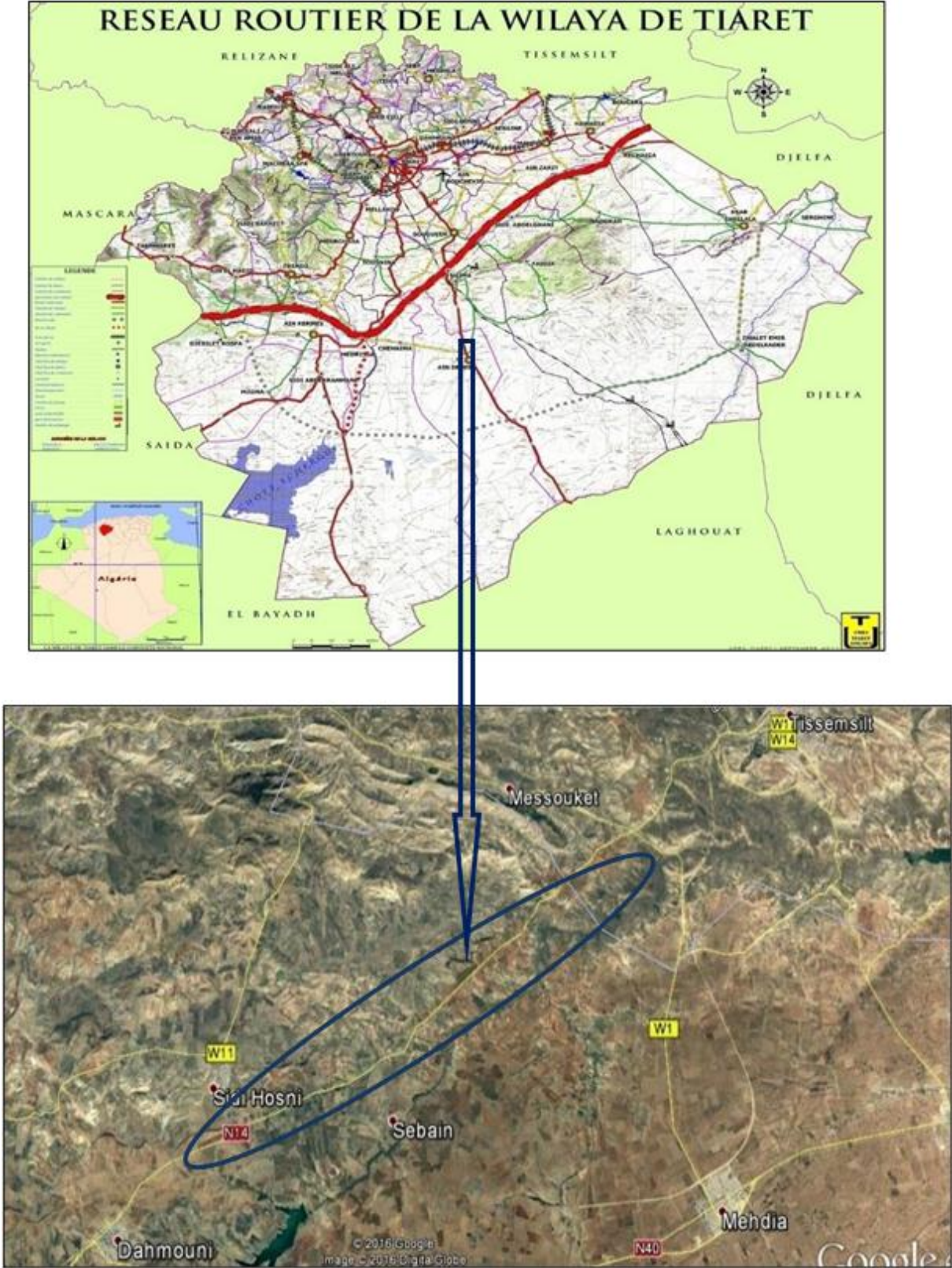


Fig.(III.9) Situation du tracé investigué

III.3.a Historique de la route:

La route nationale N°14 est une route du temps coloniale (ancienne) créée en 1909 appelé à l'époque la route de l'OUARSENIS qui a pour longueur totale 154 km, elle prend naissance de la ville de Miliana passant par Khemis Meliana, Theniet el Had, Tissemsilt, Tiaret, Frenda en arrivant à Mascara.

La section objet de notre étude démarre du PK 118+000 (limite wilaya de Tissemsilt) jusqu'au PK 146+000 (entrée de la commune de Dahmouni) en traversant la localité de Taslemt.

III.3.b Morphologie du tracé:

Le relief du tracé investigué passe d'une légère planéité entre Dahmouni et Sidi Hosni avec des faibles rampes et pentes entre Sidi Hosni et Taslemt, puis passe par une dépression jusqu'à la limite wilaya de Tissemsilt caractérisée par une sinuosité moyenne. Les sols traversés par ce tronçon de route sont composés de :

-Entre limite wilaya de Tissemsilt et lieu dit''Dhehar el Hedjadj :

Des conglomérats consolidés formés de galets à matrices gréseuses parfois pourvues de passages de calcaire argilo-sableux (tuf).

-Entre lieu dit''Dhehar el Hedjadj''et l'intersection CW03 (Sidi Hosni)'' :

Des argiles verdâtres à passées gréseuses avec le passage localisé de calcaire argilo-sableux (tuf).

-Entre l'intersection CW03 (Sidi Hosni) et l'entrée de Dahmouni'' :

Des argiles gréseuses jaunâtres parfois sableuses.

III.3.c Géométrie du tracé:

Il s'agit d'une chaussée bidirectionnelle à 02 voies de circulation avec une largeur revêtue moyenne de 7m et une largeur moyenne de 1.50m pour les accotements.

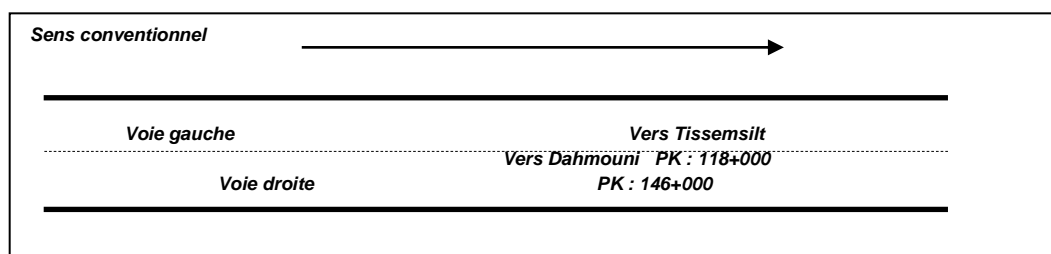


Fig.(III.10) Schéma du tracé investigué

Le tronçon investigué était l'objet des différentes interventions effectuées dans le cadre de plusieurs opérations lancées par les services de la direction des travaux publics de la wilaya de Tiaret, à savoir :

-En 1995 : Modernisation par rectification des virages et élimination des sommets de côtes.

-En 2005 : Revêtement en béton bitumineux entre le PK 118+000 au PK 133+000, entre le PK 136+000 au PK 139+000 et entre le PK 143+800 au PK 147+200.

-En 2010 : Revêtement en béton bitumineux entre le PK 118+000 au PK 146+000.

- **Largeur de la route :**

Le tableau ci-après récapitule les différentes mesures effectuées au niveau de la section sus-citée.

Tab. (III.3) Mesure de largeur de la route

Localisation des sections PK	Nombre de voie	Largeur de chaussée Revêtue (m)	Largeurs des accotements	
			Bande Droite (m)	Bande Gauche (m)
118+000	2	8	1	2
119+000	2	7.5	1	1
120+000	2	7.5	1.5	1.5
121+000	2	7.5	1	1.5
121+400 (Cimetière Dhehar el Hedjadj)	2	7.5	2	2.5
122+000 (Route menant à douar Dhehar el Hedjadj à partir du PK121+700)	2	7.5	1.5	1
123+000	2	7.5	1.5	1.5
124+000	2	7	1	1
125+000	2	7.5	1.5	2
126+000	2	7	2	1.5
127+000	2	7	1.5	1
128+000	2	7	1.5	1.5
129+000	2	7	1.5	1.5
130+000 (Station de service PK130+300)	2	6.5	1.5	1.5
131+000 (Cimetière Sidi Rekhaisse PK131+100)	2	6.5	1.5	1.5
132+000	2	7	1.5	2.5
133+000	2	7	1.5	1
134+000	2	7.5	1	1
135+000	2	7	1.5	1.5
136+000	2	6.5	0.5	0
136+700 (Intersection RN14/CW3 Sebaine)	2	7	Trottoirs	Trottoirs
137+000 (Tasselemt du PK136 au PK137)	2	7	2	1
138+000	2	7	1	1
139+000	2	7	1.5	1.5
140+000	2	7	1.5	1

140+200 (Intersection RN14/CW03 Sidi Hosni)	2	19	CW03	bordures
141+000 (Sablière Benferhat PK140+700)	2	7	1	1
142+000	2	7	2	2
143+000 (Chemin de Kaf M'Zab PK143+500)	2	7	1	0.5
144+000	2	7	1	1
146+000	2	10	0.5	2



Fig.(III.11) Mesures de la géométrie de la chaussée.

• **Positionnement des bornes kilométriques :**

Pour connaître la position exacte des points kilométriques, nous avons effectué leur localisation moyennant un appareil GPS aboutissant aux coordonnées UTM suivantes :

Tab. (III.4) *Positionnement des bornes kilométriques*

PK	Les coordonnées des PK (UTM)	
	X	Y
118+000	0384332	3936115
119+000	0383501	3935699
120+000	0382661	3935225
121+000	0381996	3934587
122+000	0381196	3934080
123+000	0380565	3933348
124+000	0379863	3932840
125+000	0379325	3932090
126+000	0378531	3931579
127+000	0377740	3931004
128+000	0377025	3930414

129+000	0376270	3929757
130+000	0375522	3929146
131+000	0374853	3928483
132+000	0374145	39227903
133+000	0373593	3927157
134+000	0372693	3926909
135+000	0371934	3926334
136+000	0371066	3925920
137+000	0369612	3925545
138+000	0368721	3925131
139+000	0367835	3924824
140+000	0366869	3924411
141+000	0366009	3923970
142+000	0365062	3923661
143+000	0364122	3923357
144+000	0363256	3922855
145+000	0362445	3922313
146+000	0361930	3921480



Fig.(III.12) Mesures de la géométrie de la chaussée(PK).

Nous avons constaté lors de nos différents levés des distances entre les bornes kilométriques via le compteur métrique intégré au véhicule, la présence d'un décalage qui varie de 20 à 50 mètres.

• **Les intersections rencontrées le long du tracé investigué:**

Notre tracé est en contact direct avec plusieurs routes et localités. Ces chemins sont :

- Au PK121+700 : Route menant à douar Dhehar el Hedjadj ;
- Du PK136 au PK137 : localité de Taslemt ;
- Au PK: 136+700: Intersection RN14 et CW3 menant à Sebaine ;

- Au PK: 140+200: Intersection RN14 et CW03 menant à Sidi Hosni;
- Au PK : 143+500 : Intersection RN14 et Chemin menant à Kaf M'Zab



Fig.(III.13) Les intersections avec le tracé investigué.

Les sinuosités du tracé investigué:

Tab. (III.5) Localisation des sections de sinuosités

Sinuosité de la route	Localisation des sections
	135+200 au136+300
	139+300 au139+500
	139+800 au140+200
	142+000 au142+100
	142+700 au143+200
	144+900 au145+200



Fig.(III.14) La sinuosité du tracé investigué.

On a remarqué une sinuosité au niveau du tracé parcouru qui est d'environ 02km ce qui représente 7% de la longueur du tracé. Elle est moyenne avec la quasi-totalité des sections portées dans le tableau ci-avant présentent des points singuliers et noirs avec une visibilité plus en moins moyenne.



Les points noirs du tracé investigué.



Fig.(III.15) Les points noirs du tracé investigué

III.3.d Etat des éléments de dépendances et les données d'assainissement:

Tab. (III.6) Localisation et Etats des ouvrages busés

Localisation des sections(PK)	Type de l'ouvrage	Hauteur /Diamètre (mm)	Etat de l'ouvrage
119+050	Busé	600	Bon
119+600	Busé	600	Bon
120+100	Busé	600	Mal entretenu
120+800	Busé	800	Bon
122+150	Busé	600	Mal entretenu
122+800	Busé	1000	Bon
123+300	Busé	600	La tête d'ouvrage fissurée et mal entretenue
124+200	Busé	600	L'ouvrage mal entretenu
125+800	Busé	600	Mal entretenu
127+900	Dalot	500×500	Mal entretenu
128+600	Dalot	500×500	Mal entretenu
129+100	Dalot	500×500	Bon
129+700	Dalot	500×500	Bon
130+300	Dalot	500×500	Mal entretenu (côté gauche)
130+600	Dalot	500×500	Bon
131+600	Aucun dispositif d'assainissement		
132+300	Busé	1000	La tête dégradée et mal entretenu
132+500	Aucun dispositif d'assainissement		
133+050	Dalot	1000×1500	Mal entretenu
133+400	2 × Dalot	1500×1000 500×1000	Mal entretenu
134+100	Dalot	3000×3000	Bon
135+600	Busé	1000	La tête dégrade (côté droit)
136+500	Busé	400	Mal entretenu
137+500	Busé	1000	Dégradation du crépissage et mal entretenu
138+000	Busé	1000	La tête dégradée (côté droit) et Dégradation de crépissage (côté gauche) et complètement bouché
138+200	Busé	1000	Mal entretenu
138+800	Busé	1000	Dégradation du crépissage et mal entretenu
139+300	Dalot	1000×1000	Mal entretenu et la tête dégradée
139+800	Dalot	1000×1000	Mal entretenu et la tête non crépissé
140+300	Dalot	1000×1000	Mal entretenu
141+000	Dalot	5000×1000	Mal entretenu
141+900	Dalot	1000×1000	Mal entretenu
144+050	Dalot	500×1000	Mal entretenu et la tête non crépissé
144+150	Dalot	1000×1000	Mal entretenu
145+800	Busé	1000	Bon

Ouvrage buse pk 119+050 côté droit, $\varnothing 600$, bon état



Ouvrage busé PK 122+150 côté droit, $\varnothing 600$, mal entretenu



Ouvrage busé PK 125+800 côté gauche, $\varnothing 600$; mal entretenu



Dalot PK 127+900 côté droit
D = 0.50x0.50 mal entretenu



Dalot PK 139+300 côté gauche
D = 1.00x1.00 ; mal entretenu et la tête dégradée



Dalot PK 128+600 côté gauche
D = 0.50x0.50 ; mal entretenu



Ouvrage busé PK 144+150 côté droit, D = $\varnothing 1000$; mal entretenu



Dalot PK 139+800 côté droit
D = 1.00x1.00 en bon état, mal entretenu et la tête non crépissée



Dalot PK 141+000 côté droit
D = 1.00x1.00 ; mal entretenu



Fig.(III.16)

Les photos des ouvrages busés du tracé investigué.

La majorité écrasante des ouvrages busés réparties sur le long du tracé investigué sont mal entretenue, ou bien bouché à la moitié ainsi que les anciens ouvrages de forme carrée à rectangulaire sont dans un état de dégradation avancé.

- **Localisation et état des fossés :**

Tab. (III.7) Localisation et état des fossés

Localisation des sections(PK)	Type de l'ouvrage	Côté	Etat de l'ouvrage
135+400 au 136+400	Fossé bétonné	Deux côtés	Bon, nécessite un curage
138+100 au 138+200		Gauche	
138+100 au 139+500		Droite	
140+900 au 142+050		Droite	
142+000 au 142+300		Gauche	

Nous avons constaté que sur l’itinéraire parcouru, les fossés bétonnés se trouvent à partir du PK : 135+500 (entrée de Taslemt) jusqu’ au PK : 144+000 (entre l’intersection du RN14-CW03 menant à Sidi Hosni et l’entrée de Dahmouni), leurs états sont bon mais mal entretenus (Voir les photos ci –après)



Fig.(III.17) Les photos fossés bétonnés du tracé investigué.

• **Localisation et état des talus et les zones de remblais :**

Tab. (III.8) Localisation et état des talus et les zones de remblai

Localisation des sections(PK)	Côté	Etat
Talus		
118+500 au 118+800	Deux côtés	Stable
119+300 au 119+500	Gauche	
119+700 au 119+900	Deux côtés	
120+200 au 120+400	Deux côtés	
121+000 au 121+400	Droite	
123+100 au 123+200	Deux côtés	
123+300 au 123+700	Gauche	
124+900 au 125+200	Deux côtés	Stable
125+400 au 125+700		
125+800 au 126+000		
131+600 au 132+100		
132+400 au 132+600	Gauche	
133+700 au 133+800		
137+700 au 137+800		
Zones de remblai		
118+900 au 119+200	/	Stable, absence du gabionnage
120+500 au 120+800	/	
121+800 au 122+400	/	
122+700 au 123+000	/	Stable, absence du gabionnage avec la présence d'une source d'eau au PK : 123
123+200 au 124+800	/	Stable, absence du gabionnage
125+200 au 125+400	/	
125+700 au 125+800	/	
131+200 au 131+600	/	
132+600 au 132+700	/	
133+000 au 133+600	/	
134+500 au 134+800	/	
135+500 au 136+400	/	
137+800 au 138+100	/	
138+200 au 138+800	/	
139+200 au 139+400	/	
145+700 au 146+000	/	



Fig.(III.18) *Les zones de remblai sur long du tracé.*

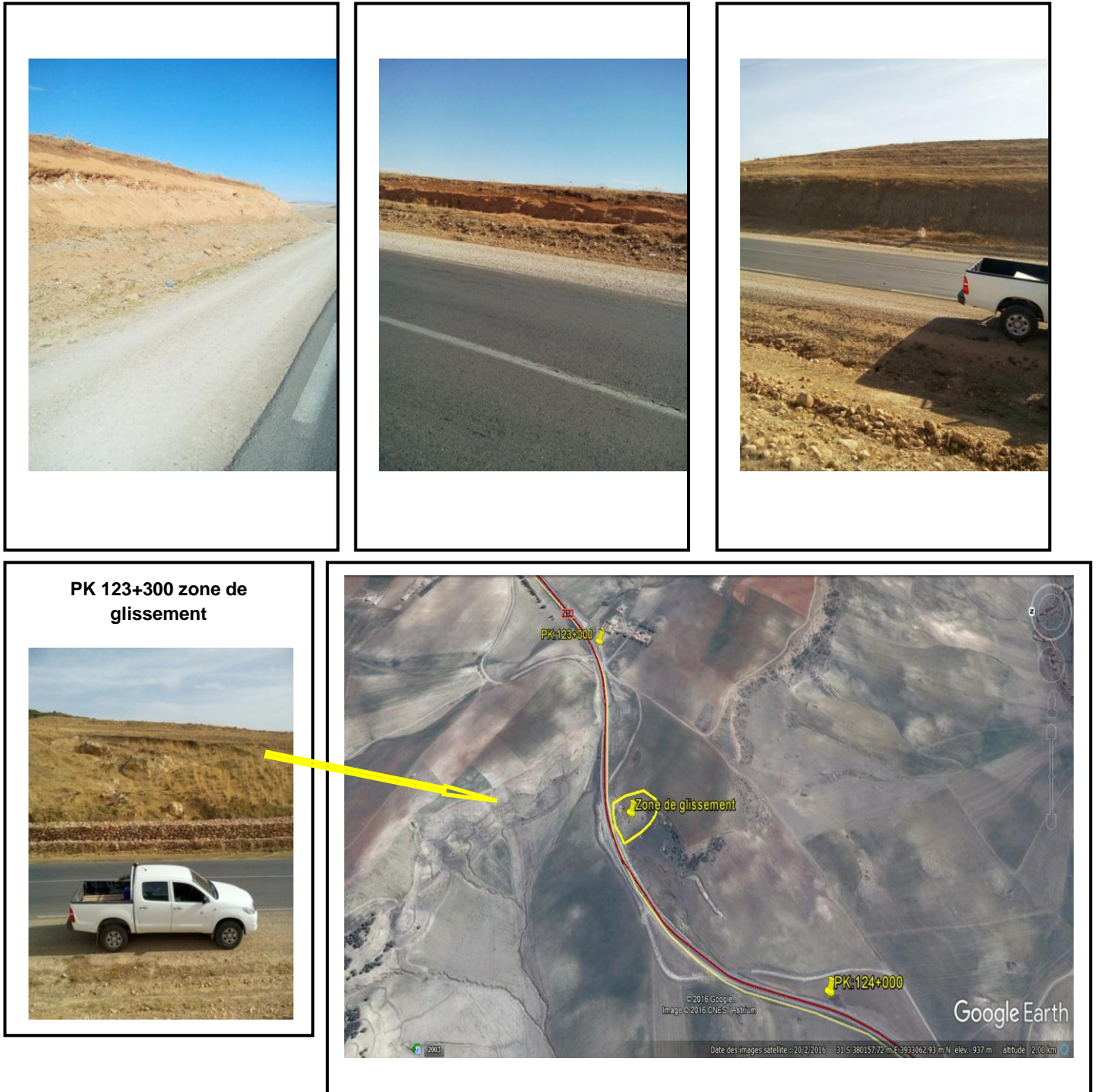


Fig.(III.19) Les zones de talus sur long du tracé.

III.4 Signalisations et l'état des glissières:

III.4.a Signalisation horizontale:

Elle regroupe les différentes marques sur la chaussée, ont pour fonction de guider l'utilisateur. Elles donnent quatre (04) types d'informations :

- La répartition des espaces de déplacement ;
- Les règles de conduite ;
- Le jalonnement ;
- Le stationnement.

La signalisation horizontale du tracé est composée d'ordre générale des :

- Les lignes discontinues et des lignes continues ;
- Les lignes des rives sur route pour permettre l'arrêt ou le stationnement.
- Au niveau de l'intersection RN14/CW03 menant à Sidi Hosni, on trouve un marquage sous forme de zébras, composé de hachures blanches délimitant une partie de la chaussée.

Sur le long du tracé, nous avons constaté que les lignes discontinues sont sur un linéaire de 14700 mètres occupant 53 % du tracé objet d'étude et les lignes continues sont 13300 soit 47%. La signalisation horizontale de notre tracé est caractérisée par :

- Vieillesse naturelle du film ;
- Des médiocres performances de rétro réflexion et de colorimétrie.



Fig.(III.20) L'état de la signalisation horizontale.

III.4.b Signalisation verticale:

Elle est composée de ce que l’on appelle communément les “panneaux de signalisation routière” implantés directement aux abords des chaussées.

Celles-ci a pour but de guider les conducteurs sur la route en délivrant un message intelligible par tous pour assurer le confort et la sécurité des usagers. C’est aussi un moyen de faire connaître le patrimoine local et de faciliter le tourisme. Sur notre tracé, la signalisation verticale traite notamment les éléments suivants :

- Panneaux de signalisation routière permanents;
- Panneaux de signalisation verticale;
- Panneaux à messages variables;

Sur le long du tracé, nous avons constaté la présence de plus de 200 panneaux dispatchés sur les deux côtés de la route indiquant les différentes situations.

Selon les trois (03) catégories de performance : la résistance mécanique, les performances de rétro-réflexion et colorimétrie et la durabilité du film. On peut classer ces panneaux selon leurs états : acceptable, moyen et dégradé.



Fig.(III.21) Panneaux de la signalisation verticale en bon état.



Fig.(III.22) *Panneaux de la signalisation verticale en état moyen.*



Fig.(III.23) *Panneaux de la signalisation verticale en état dégradé.*

III.4.c Glissières de sécurité:

En général, une glissière de sécurité est un dispositif de protection, habituellement infranchissable, dont le but est de minimiser les dommages matériels et corporels causés par les véhicules quittant accidentellement la chaussée. Elle n'est placée qu'aux endroits où les dommages causés à un véhicule qui dévale un talus ou qui heurte un obstacle sont supérieurs à ceux causés par la collision du véhicule avec la glissière.

Pour la pose d'une glissière de sécurité, on doit tenir compte des facteurs suivants:

- Pour les routes en remblais: hauteur du remblai, pente du talus du remblai, largeur de l'accotement, rayon de courbure en plan, pente du profil en long, pente du terrain naturel au pied du remblai, conditions climatiques.
- Dans un terre-plein central : Pour éviter, qu'un véhicule ne traverse et entre en collision frontale avec le trafic inverse, les facteurs à considérer sont la largeur du terre-plein et le débit de la circulation.
- Aux approches des ponts: à tous les ponts, la glissière est solidement fixée au début du parapet.

Le tableau ci-après, localise les différentes glissières et par la suite des prises de vue qui indique leurs états

Tab. (III.9) Localisation des Glissières

Localisation des sections(PK)	Côté
118+900 au 119+200	Droite et gauche
120+500 au 120+800	
121+800 au 122+400	
122+700 au 123+000	
123+200 au 124+800	
125+200 au 125+400	
125+700 au 125+800	
131+200 au 131+600	
132+600 au 132+700	
133+000 au 133+600	
134+500 au 134+800	
135+500 au 136+400	
137+800 au 138+100	
138+200 au 138+800	
139+200 au 139+400	
145+700 au 146+000	



Fig.(III.24) Etat des Glissières sur le tracé investigué.

III.5 Données sur le trafic:

Le comptage manuel du trafic réalisé du 26/10/2016 au 01/11/2016 à partir de 7h00' jusqu'à 19h00 7jr/7jr.

Ce trafic a été évalué par catégorie de véhicule selon leurs caractéristiques dont elles sont définies comme suit :

P1 : Véhicules particulières.

P2 : Véhicules utilitaires.

P3 : Bus.

P4 : Camions à 02 essieux.

P5 : Camions à 03 essieux.

P6: Ensembles articulés.

Tab. (III.10) Mesure de Trafic

Localisation	TJMA (véh/j)	Répartition en pourcentage par catégorie de véhicule						% Poids lourds
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	
PK146 Dahmouni	5989	53,00	15,56	11,15	14,57	4,47	1,65	10,28

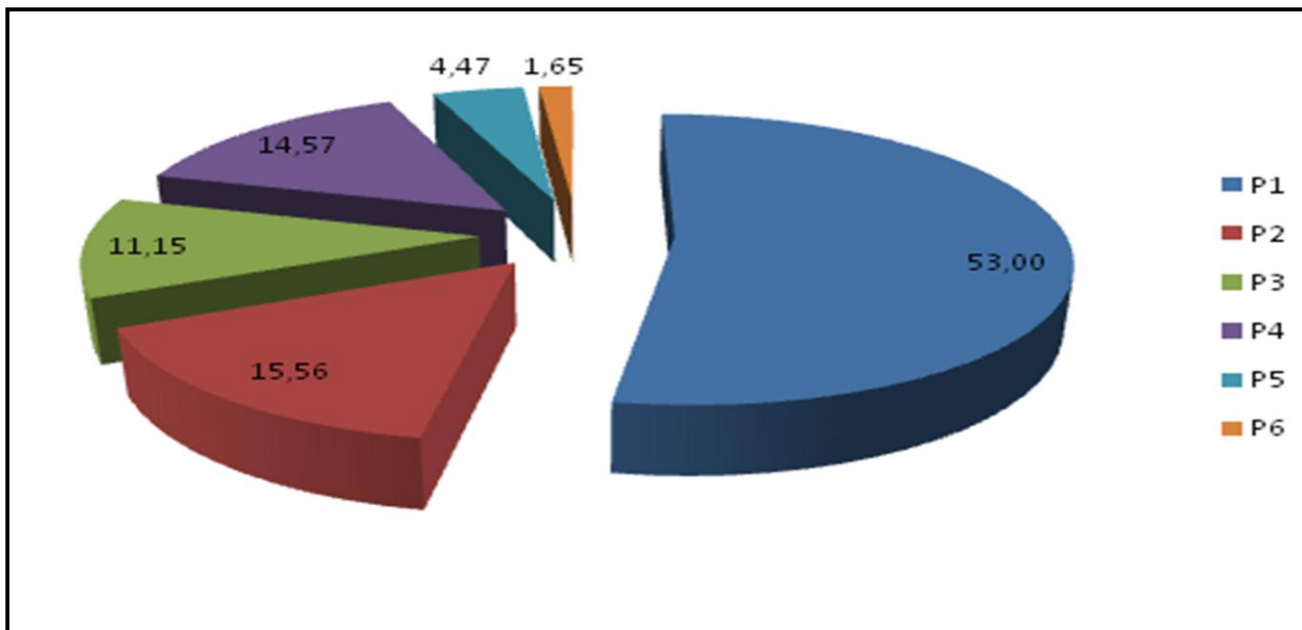


Fig.(III.25) Répartition des catégories du trafic.

III.6 Données sur l’auscultation de la chaussée:

Auscultation d’une chaussée revient à évaluer son état structurel et fonctionnel et établir son diagnostic afin d’y apporter des remèdes nécessaires pour son maintien dans un niveau de service appréciable donc apporter des solutions appropriées au choix de la technique à mettre en œuvre et ce à travers des paramètres d’état bien définis. La campagne d’auscultation de la chaussée à porter sur :

- ✓ Un relevé visuel détaillé pour connaître l'état de surface de la chaussée et les différents types de dégradations.
- ✓ Les mesures de déflexion pour connaître l'état de structure ou de portance.
- ✓ Les mesures d'uni pour connaître l'état de planéité de la chaussée.

III.6.a Mesures de déflexion:

- **Description de l'appareil d'acquisition HWD modèle 8082-86 :**

Le **Heavy Weight Deflectometer (HWD)** est devenu aujourd'hui l'appareil de référence international pour la détermination de la portance des chaussées. Il est composé d'une remorque à 2 essieux et masse tombante variable de 200 à 700kg. Pour chaque point d'essai, la masse chute d'une hauteur variable de 2 à 40cm en fonction du niveau de contrainte recherché en heurtant un système constitué d'un ressort en caoutchouc. la plaque à un diamètre de 30cm. les déflexions sont mesurées à l'aide de 09 géophones permettant de décrire ainsi un bassin de déflexion d_0, d_1, \dots, d_9 .



Fig.(III.26) *L'appareil d'acquisition HWD modèle 8082-86.*

III.6.b Contrôle de l'uni :

L'appareil utilisé à l'étude de l'uni est le **profilomètre à laser RSP 5051 de marque Dynatest**. Il est fixé à l'aide de supports métalliques à l'avant du véhicule, et est composé de deux sondes laser et de deux accéléromètres. Il est assisté par une unité d'acquisition (DPU) et un ordinateur de bord. Notre profilomètre est doté aussi d'un appareil photo pour la capture des images lors de son passage.



Fig.(III.27) *Le profilomètre à laser RSP 5051 de marque Dynatest*



III.7 Relevé visuel des dégradations:



L'examen visuel de l'état de la chaussée est un élément fondamental de l'auscultation, il permet à l'ingénieur de formuler les premières hypothèses des causes qui sont à l'origine des dégradations constatés. C'est à partir de cet examen visuel que l'on pourra donner un diagnostic en précisant si les dégradations intéressent seulement la couche de roulement ou si elles proviennent d'une faiblesse de la portance du support ou de la structure de chaussée ou enfin liées à d'autres paramètres extérieurs autres que la chaussée elle-même.




Le relevé visuel des dégradations effectué au niveau du tracé investigué a permis d'identifier les différents types de dégradations et d'en déterminer leur sévérité.

Ce tronçon est affecté par des dégradations de type fissuration longitudinale et transversale, faïençage à mailles fines et larges et quelques affaissement localisés.

L'évaluation de l'état visuel de la chaussée est récapitulée dans le tableau suivant :

Localisation (m)	Etat	Observation	Prises de vue
118+000 au 118+600	Moyen	<p>Fluage localisée au niveau du PK118+100 Ravinement entre accotement et chaussée PK 118+000 Arrachement localisée. Fissures longitudinales et transversales localisées.</p>	
118+600 au 120+000	Mauvais	<p>Faïençage à mailles larges localisées Faïençage à mailles fines localisées Fissures longitudinales et transversales généralisées Affaissement localisé. Section réparée dégradée (en plaque) Ondulation et orniéage à petit et à moyen rayon</p>	

<p>120+000 au 122+000</p>	<p>Mauvais</p>	<p>Faiçonnage à mailles larges localisées. Faiçonnage à mailles fines localisées. Fissures longitudinales et transversales généralisées. Affaissement localisé. Ondulation et orniérage à petit et à moyen rayon. ravinement entre accotement et chaussée.</p>	
<p>122+000 au 131+000</p>	<p>Mauvais</p>	<p>Faiçonnage à mailles larges localisées. Faiçonnage à mailles fines localisées. Fissures longitudinales et transversales généralisées. Fissures en rives localisées. Affaissement localisé. Ondulation et orniérage à petit et à moyen rayon. Arrachement localisé. glissement de talus et affaissement (zone instable) PK 123+500.</p>	

<p>131+000 au 136+100</p>	<p>Mauvais</p>	<p>Faiçonnage à mailles larges localisées. Faiçonnage à mailles fines localisées. Fissures longitudinales et transversales généralisées. Affaissement localisés. Ondulation et orniérage à petit et à moyen rayon.</p>	
<p>136+100 au 137+500</p>	<p>Mauvais</p>	<p>Faiçonnage à mailles larges localisées. Faiçonnage à mailles fines localisées. Fissures longitudinales et transversales généralisées. Affaissement localisé. Arrachement localisé. Ondulation et orniérage à petit et à moyen rayon.</p>	
<p>137+500 au 146+000</p>	<p>Mauvais</p>	<p>Faiçonnage à mailles larges localisées. Faiçonnage à mailles fines localisées. Fissures longitudinales et transversales généralisées. Fissures en rives localisées. Affaissement localisé. Fluage localisé. Ondulation et orniérage à petit et à moyen rayon.</p>	

III.7.a Examen graphique des dégradations de la chaussée:

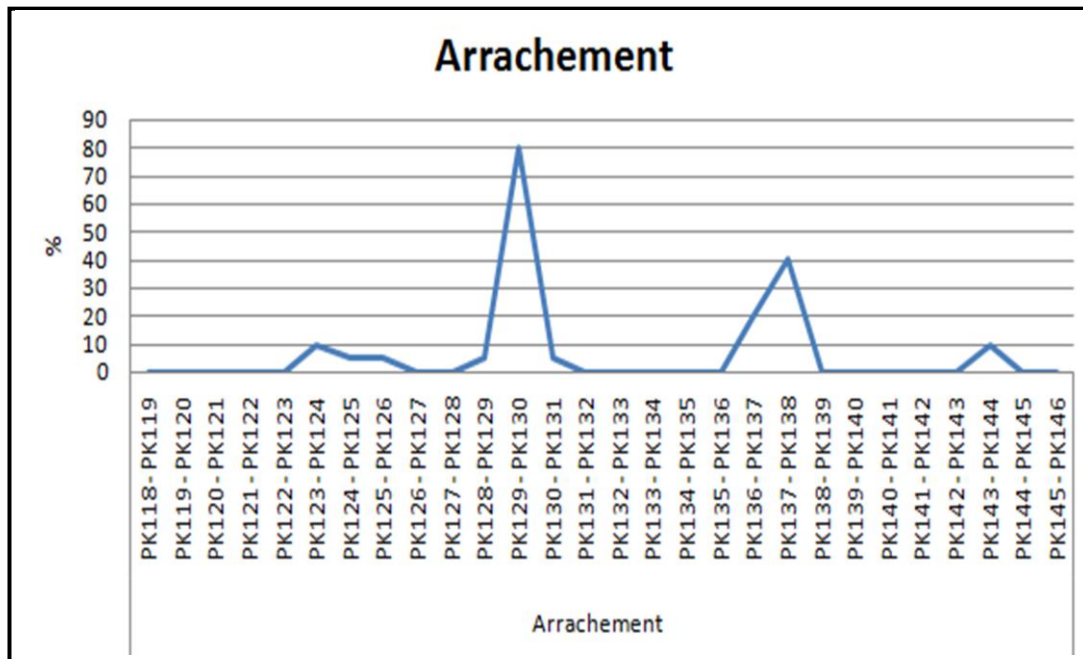


Fig.(III.28) Représentation graphique du phénomène d'arrachement

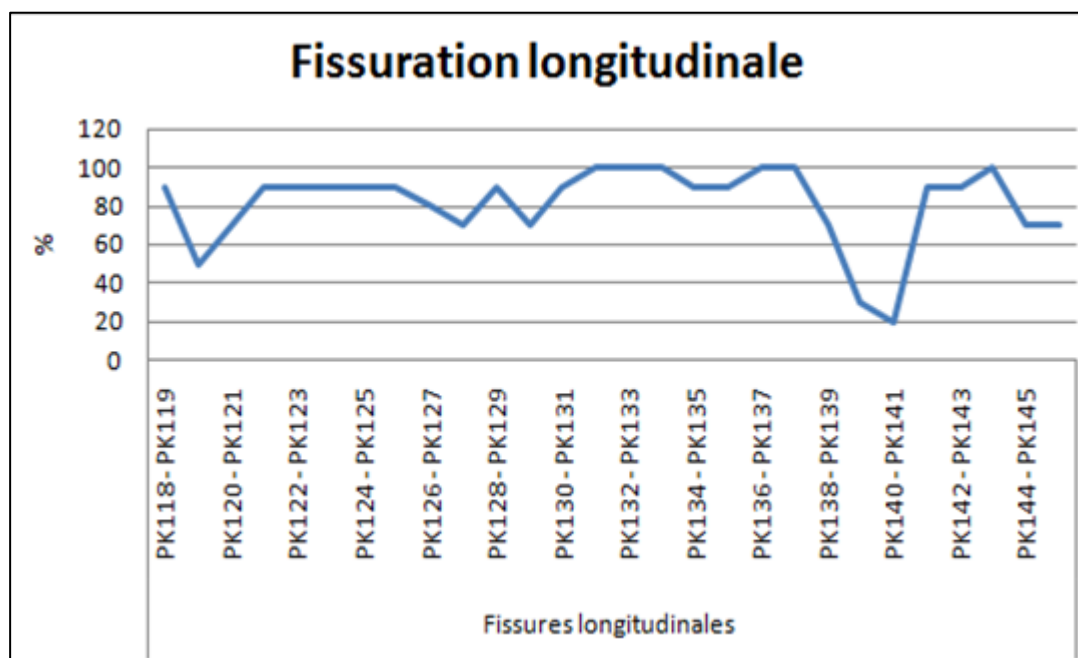


Fig.(III.29) Représentation graphique du phénomène fissures longitudinales

Ces graphiques font ressortir l'évolution des arrachements le long des 28 km du tronçon. La courbe est pratiquement linéaire mis à part deux pics au niveau de la section du PK : 128+000 au PK : 130+000 et entre le PK : 136+000 et le PK : 139+000 où ce phénomène est fortement visible à ces endroit.

Cependant, il est à noter que les fissures longitudinales affectent la quasi-totalité de la structure de la chaussée.

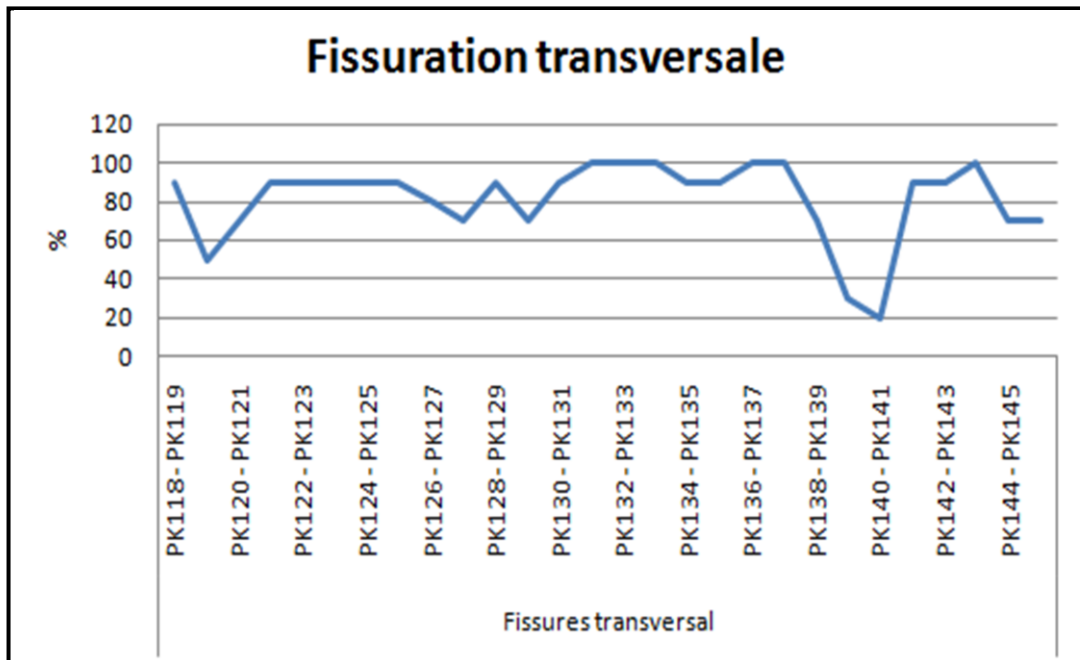


Fig.(III.30) Représentation graphique du phénomène fissures transversales

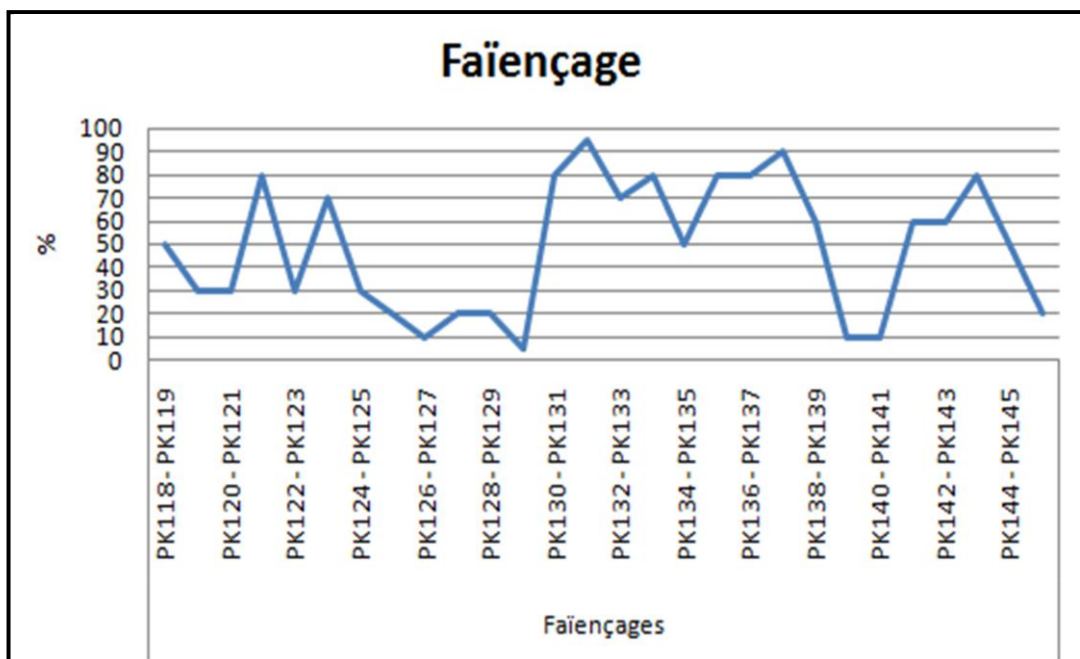


Fig.(III.31) Représentation graphique du phénomène Faiençages

Pour ce qui est des fissures transversales, nous avons la courbe de la figure n° 35 qui est presque identique à celle des fissures longitudinale.

Contrairement à ce qui précède, la courbe de faïençage croît en dent de scié du début vers la fin dont largeur du tronçon du PK : 130+000 au PK : 139+000 généralement ruinée.

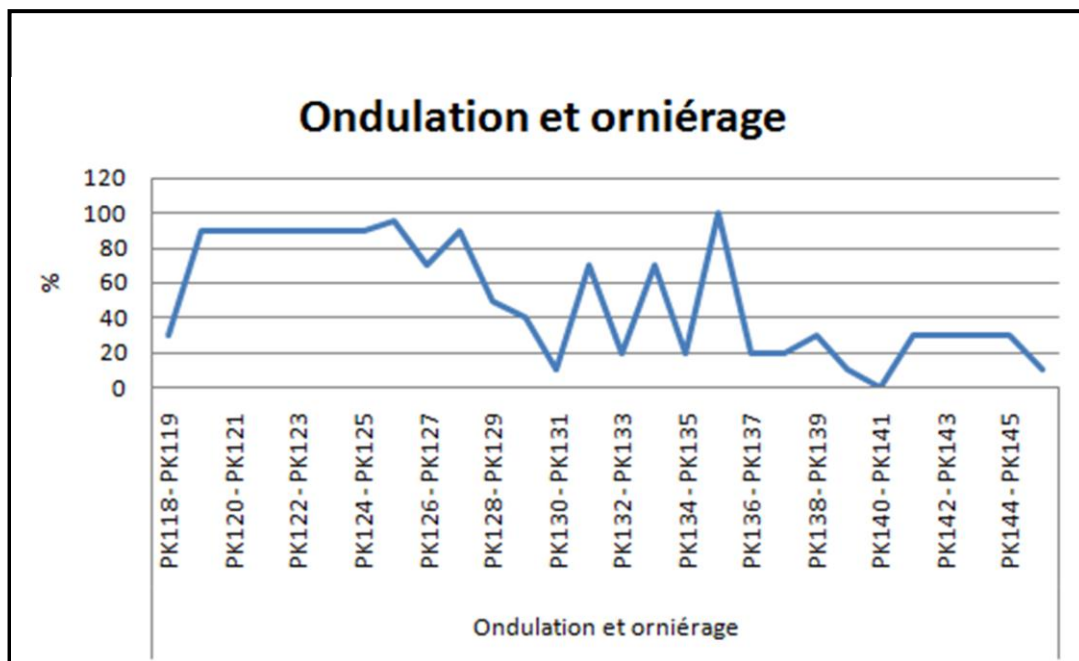


Fig.(III.32) Représentation graphique du phénomène d'ondulation et d'orniérage

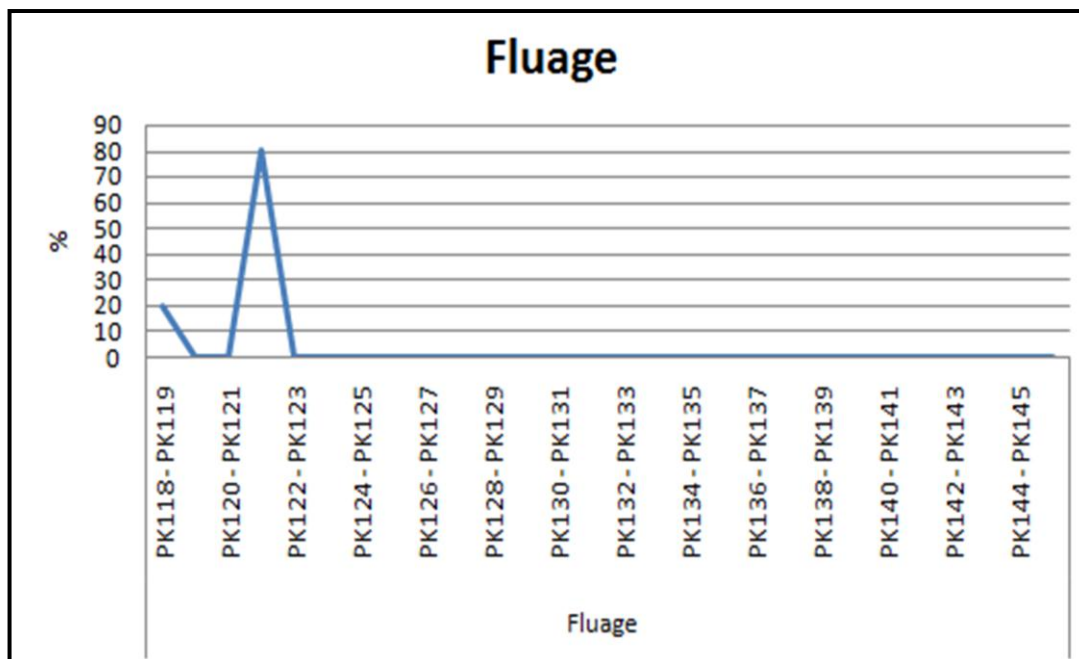


Fig.(III.33) Représentation graphique du phénomène Fluage

Selon l'allure d'ondulation et d'ornièrage, nous pouvons dire qu'ils sont répartis le long du tronçon avec une dominance dans les dix premiers kilomètres. Par contre, le phénomène du fluage est quasiment nulle sur le long du tracé hormis la section entre PK 121+000 et le PK 123+000.

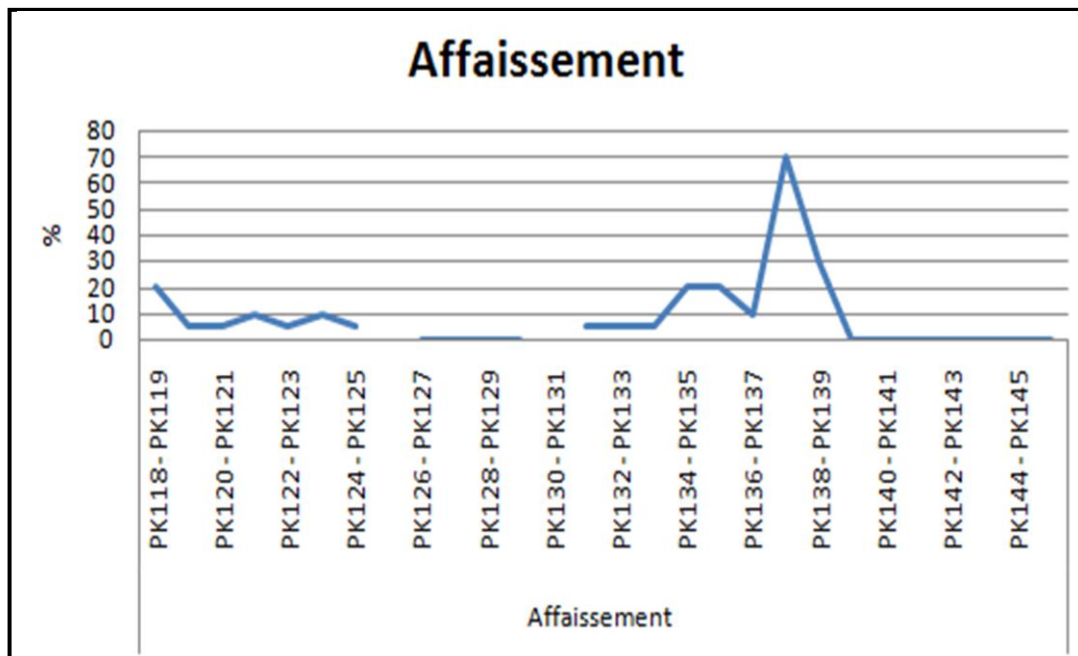


Fig.(III.34) Représentation graphique du phénomène d'affaissement

Bien que l'affaissement est faiblement distribué sur la surface totale du tracé. La courbe atteint son paroxysme (sur-plus) à plus de 70%, entre le PK 136+000 et le PK 139+000.

III.7.b Carottage de chaussée:

Le carottage est réalisé dans le but de définir les caractéristiques générales des couches (la nature et l'état des matériaux, les épaisseurs, les conditions interfaces.....etc.), ainsi que la détection des origines et la propagation de la dégradation. Nous avons rencontré plusieurs types de dégradations dont une classification des matériaux des couches d'enrobé est établie selon le tableau suivant :

Tab. (III.11) Etat des carottes prélevées

N° CAR	PK	Etat de carotté								
		Désagrégé			Fissurée			Seine		
		GB	1° C. BB	2° C. BB	GB	1° C. BB	2° C. BB	GB	1° C. BB	2° C. BB
1	118+000	--	--	--	--	--	x	x	x	--
2	118+600	--	--	--	--	--	--	x	x	x
3	119+000	--	--	--	--	--	--	x	x	x

4	119+400	--	--	--	--	--	--	x	x	x
5	120+000	--	--	--	--	--	--	x	x	x
6	120+800	--	--	--	--	x	--	--	--	x
7	121+400	--	--	--	--	--	--	--	x	x
8	122+000	--	--	--	--	x	x	--	--	--
9	122+200	--	--	x	--	--	--	--	x	--
10	123+000	--	--	--	--	x	x	--	--	--
11	123+700	--	--	--	--	x		--	--	--
12	124+000	--	--	--	--	--	--	x	x	x
13	125+000	--	--	--	--	x		--	--	--
14	125+300	--	--	--	--	--	--	--	x	x
15	125+300	--	--	--	--	x		--	--	--
16	125+700	--	--	--	--	--	--	x	x	x
17	126+000	--	--	--	--	x	x	--	--	--
18	126+200	--	--	--	--	--	--	--	x	x
19	127+000	--	--	--	--	x	--	--	--	x
20	127+200	--	--	--	--	x	--	--	--	x
21	128+300	--	--	--	--	x	--	--	--	x
22	129+200	--	--	--	--	x	--	x	--	x
23	129+200	--	--	--	--	--	--	--	x	x
24	129+700	--	--	--	--	--	--	--	x	x
25	130+000	--	--	--	--	x	x	--	--	--
26	130+300	--	--	--	--	x	x	--	--	--
27	130+600	--	--	--	--	x	--	--	--	x
28	131+000	--	--	--	--	--	--	x	x	x
29	132+000	--	--	--	--	--	--	--	x	x
30	132+300	--	--	--	--	x	--	--	--	x
31	133+000	--	--	--	--	--	x	--	x	--
32	133+300	--	--	--	--	x	--	--	--	x
33	133+300	--	--	--	--	x	x	--	--	--
34	134+000	--	--	--	--	x	x	--	--	--
35	135+000	--	--	--	--	x	--	--	--	x
36	135+400	--	--	--	--	x	--	--	--	x
37	136+000	--	--	--	--	--	--	--	x	x
38	137+000	--	--	--	--	x	--	--	--	x
39	137+500	--	--	--	--	x	--	--	--	x
40	138+000	--	--	--	--	x	x	--	--	--
41	139+000	--	--	--	--	--	--	x	x	x
42	140+200	--	--	--	--	x	--	--	--	x
43	140+200	--	--	--	--	--	--	--	x	x
44	140+200	--	--	--	--	--	--	--	x	x
45	143+600	--	--	--	--	x	x	--	--	--

46	144+000	--	--	--	--	×	--	--	--	×
47	145+300	--	--	--	--	×	--	--	--	×
48	146+000	--	--	--	--	×	×	--	--	--

(x) : Représente l'état de carotte.


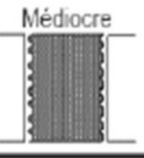
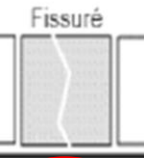
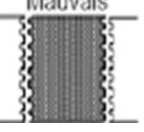

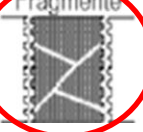

		Qualité de la carotte				
		Saine	Médiocre	Fissurée	Fragmentée	Désagrégée
Qualité de la paroi	Lisse				Non rencontré	Non rencontré
	Granulats attachés	Non rencontré				



Fig.(III.35) Représentation des carottes de chaussée investiguée

III.7.c Investigation géotechnique (Sondage):

Afin de compléter et valider les analyses non destructives au Déflecto-mètre (HWD), huit (08) sondages à la pelle en rive de chaussée ont pu être réalisés. Ces résultats ont permis de valider formellement les structures, les épaisseurs déduites de l'analyse du déflecto-mètre et l'état des matériaux. Ces sondages ont mis en exergue le corps de chaussée suivant :

P1/ PK 118+800 :

18cm : Béton Bitumineux.

62cm : conglomérat.

50cm : sol support formé de sable argileux conglomératique.



P2 / PK 122+600 :

15cm : Béton Bitumineux.

07cm : Grave concassée.

28cm : Conglomérat.

50cm : Sol support formé d'argile gypsifère verdâtre tendre à plastique.



P3 / PK 126+000 :

16cm : Béton Bitumineux en deux couches.

15cm : Grave concassée.

22cm : Conglomérat.

47cm : Sol support formé d'argile sableuse.



P4 / PK 129+000 :

- 07cm : Béton Bitumineux.
- 03cm : Tuf rougeâtre.
- 03cm : Ancien corps de chaussée.
- 07cm : Sable argileux rougeâtre



P5 / PK 132+000 :

- 07cm : Béton Bitumineux.
- 03cm : Tuf rougeâtre.
- 03cm : Béton Bitumineux.
- 07cm : Conglomérat



P6 / PK 135+000 :

- 15cm : Béton Bitumineux.
- 02cm : Enduit superficiel
- 20cm : Sable argileux rougeâtre.
- 73cm : Argile plastique grise.



P7 / PK 139+000 :

06cm : Béton Bitumineux.

06cm : Conglomérat

05cm : Enduit superficiel

20cm : Sable marron.

73cm : Argile sableuse verdâtre.



P8 / PK 142+000 :

15cm : Béton Bitumineux.

03cm : Enduit superficiel

17cm : Sable jaunâtre.

55cm : Sable marron.



Fig.(III.36) *Puits à ciel ouvert*

III.8 Essais au laboratoire :

III.8.a Organisation des essais :

A partir des échantillons du sol naturel remaniés extraits des puits à ciel ouvert, nous avons procédé à la réalisation des essais géotechniques de laboratoire suivants :

- **Identification Physique:**
 - Granulométrie / Sédimentométrie NF P 94 – 056 et NF P 94 – 057
 - Limites d’Atterberg NF P 94 – 051
- **Identification Chimique :**
 - Evaluation des carbonates. NA -2789
 - Essai au bleu de méthylène d'un sol NF P 94 – 068/1993
- **Essais de portance :**
 - Essai Proctor NFP 94-093.
 - Essai C.B.R NFP 94-078.
- **les carottes de béton bitumineux :** nous avons réalisé ce qui suit :
 - Essai d’extraction à chaud via procédé KUMAGAWA. NF -12697-1
 - Essai de détermination de la masse volumique apparente NF P 98 – 250-6

III.8.b Interprétation des résultats des essais :

- **Essais d’identifications:**

Tab. (III.12) Résultats des essais d’identifications

Puits n°	Echantillon n°	PK	Essais physiques				Essais chimiques	
			Granulométrie	Mesures des limites d'Atterberg			Valeur au bleu de méthylène	Teneur en carb ^{tes}
				80µm (%)	WL (%)	WP (%)		
1	P1	118+800	34	32.00	17.67	14.33	1.01	44
	P2		33	31.90	17.07	14.84	1.06	44
2	P1	122+600	69	47.40	31.89	15.51	2.12	20
	P2		68	48.50	32.62	15.88	2.04	20
3	P1	126+000	56	18.70	N.M	N.M	0.85	40
	P2		55	18.70	N.M	N.M	0.84	45
5	P1	132+000	/	44.40	26.42	17.98	2.17	32
	P2		/	44.60	26.54	18.06	2.20	38

6	P1	135+000	69	44.30	25.31	18.99	2.24	26
	P2		68	44.30	24.32	19.98	2.38	26
7	P1	139+000	60	40.90	25.15	15.75	1.78	46
	P2		59	40.20	24.60	15.60	1.63	46
8	P1	142+000	18	28.30	17.42	10.88	1.10	10
	P2		20	27.30	17.72	9.58	0.95	12
9	P1	145+000	60	31.80	20.30	11.50	1.24	38
	P2		63	31.90	19.54	12.36	1.41	32

- Limites d'Atterberg : Les indices de plasticité indiquent en général une faible plasticité.
- Analyse granulométrique : Les courbes granulométriques sont étalées, non uniformes.
- Teneur en carbonate de calcium (CaCO_3) : -Les valeurs de teneur en carbonate de calcium indiquent en quasi- majorité un sol faiblement marneux à marneux.
- Valeur au bleu de méthylène (VBS) : Comme en témoignent les résultats de l'essai au bleu de méthylène (V.B.S) récapitulés dans le tableau ci-dessus, nous avons affaire à une argile sensible à l'eau.

- **Essais de portance:**

Tab. (III.13) Résultats des essais de portance

Puits N°	Echantillon N°	Proctor Modifié		Indice CBR
		W (%)	γ_d (t/m^3)	I CBR à 100 % à γ_{OPM}
1+3	P1+ P2	5.72	2.16	20.00
2	P1+ P2	1.76	16.95	6.65
6	P1+ P2	1.79	18.33	3.35
7	P1+ P2	1.88	15.00	7.80
8	P1+ P2	1.91	9.68	41.10
9	P1+ P2	1.94	11.29	32.20

- Les valeurs des indices CBR à 100%de l' γ_{OPM} sont assez variables comprises généralement entre 3 et 41 %.

- **Extraction à chaud sur carotte:**

Pour avoir une idée sur le dosage en liant, nous avons effectué des extractions de bitume à chaud sur des carottes dont leurs résultats sont reportés dans le tableau suivant :

Tab. (III.14) Résultats des extractions à chaud sur les carottes

Nature de couche	PK	N° carotte	Teneur en liant (%)	Filler (diam 80µm) (%)
1 ^e couche de B.B	119+000	03	5.91	07
	127+200	20	6.03	07
2 ^e couche de B.B	133+000	31	5.89	08
	140+200	42	5.83	07

- Les pourcentages des teneurs en fillers varient entre 07 et 08% et les teneurs en liant oscillent entre 5.83 et 6.03% qui sont acceptables pour ce genre d'enrobé.

• **Densité et mesure des carottes d'enrobés :**

Sur les carottes prélevées le long du tracé, nous avons opéré à quelques mesures d'épaisseurs et de densités. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Tab. (III.15) Résultats de mesure de densité des carottes d'enrobés

N° Carotte	PK	Epaisseur (cm)			Densité (t/m ³)		
		GB	1 ^e C. BB	2 ^e C. BB	GB	1 ^e C. BB	2 ^e C. BB
1	118+000	5,40	6,40	4,70	--	2,46	--
2	118+600	3,60	5,70	7,50	--	--	--
3	119+000	4,00	5,10	3,50	--	--	--
4	119+400	5,00	6,60	5,20	2,32	--	--
5	120+000	5,10	6,40	4,70	--	--	--
6	120+800	revêtement	5,40	6,20	--	--	--
7	121+400	revêtement	7,00	5,10	--	2,44	--
8	122+000	revêtement	5,40	5,50	--	--	--
9	122+200	revêtement	4,40	--	--	--	--
10	123+000	revêtement	6,20	4,80	--	--	--
11	123+700	revêtement	6,20		--	--	--
12	124+000	5,50	6,50	4,60	2,37	--	--
13	125+000	revêtement	5,60		--	--	--
14	125+300	revêtement	6,20	5,10	--	--	--
15	125+300	revêtement	6,30		--	--	--
16	125+700	4,80	6,20	5,60	--	2,48	--
17	126+000	revêtement	4,80	5,30	--	--	--
18	126+200	revêtement	7,00	6,10	--	--	--
19	127+000	revêtement	6,10	6,80	--	--	--
20	127+200	revêtement	6,50	5,90	--	--	--
21	128+300	revêtement	6,90	5,50	--	--	--
22	129+200	4,80	6,10	5,40	--	--	--
23	129+200	revêtement	5,70	6,00	--	--	--
24	129+700	revêtement	4,90	6,00	--	--	2,33
25	130+000	revêtement	5,30	8,70	--	--	--
26	130+300	revêtement	5,70	6,60	--	--	--
27	130+600	revêtement	6,70	6,60	--	--	--
28	131+000	5,90	5,10	6,80	2,34	--	--
29	132+000	revêtement	5,60	7,70	--	--	--

30	132+300	revêtement	6,60	7,30	--	--	--
31	133+000	revêtement	5,80	9,50	--	--	--
32	133+300	revêtement	6,00	9,20	--	--	--
33	133+300	revêtement	5,70	8,80	--	--	--
34	134+000	revêtement	7,50	7,50	--	--	--
35	135+000	revêtement	5,20	9,70	--	--	2,35
36	135+400	revêtement	4,80	10,20	--	--	--
37	136+000	revêtement	6,10	8,20	--	--	--
38	137+000	revêtement	6,70	7,00	--	--	--
39	137+500	revêtement	6,20	6,50	--	--	--
40	138+000	revêtement	8,20	7,60	--	--	--
41	139+000	6,80	5,80	5,70	2,36		
42	140+200	revêtement	6,70	8,90	--	--	--
43	140+200	revêtement	5,80	8,00	--	--	--
44	140+200	revêtement	8,40	6,40	--	--	--
45	143+600	revêtement	4,50	6,50	--	--	--
46	144+000	revêtement	5,80	6,20	--	--	--
47	145+300	revêtement	6,40	4,90	--	--	--
48	146+000	revêtement	5,70	6,90	--	--	2,44

- Comme en témoignent les résultats sus-cités, les densités sont entre 2.32 et 2.48 t/m³.

Pour conclure, une gamme d’essais a permis une identification au moyen des analyses granulométriques, les limites d’Atterberg et essais chimiques (VBS, teneur en carbonates) de déterminer la classe géotechnique du sol en place.

Les essais Proctor et CBR pris vis-à-vis de la teneur en eau du sol à l’état naturel complètent le classement du sol en vue d’un dimensionnement de chaussée.

Il ressort de ce programme que deux (02) grandes catégories de sol apparaissent nettement la classe ‘A’ (sols fins) et la classe ‘B’ (sols sableux ou graveleux avec fines).

III.9 Localisation des carrières :

III.9.a Situation géographique:

L’ensemble des carrières qui se trouvent à Rechaiga appartiennent au plateau du Sersou qui y est géographiquement situé à l’Est de la ville de Tiaret. Il est limité au Nord par l’Oued NaharOuassel, à l’Ouest par la région de Tiaret, au Sud par les piémonts du Djebel Nador, et à l’Est par les montagnes de Chellala Rebeill. Sa superficie est de 2215 km².

III.9.b Aperçu géologique de la zone de carrières:

D’une manière générale, dans le plateau de Sersou les terrains anciens occupent les reliefs de bordure, tandis que les terrains plus récents (Plio- Quaternaire) forment le remplissage qui recouvre le plateau. Les formations rencontrées dans la région du Sersou sont constituées de bas en haut par :

Le Trias : Représenté par de nombreux diapirs dont certains traversent la couverture quaternaire. Cesont des schistes et des grès rouges, renfermant des gypses et du sel gemme. Dans le Djebel Nador, il forme l'axe du massif.

Le Jurassique : Il est surtout présent dans le Djebel Nador, il débute par le Trias à faciès de dolomie et de calcaires marneux. Le Jurassique moyen est constitué de calcaires marneux. Le Jurassique moyen est constitué de calcaires marneux et grès quartzeux dans le Djebel Nador et dolomies cristallines dans les monts de Chellala. La partie inférieure du Jurassique supérieure est à dominance marneuse ou marno-calcaire (Callovo-Oxfordien-Séquanien). Le Kimméridgien et le Portlandien sont constitués respectivement par des dolomies massives, des calcaires marneux et des dolomies.

Le Crétacé : Dans la plaine de Sersou, le Crétacé affleure au Sud, au niveau du versant Nord de Djebel Es Selah. Il est subdivisé en deux ensembles représentés de la base au sommet par :

Le Crétacé inférieur constitué d'un Albien continental grés-sableux affleurant à l'Est à Ras Nokra et un Albien marin constitué de calcaires oolithiques et de marnes visibles dans le versant Sud de Djebel Rechaïga.

Le Crétacé supérieur regroupant le Cénomaniens formé de calcaires et de marnes, le Turonien marneux et le Sénonien essentiellement calcaire. Le Crétacé supérieur est recouvert en discordance par les formations mio-plio-quaternaires.

L'Eocène : Affleure au Nord du plateau. Il est représenté par le Lutétien supérieur et l'Eocène inférieur comprenant un Lutétien inférieur et l'Yprésien-Thanétiens.

Le Lutétien supérieur est distingué par deux unités. La première, caractérisée par des minces lames d'argiles brunes ou ocres, et la deuxième constituée d'argiles brunes ou ocres s'intercalant avec des lumachelles, des calcaires blancs rognoneux, des grès sableux tendres et des grès glauconieux. L'Eocène inférieur est formé à la base par quelques silex et des passées glauconio-phosphatées, au sommet par des marno-calcaires blancs. Ces derniers sont surmontés par des calcaires gréseux à Silex de faible épaisseur et par des calcaires gréseux et des marnes d'une épaisseur comprise entre 30 et 70 m. La partie supérieure se caractérise par une alternance de calcaires marneux blancs, de marnes et de calcaires à silex.

L'Oligocène : est présent à l'extrémité nord-est et nord-ouest de la région de Sersou. Il débute localement par des conglomérats à galets de calcaires et des silex attribués à l'Yprésien, et sur lesquels repose une épaisse série de marnes ou argiles blanchâtres et de grès.

Le Miocène: Au Nord du plateau du Sersou, le Miocène inférieur est représenté par plusieurs faciès. Tandis qu'au centre de la plaine, le Miocène est transgressif et discordant sur n'importe quel niveau stratigraphique. Il est constitué par des marnes grises ou verdâtres qui peuvent passer localement à des grès calcaires. Ces formations dont l'épaisseur varie entre 40 et 135 m (selon les logs forages) sont attribuées au Miocène inférieur marin. Sur la bordure

sud de la plaine, les forages ont montré l'existence d'un complexe gréseux et argileux d'origine continentale sous les marnes grises du Miocène inférieur marin.

Le Pliocène: A un faciès continental, formé de poudingues, graviers et sables argileux et constituant les terrains de remplissage de la plaine.

Le Quaternaire: Il s'agit principalement de terrains de recouvrement fluvio-lacustres constitués par des marnes crayeuses plus ou moins sableuses et argileuses couvertes par des lits de sables et de galets. Les alluvions récentes régulièrement réparties le long des principaux cours d'eau, appartiennent également au Quaternaire.

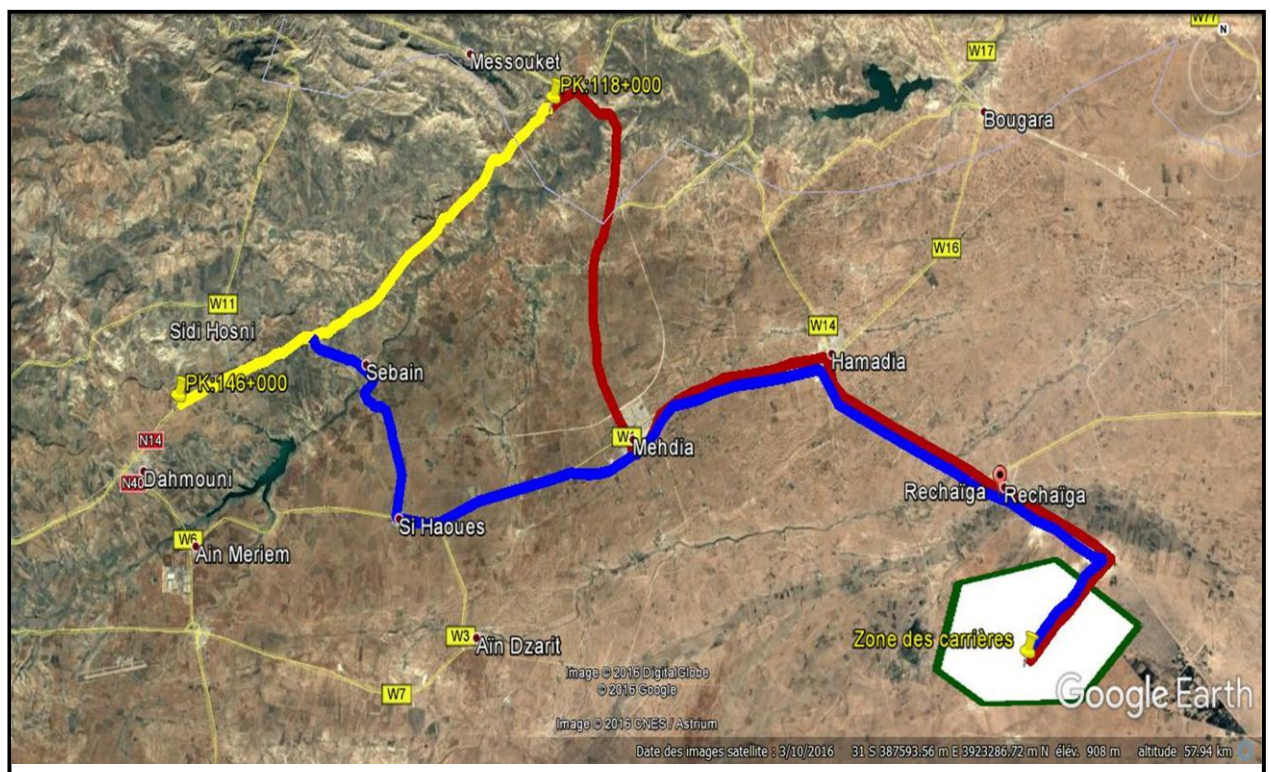


Fig.(III.37) La position du profil réalisé

III.9.c Résultats des analyses au laboratoire des différents agrégats:

Les sites d'emprunts ont été prospectés et étudiés par le Laboratoire des Travaux Publics de l'Ouest Unité de Tiaret (LTPO). D'après une étude géologique et géotechnique, il ressort de ces matériaux des résultats des différents essais réalisés entre l'année 2014 et 2016 sont récapitulés dans le tableau ci-après :

Tab. (III.16) Les analyses des différents agrégats 2014/2015/2016

• Grave concassée:

Carrière CAROMA (Mars 2014)											
N° Prel.	CaCO ₃ (%)	ES à 10% (%)	CA (%)	I.P (%)	VB (gr/100gr)	LA (%)	MDE (%)	Granulométrie % Passant		Proctor Modifié	
								% ≥20mm	% ≤80μ	W 'OPM (%)	γ'd (t/m ³)
P.1	52	/	/	N.M	0.95	/	/	10	09	6.21	2.27
P.2	54				1.03			09	09		
P.3	32	60	06	N.M	0.43	24	19	17	09	5.27	2.34
P.4	26		08		0.46			17	08		

Carrière ESSALEM (Février 2015)											
N° Prel.	CaCO ₃ (%)	E.S à 10% (%)	CA (%)	I.P (%)	VB (gr/100gr)	LA (%)	MDE (%)	Granulométrie % Passant		Proctor Modifié	
								% ≥20mm	% ≤80μ	W 'OPM (%)	γ'd (t/m ³)
P.1	70	58	05	N.M	0.58	24	21	07	04	5.48	2.34
P.2	70				0.78			07	04		

Carrière BEN BRAHIM (Septembre 2016)											
N° Prel	CaCO ₃ (%)	ES (%)	CA (%)	I.P (%)	VB (gr/100gr)	LA (%)	MDE (%)	Granulométrie % Passant		Proctor Modifié	
								% ≥25mm	% ≥ 80μ	W 'OPM (%)	γ' (t/m ³)
P.1	82	38	09	N.M	1.69	28	24	06	11	5.63	2.30
P.2	90				1.70			06	11		

• Granulats:

Carrière CAROMA (Septembre 2016)											
Echantillons	Classes réelles	Vb (g/100g)	I.P (%)	E.S à 10 % (%)	L.A (%)	M.D.E (%)	Imp. (%)	C.A (%)	CaCO ₃ (%)	γ _{app3} (t/m ³)	γ _{abs3} (t/m ³)
0/3	0/4	0.48	N.M	66	/	/	/	/	94	1.72	2.38
3/8	5/7	/	/	/	25	12	0.74	/	/	1.46	2.78
8/15	8/14	/	/	/	24	12	0.48	05	/	1.50	2.79

Carrière BEN BRAHIM (Janvier 2016)										
Echantillons	Vb (g/100g)	I.P (%)	E.S à 10% (%)	L.A (%)	M.D.E (%)	Imp. (%)	C.A (%)	CaCO ₃ (%)	γ _{app3} (t/m ³)	γ _{abs3} (t/m ³)
0/3	0.42	N.M	55	/	/	/	/	90	1.56	2.63
3/8	/	/	/	28	10	3.75	/	94	1.45	2.69
8/15	/	/	/	22	12	0.37	9.16	94	1.47	2.78
8/15	/	/	/	21	15	0.56	15.36	/	/	/

III.10 Conclusion :

Cette présentation du cadre de l'étude a permis de faire une reconnaissance générale sur la zone d'étude et vise à ressortir les problèmes majeurs de la route afin de permettre une évaluation. Ce chapitre donne une idée sur l'historique de la route et les interventions qui ont été faites, cette approche historique permet de faire d'une part une reconnaissance générale sur l'itinéraire du projet et d'autre part un récapitulatif général des travaux.

Cette étude d'inventaire découle du relevé visuel des dégradations constituent la base des données, il est nécessaire de développer l'exploitation de ces données dans le prochain chapitre afin de faire une étude d'évaluation des dégradations et de vérifications de dimensionnement de la chaussée.

Chapitre IV Dimensionnement du corps de Chaussée

IV.1 Introduction :

Le dimensionnement d'une structure de chaussée routière consiste à déterminer la nature et l'épaisseur des couches qui la constituent afin qu'elle puisse résister aux diverses agressions auxquelles elle sera soumise tout au long de sa vie.

La structure d'une chaussée routière doit résister à diverses sollicitations, notamment celles dues au trafic et elle doit assurer la diffusion des efforts induits par ce même trafic dans le sol de fondation. L'application d'une charge roulante induit ainsi une déformation en flexion des couches de la structure. Cette flexion entraîne des sollicitations en compression au droit de la charge et des sollicitations en traction à la base des couches.

Il existe différentes méthodes pour bien appréhender cette déformation. Elles donnent lieu ensuite à différents modèles de dimensionnement.

Le seul trafic qui intervienne dans la détérioration des structures de chaussée étant celui des poids lourds, c'est ce trafic qui doit être caractérisé, à la fois par le nombre de poids lourds qui passeront sur la chaussée pendant sa « durée de dimensionnement », et par leur agressivité. Le trafic pris en compte est celui du poids lourd, c'est-à-dire des véhicules dont le poids total est supérieur à 3,5 tonnes.

IV.2 A partir des mesures automatiques

IV.2.a L'auscultation au HWD- Acquisition des données

Le HWD (Heavy Weight Deflectometer) est un appareil d'auscultation non destructive des chaussées permettant d'engendrer, par un système de masse tombante, un chargement de type impulsionnel à la surface de la chaussée, afin de simuler le passage d'une roue d'un avion ou d'un véhicule sur la chaussée. La réponse de la chaussée à cette sollicitation (déflexions surfaciques) est mesurée au moyen de géophones placés sur une barre de mesure tandis qu'un capteur d'effort intégré à la plaque (de diamètre 30 cm) de chargement permet de suivre l'effort appliqué sur la chaussée au cours de l'essai. Après la mise en station de la remorque au droit du point de mesure, la masse est libérée d'une hauteur pouvant varier de 2 à 40 cm provoquant une force variable de 30 à 260 kN.

Chapitre IV Dimensionnement du corps de Chaussée

La transmission de la charge se fait par un ressort dont la constante de raideur permet de définir la durée du chargement (de 25 à 30 ms). La valeur du pic d'effort doit être aussi proche que possible de la charge à la roue de l'avion ou le véhicule dimensionnant. Le HWD est utilisable sur les chaussées souples, Semi-rigides ou rigides.

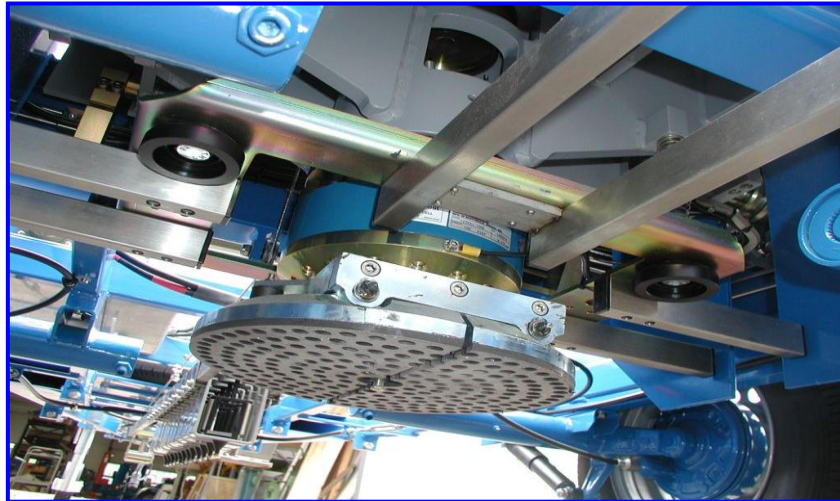


Fig.(IV.1) Masse tombante du HWD

1. Résultat de Mesure de déflexion:

La déflexion c'est le déplacement vertical mesuré à la surface, exprimé en unité de longueur (micron de mètre) sous l'effet de la charge exercée par le déflectomètre.

Structure souple :

Les géophones sont disposés dans le cas des chaussées souples, sur une barre de mesure à l'avant de la plaque de chargement.

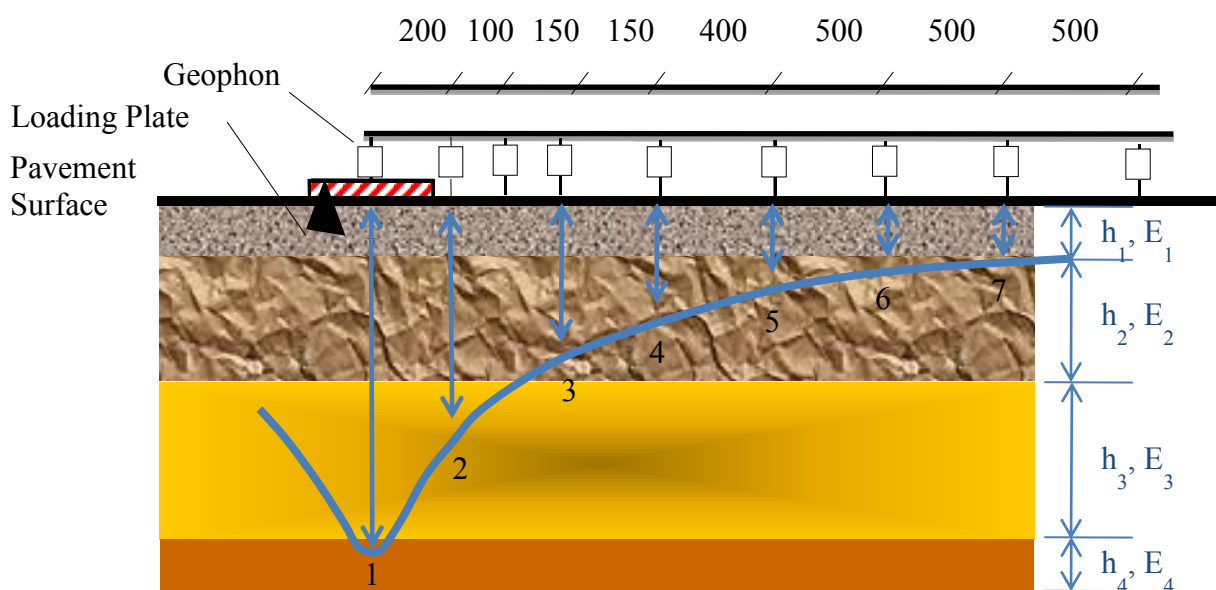


Fig.(IV.2) Positionnement des géophones – Structure souple

Chapitre IV Dimensionnement du corps de Chaussée

Structure rigide

Dans le cas des chaussées rigide, Le géophone G2 et G3 sont disposés, sur une barre de mesure à l'arrière de la plaque de chargement.



Fig.(IV.3) Positionnement des géophone- Structure rigide

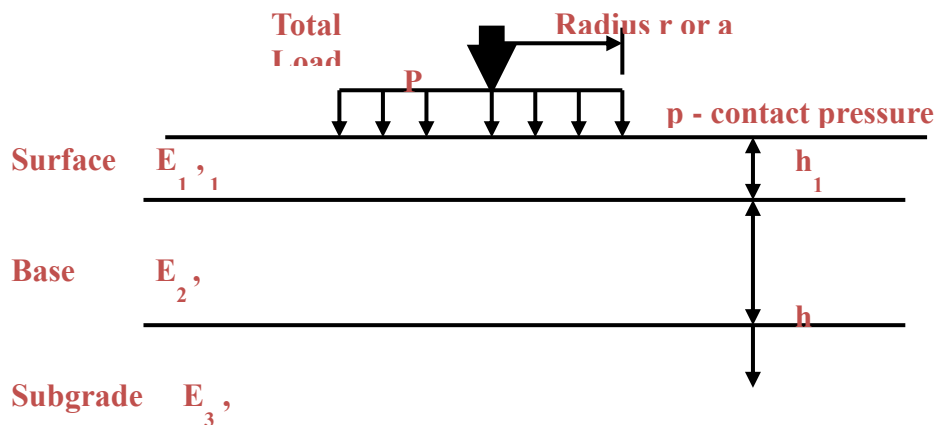
➤ Modélisation du chargement :

Un logiciel spécifique (ELMOD06) permet, en utilisant les résultats du bassin de déflexion mesuré, de faire une analyse structurale complète et un calcul du dimensionnement des couches de renforcement à partir des paramètres préalablement définis

Charge équivalente

Circulaire uniformément

Multi-roue 80/100kN (routes) et jusqu'à 320kN (aéroports)



Chapitre IV Dimensionnement du corps de Chaussée

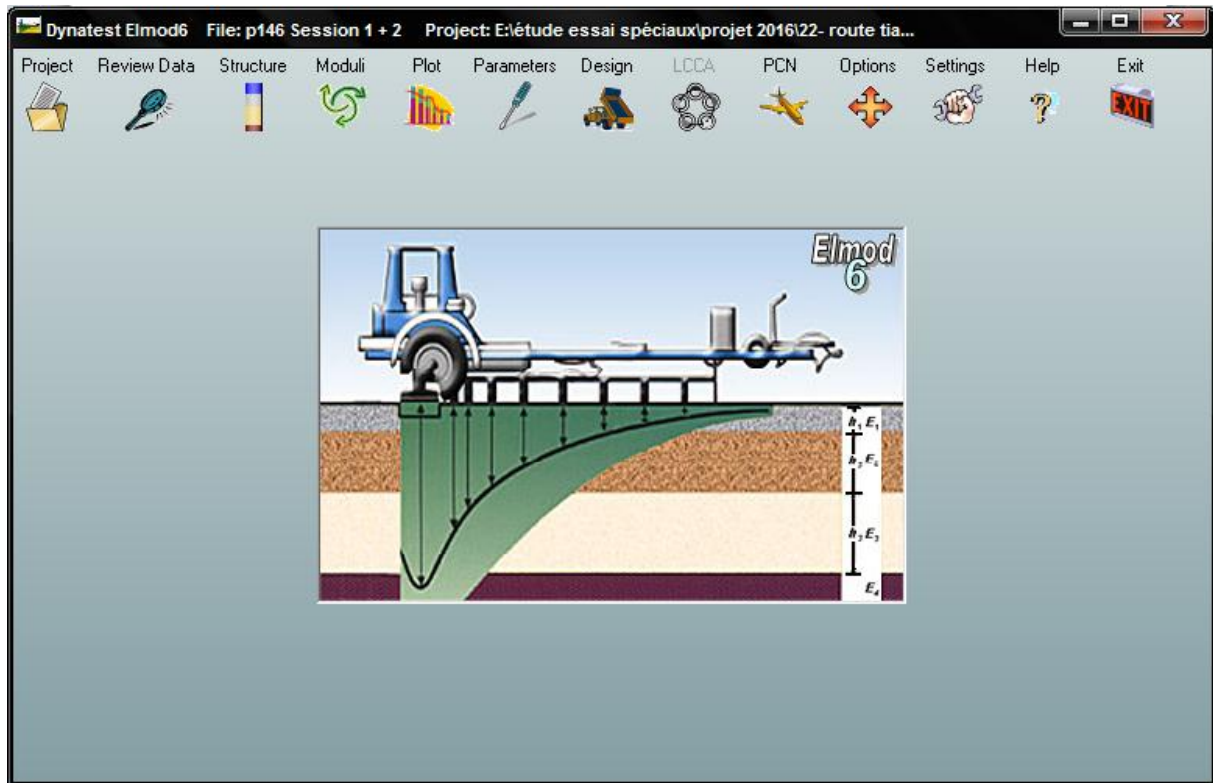


Fig.(IV.4) Modélisation du chargement

➤ **Intervention sur site :**

Nous avons procédé à l'acquisition des données sur la voie droite de la chaussée en partant du PK 118+000 jusqu'au PK 146+000 avec un intervalle de mesure variable selon l'état de dégradation de la chaussée. Le nombre total des points mesurés est de 90.

Data view and editing

File: p146 Session 1 + 2
Database: E:\étude essai spéciaux\projet 2016\22- route tiaret\NRN14.mde

Number of data points: 90 | Number of drops: 2 | Start Station: 118 | End Station: 146 | Date: mercredi 9 novembre 2016

Number of active geophones: 9 | Plate radius: 150

Geophone distances: 1: 0 | 2: 200 | 3: 300 | 4: 450 | 5: 600 | 6: 900 | 7: 1200 | 8: 1500 | 9: 1800

Chainage	Point	Drop	Stress KPa	Load KN	D1 Micr.	D2 Micr.	D3 Micr.	D4 Micr.	D5 Micr.	D6 Micr.	D7 Micr.	D8 Micr.	D9 Micr.	T _{asp} °C	T _{surf} °C	T _{air} °C	Time	Joint
118	90	1	1462	103.34	1063	927	809	647	518	313	208	151	103	14.1	12.1	9.6	09:36	
		2	1468	103.77	1012	884	775	625	502	313	211	148	107					
118.306	89	1	1491	105.39	671	540	426	309	193	71	62	55	47	14.1	12.1	9.7	09:34	
		2	1506	106.45	816	680	520	404	291	271	161	55	47					
118.614	88	1	1468	103.77	710	662	614	542	475	344	251	182	135	14.2	12.2	9.7	09:32	
		2	1474	104.19	803	657	607	537	473	343	255	188	140					
118.939	87	1	1518	107.30	492	431	383	316	260	162	106	68	45	14.7	12.7	9.6	09:31	
		2	1512	106.88	878	617	370	305	252	158	103	68	47					
119.331	86	1	1543	109.07	420	346	294	227	173	88	44	23	12	14.5	12.5	9.7	09:30	
		2	1517	107.23	412	839	708	441	370	286	144	84	27					
119.663	85	1	1509	106.66	531	475	420	346	278	169	111	72	49	14.6	12.6	9.7	09:28	
		2	1506	106.45	817	657	504	432	271	165	107	73	50					
120	84	1	1523	107.65	457	378	317	251	191	113	77	49	38	14.5	12.5	9.7	09:27	

<Alt> + click Chainage to remove test point
Right click Chainage or Point to mark/unmark

Buttons: Split file, Temperature graphs, Insert asphalt temperatures, Save new data, Cancel

Fig.(IV.5) l'acquisition des données

Chapitre IV Dimensionnement du corps de Chaussée

La déflexion dépend de nombreux facteurs dont les plus importants sont :

- La charge appliquée ;
- La vitesse de la sollicitation ;
- Les conditions climatiques.

Les graphes et les tableaux ci-dessous regroupent les déflexions moyennes enregistrées par l'appareil HWD :

Tab. (IV.1) Résultats de mesure de Déflexion

Position géophones (mm)	Nbre de points mesurés	Moyenne déflexion (μ)	Max	Min	Ecart type.
0	90	810	1771	355	254
200	90	701	1523	281	234
300	90	595	1356	233	201
450	90	476	1130	178	177
600	90	372	880	136	134
900	90	229	438	61	81
1200	90	153	288	26	58
1500	90	107	221	13	45
800	90	76	163	8	35

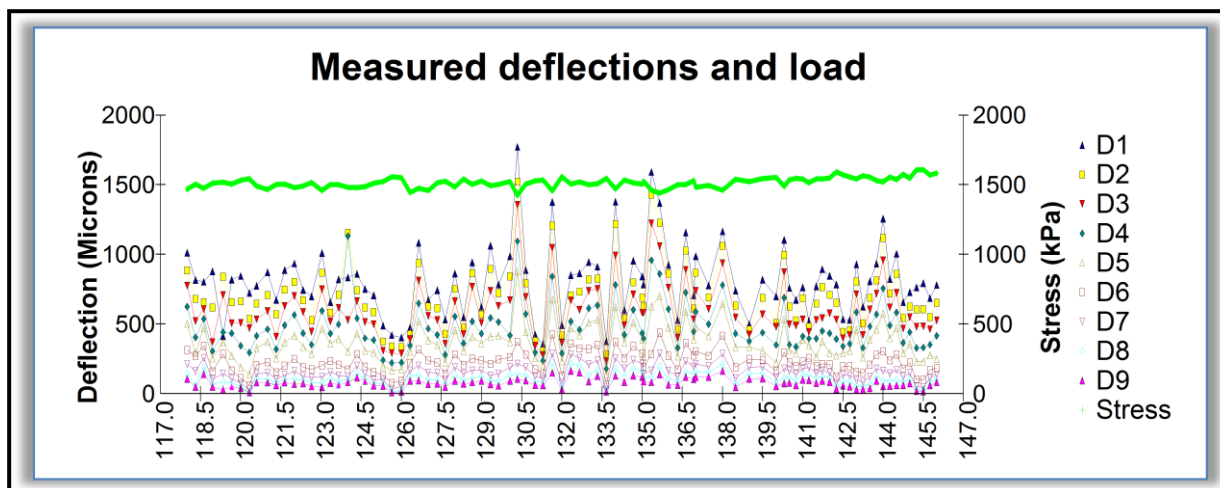


Fig.(IV.6) Mesures de déflexion de Section limitée entre PK118 et PK146
Intervalle de mesure 250m

Chapitre IV Dimensionnement du corps de Chaussée

D'après les graphes ci-dessus on peut dire ce qui suit :

Les déflexions enregistrées par les géophones loin (D5 ; D6 ; D7 ; D8 ; D9) sur la totalité du tronçon suggèrent une hétérogénéité du sol support ;

Les graphes des déflexions montrent un changement de la nature de sol support au niveau de la section limitée entre PK118+000 et PK126+000 et la section entre PK140+000 et PK146+000 par rapport à la section intermédiaire limitée entre le PK 126+000 et le PK 140+000.

➤ **Module de surface :**

Le module de surface (surface modulus E_0) est le module d'une seule couche équivalente qui va donner une déflexion en surface égale à celle enregistrée sur un système multicouche réel.

$$E_0(0) = \frac{2(1-\nu^2)\sigma_0 \cdot a}{\delta(0)}$$

$$\delta(0)$$

$$E_0(r) = \frac{(1-\nu^2)\sigma_0 \cdot a^2}{r \cdot \delta(r)}$$

$$r \cdot \delta(r)$$

$E_0(r)$ = surface modulus at equivalent depth r (MPa)

ν = module de surface

σ_0 = pression sous la plaque du chargement

a = rayon de la plaque du chargement

r = distance du géophones par rapport le centre de la plaque du chargement

$\delta(r)$ = déflexion à la distance par rapport le centre de la plaque du chargement.

Ce module permet de constater la présence de couches souples ou rigides, il est utilisé aussi pour donner une première estimation des modules d'élasticité de la chaussée. Le module de surface E_0 est un outil simple et pratique pour la détection de présence de couche faible, mais le module de ces couches ne peut être déterminé directement à partir d' E_0 seulement.

Les modules E_0 pour chaque section sont donnés sur les graphes et les tableaux suivants :

Chapitre IV Dimensionnement du corps de Chaussée

Tab. (IV.2) Résultats des modules de surface

Position géophones (mm)	Nbre de points mesurés	Moyenne Module E_0 (Mpa)	Max	Min	Ecart type.
0 *	90	516	1138	212	1,382
200 *	90	225	543	92	1,406
300 *	90	177	437	69	1,404
450 *	90	148	381	57	1,435
600 *	90	143	374	53	1,454
900 *	90	155	555	72	1,507
1200 *	90	178	979	82	1,624
1500 *	90	210	1562	87	1,751
1800 *	90	254	2116	99	1,868

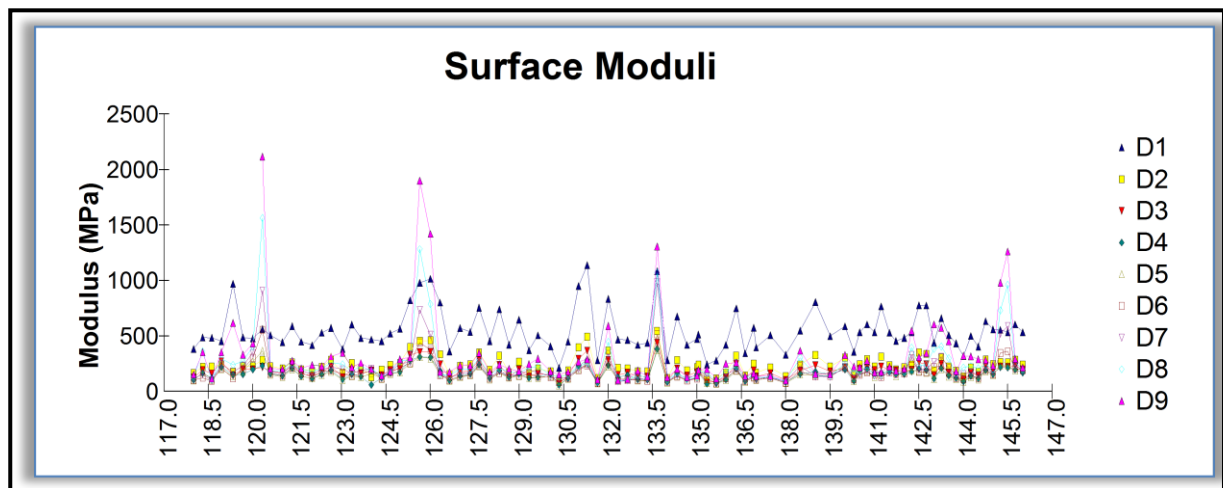


Fig.(IV.7) Surface modulée section limitée entre PK118 et PK146 Intervalle de mesure 250m

Chapitre IV Dimensionnement du corps de Chaussée

Le géophone centrale D_0 a enregistré un module de surface moyen de 518 Mpa, c'est une valeur relativement faible et reflète un corps de chaussée de faibles performances mécaniques.

➤ Modélisation :

La nature et les épaisseurs des matériaux constituant le corps de chaussée ont été acquis au moyen de carottage, qui nous a permis de mettre en évidence un modèle de la structure de la chaussée qui est composée de bas en haut par :

- Sol support possédant une qualité portante relativement faible;
- Une couche de base en matériau granulaire sur une épaisseur variable;
- Une couche de roulement en matériau bitumineux d'épaisseur variable;

Layer	Thickness (mm)	Modulus (MPa)	Material
1	180	2500	AC
2	300	300	Granular
3		50	Clay
4			
5			



Couche bitumineuse en :

Couche de base en matériau

Sol support

Fig.(IV.8) Modèle de la structure de la chaussée

Chapitre IV Dimensionnement du corps de Chaussée

➤ Calcul des modules d'élasticités :

Le calcul des modules élastiques E_i des couches ; Après avoir introduit les épaisseurs (e_i) des différentes couches de la structure et compte tenu d'une part du module moyen défini et, d'autre part, des valeurs mesurées lors de l'essai, le module de chacune des couches est calculé (calcul inverse) ainsi que les contraintes et déformations correspondantes. Les éléments théoriques utilisés lors de cette phase de calculs itératifs sont basés sur le principe M.E.T. (Method of Equivalent Thicknesses), ou méthode d'Odemark-Kirk, complétées par la théorie de Boussinesq.

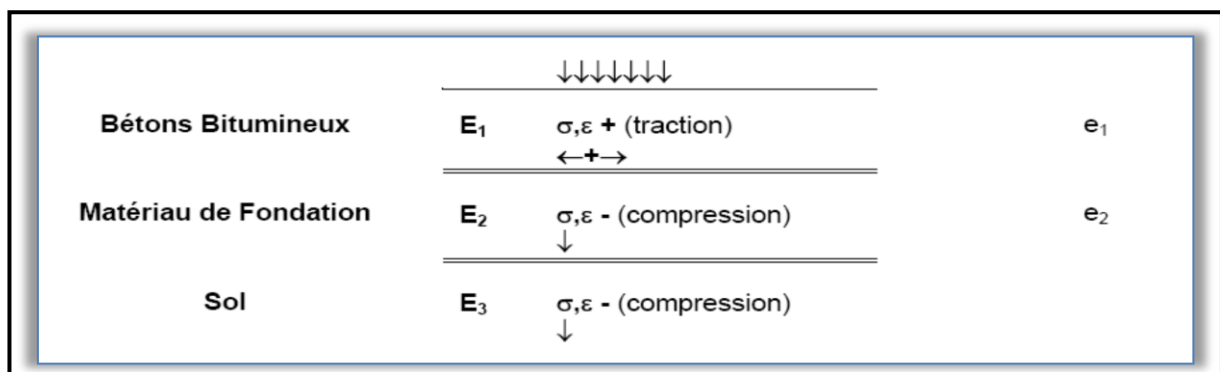
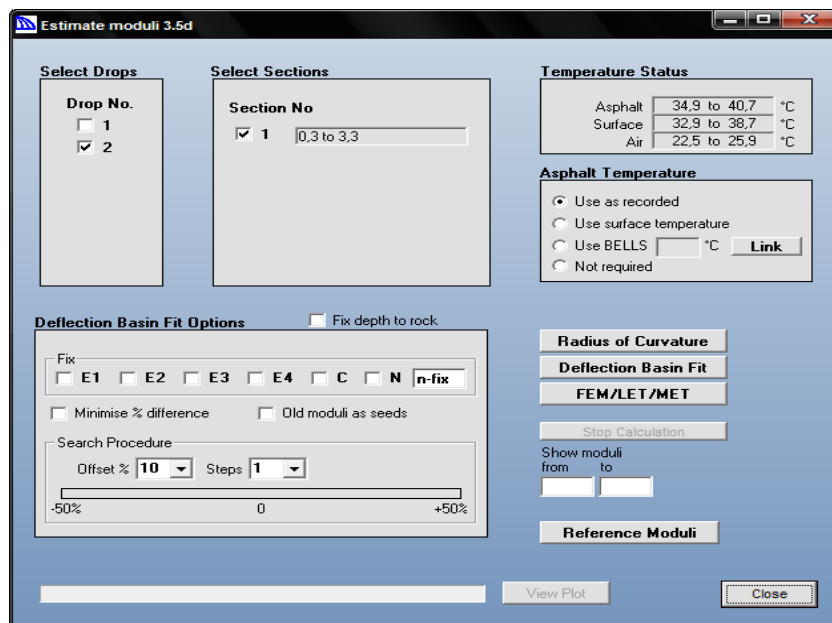


Fig.(IV.9) Les modules élastiques de la structure

➤ Théories d'élasticités :

. Hypothèse

Système élastique linéaire

Charge uniformément répartie

Matériau homogène et isotrope

Toute les couches sont infini horizontalement

Le sol support est infini en profondeur

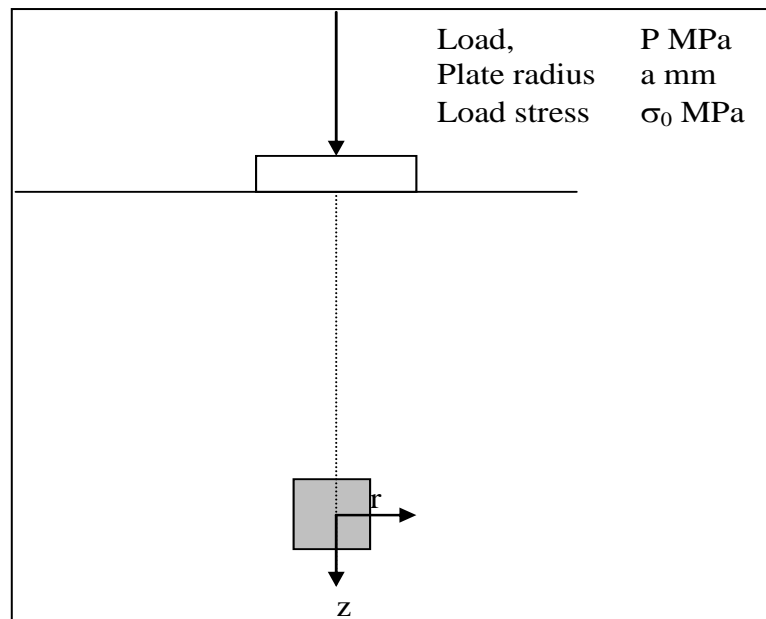


Fig.(IV.10) Principe de la théorie d'élasticité

σ_z = contrainte normale à la profondeur z.

ξ_z = déformation verticale à la profondeur z.

dZ = Déplacement (déflexion) à la profondeur z.

σ_0 = contrainte à la surface (MPa).

E = module d'élasticité (MPa).

ν = module de poisson

a = rayon de la plaque (mm).

➤ **Théorie de BOUSSINESQ**

- **Contrainte normale (équation de BOUSSINESQ)**

$$\sigma_z = \sigma_o \left(1 - \frac{1}{\left(\sqrt{1 + \left(\frac{a}{z} \right)^2} \right)^3} \right)$$

$$\sigma_r = \sigma_t = \sigma_o \left[\frac{1+2\nu}{2} - \frac{1+\nu}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{z} \right)^2}} + \frac{1}{2 \left(\sqrt{1 + \left(\frac{a}{z} \right)^2} \right)^3} \right]$$

- **Déformation normale (équation de BOUSSINESQ)**

$$\varepsilon_z = \frac{(1+\nu)\sigma_o}{E} \left[\frac{\frac{z}{a}}{\left(\sqrt{1 + \left(\frac{z}{a} \right)^2} \right)^3} - (1-2\nu) \left(\frac{\frac{z}{a}}{\sqrt{1 + \left(\frac{z}{a} \right)^2}} - 1 \right) \right]$$

$$\varepsilon_r = \frac{(1+\nu)\sigma_o}{2E} \left[\frac{-\frac{z}{a}}{\left(\sqrt{1 + \left(\frac{z}{a} \right)^2} \right)^3} - (1-2\nu) \left(\frac{\frac{z}{a}}{\sqrt{1 + \left(\frac{z}{a} \right)^2}} - 1 \right) \right]$$

- **Déplacement :**

$$d_z = \frac{(1+\nu)\sigma_o a}{E} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{z}{a} \right)^2}} + (1-2\nu) \left(\sqrt{1 + \left(\frac{z}{a} \right)^2} - \frac{z}{a} \right) \right]$$

Chapitre IV Dimensionnement du corps de Chaussée

A la fin de cette première phase d'exploitation des mesures, les données suivantes, qui sont les réponses in-situ de la structure, sont disponibles au droit de chaque point testé :

Après cette partie analytique, il reste à interpréter les résultats en termes de "résistance globale à la portance" vis à vis du trafic futur prévu. Dans un premier temps, plusieurs paramètres doivent être définis, en particulier la variation des modules des bétons bitumineux en fonction de la température.

L'interprétation "empirique" des résultats, est proposée à travers le logiciel ELMOD 6 (Elevation Layer Moduli Overlay & Design), qui combine un critère "structurel" qui est la déformation horizontale à la base des bétons bitumineux, et un critère "fonctionnel", qui définit la contrainte verticale sur les couches non liées de fondation.

Les modules d'élasticité calculés par la méthode « **Déflexion Bassin Fit** » sont donnés sur les graphes suivants :

Tab. (IV.3) Les résultats des modules d'élasticité

couche	Nbre de points mesurés	Moyenne (Mpa)	Ecart type
E1	90	2300	1,625
E2	90	416	1,847
E3	90	68	1,725

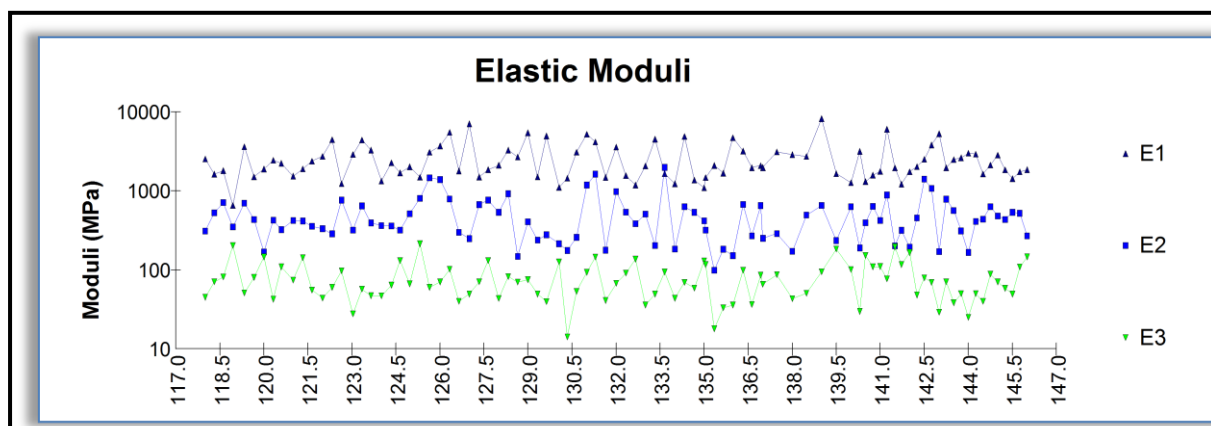


Fig.(IV.11) Les modules élastiques Déflexion Bassin Fit

- Le module E_1 moyen de la couche bitumineuse est de 2300Mpa, C'est une valeur faible reflète début de l'épuisement de la couche de roulement ;
- Les modules E_2 , calculés en valeurs moyennes pour la deuxième couche en matériau est de 416Mpa.
- La valeur moyen de module E_3 du sol support est de 68Mpa, c'est une valeur faible caractérise un support de faible rigidité.

Chapitre IV Dimensionnement du corps de Chaussée

Les mesures effectuées avec l'appareil HWD sur le tronçon limité entre 118+000 et 146+000 de la RN14 ont montré que :

- Les déflexions enregistrées par les géophones loin (D_5 ; D_6 ; D_7 ; D_8 ; D_9) sur la totalité du tronçon suggèrent une hétérogénéité du sol support ;
- Les graphes des déflexions montrent un changement de la nature de sol support au niveau de la section limitée entre PK118+000 et PK 126+000 et la section entre PK 140+000 et PK 146+000 par rapport à la section intermédiaire limitée entre le PK 126+000 et le PK 140+000 ;
- Le géophone centrale D_0 a enregistré un module de surface moyen de 518 Mpa, c'est une valeur relativement faible et reflète un corps de chaussée de faible performance mécaniques ;
- Le module E_1 moyen de la couche bitumineuse est de 2300Mpa, c'est une valeur faible reflète le début de l'épuisement de la couche de roulement ;
- Les modules E_2 , calculés en valeurs moyennes pour la deuxième couche en matériau est de 416Mpa. la valeur moyen de module E_3 du sol support est de 68Mpa, c'est une valeur faible caractérise un support de faible rigidité.

IV.2.b Analyse des résultats de l'uni :

➤ - Principe de mesure :

Les mesures ont été effectuées à des vitesses variant entre 20 et 80 Km/h. Les lasers mesurent les hauteurs entre le revêtement et les capteurs (H_1 et H_2) et les accéléromètres corrigent le mouvement du véhicule (H_{acc}). Le profil est obtenu par la combinaison de ces mesures. Le schéma suivant donne une idée claire sur le principe de mesure.

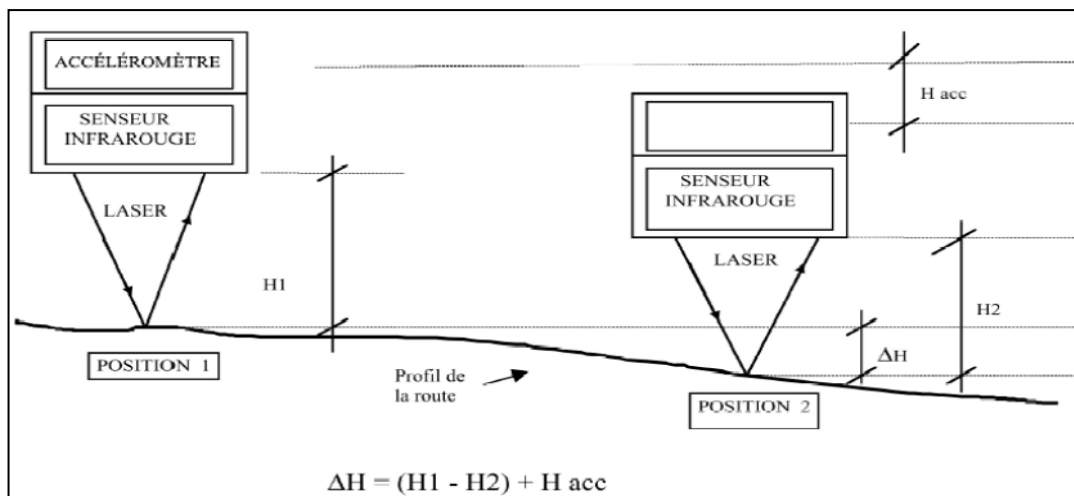


Fig.(IV.12) Le principe de mesure du profilomètre à laser RSP 5051

Chapitre IV Dimensionnement du corps de Chaussée

Les données obtenues sont enregistrées sous forme de profils en long et traduites à tous les 10 m en un indice de planéité ou de confort ou roulement appelé IRI « International Roughness Index », qui est un indicateur d'uni proportionnel aux déplacements verticaux cumulés de l'axe d'une roue par rapport au châssis du véhicule exprimé en m/km. L'IRI varie entre 0 m/km et 10 m/km représentant, respectivement, une chaussée parfaite et une chaussée complètement détériorée sur laquelle on ne peut circuler qu'à basse vitesse.

➤ -Implantation des profils :

Un profil été réalisé sur la voie droite de la route en allant du pk 118 vers le pk 146, la figure ci-dessus met en évidence la position de profil réalisé.

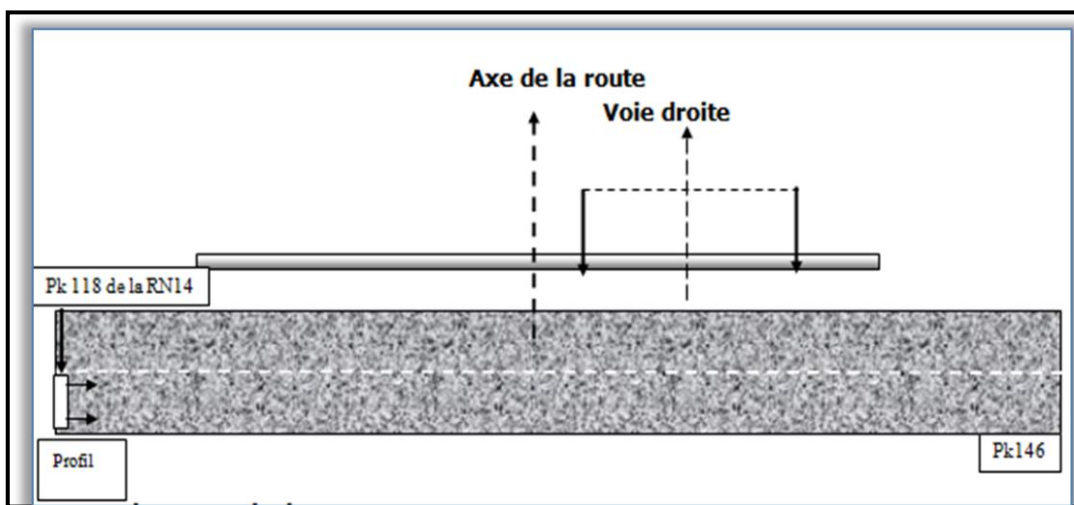


Fig.(IV.13) La position du profil réalisé

Le tableau suivant donne les valeurs moyennes d'IRI pour chaque profil par des sections de 1000 m

Tab. (IV.4) Les valeurs moyennes d'IRI

section (PK)	Gauche (IRI)	Sections (PK)	Gauche (IRI)
118-119	2.68	132-133	3.06
119-120	2.43	133-134	3.03
120-121	3.09	134-135	2.84
121-122	3.39	135-136	3.92
122-123	3.91	136-137	2.12
123-124	3.47	137-138	2.82
124-125	2.42	138-139	2.70
125-126	3.16	139-140	2.51
126-127	2.04	140-141	2.22
127-128	2.08	141-142	1.84
128-129	2.76	142-143	2.03

129-130	2.50	143-144	2.50
130-131	2.73	144-145	2.16
131-132	3.06	145-146	2.41

Les moyennes d'IRI au niveau du profil (01) varient entre 1.92 et 4.67 m/Km avec une valeur moyenne de 2.74m/Km, ce qui représente dans l'ensemble un état moyen non négligeant la présence des plusieurs défauts d'uni où la valeur d'IRI >5m/km

IV.3 Les structures de la chaussée proposées

1) A partir des auscultations automatiques :

- **RENFORCEMENT DIRECT APRES FRAISAGE :**

14cm en grave bitume (GB) + 08 cm en béton bitumineux (BB).

- **DECAISSEMENT :**

30 cm en grave non traité + 14cm en (GB) + 08 cm en (BB).

2) A partir des fiches techniques du guide de renforcement :

Afin de procéder aux palliatifs appropriés pour préserver la nouvelle chaussée, il faut tout d'abord formuler des hypothèses relatives au trafic ainsi que la composition avancée de ce dernier.

Selon le catalogue de renforcement des chaussées, établi par l'organisme national de contrôle technique des travaux publics (CTTP), le type de renforcement sera à partir des grilles de décisions établies pour conduire au choix du type de renforcement : Léger, Moyen, Lourd et Très lourd.

Cependant, le type de renforcement sera en fonction :

- De l'importance du trafic (classes de trafic définies précédemment).
- Des critères d'auscultation de la chaussée (dégradations, uni, déflexion).

On prend :

- Un taux de croissance annuel : **5%**.
- Une durée de vie escomptée : **20 ans**.
- Une classe de trafic de calcul : **T3**.

Chapitre IV Dimensionnement du corps de Chaussée

- Les critères d'auscultation de la chaussée ont fait ressortir un type de renforcement : **moyen.**

Selon la fiche technique de renforcement pour une couche de base en grave bitume et la couche de roulement béton bitumineux, le corps de chaussée peut être constitué de :

- ✓ **Une couche de roulement en béton bitumineux (0/14) de 05 cm.**
- ✓ **Une couche de base en grave bitume (0/20) de 16cm (1^{ere} couche 8cm + 2^{eme} couche 8cm).**

IV.4 La variante choisie de la structure de chaussée :

En matière de recommandation, à ce sujet, le dimensionnement du corps de chaussée proposé par l'auscultation automatique (déflexion, uni) sera reconduit pour ce tronçon de route qui sera à titre de rappel :

- **RENFORCEMENT DIRECTE APRES FRAISAGE :**

14cm en grave bitume (GB) + 08 cm en béton bitumineux (BB).

- **DECAISSEMENT :**

30 cm en grave non traité + 14cm en (GB) + 08 cm en (BB).

Note importante:

Théoriquement une étude de renforcement selon les catalogues de dimension en vigueur a une durée de validité de deux années, mais dans le cas où les travaux n'interviennent pas dans la dite durée, il sera procéder à son actualisation par :

- **Age de l'étude compris entre 2 et 3 ans :**

-Le relevé visuel (actualisation des dégradations).

-La campagne de mesures d'uni.

- **Age de l'étude supérieur à 3 ans :**

Dans ce cas, il y a lieu d'ausculter la chaussée de nouveau en procédant aux :

-Le relevé visuel (dégradations).

-Mesures de déflexions.

-Mesures d'uni pour actualiser le dimensionnement.

IV.5 Points singuliers (rectification de virages ou élimination de sommets de côtes)

Il faut procéder au décapage de la terre végétale, éventuellement à la purge des zones déformées et au compactage du sol support pour augmenter sa portance si ceci s'avérerait insuffisant il fut prévoir une couche de forme ; en plus le sol support devra être contrôlé, dans le cas où on optera pour une assise drainante.

Certaines dispositions doivent être assurées, à savoir :

- Prévoir un système de drainage efficace par la mise en place des fossés et les ouvrages en nombre suffisant et convenablement positionnés afin de maîtriser les eaux de ruissellement et les eaux pluviales et éviter leurs infiltrations.
- Réalisation de gabions dans les zones de remblais, en plus de cunettes et de descentes d'eau.

IV.6 Profil en travers type

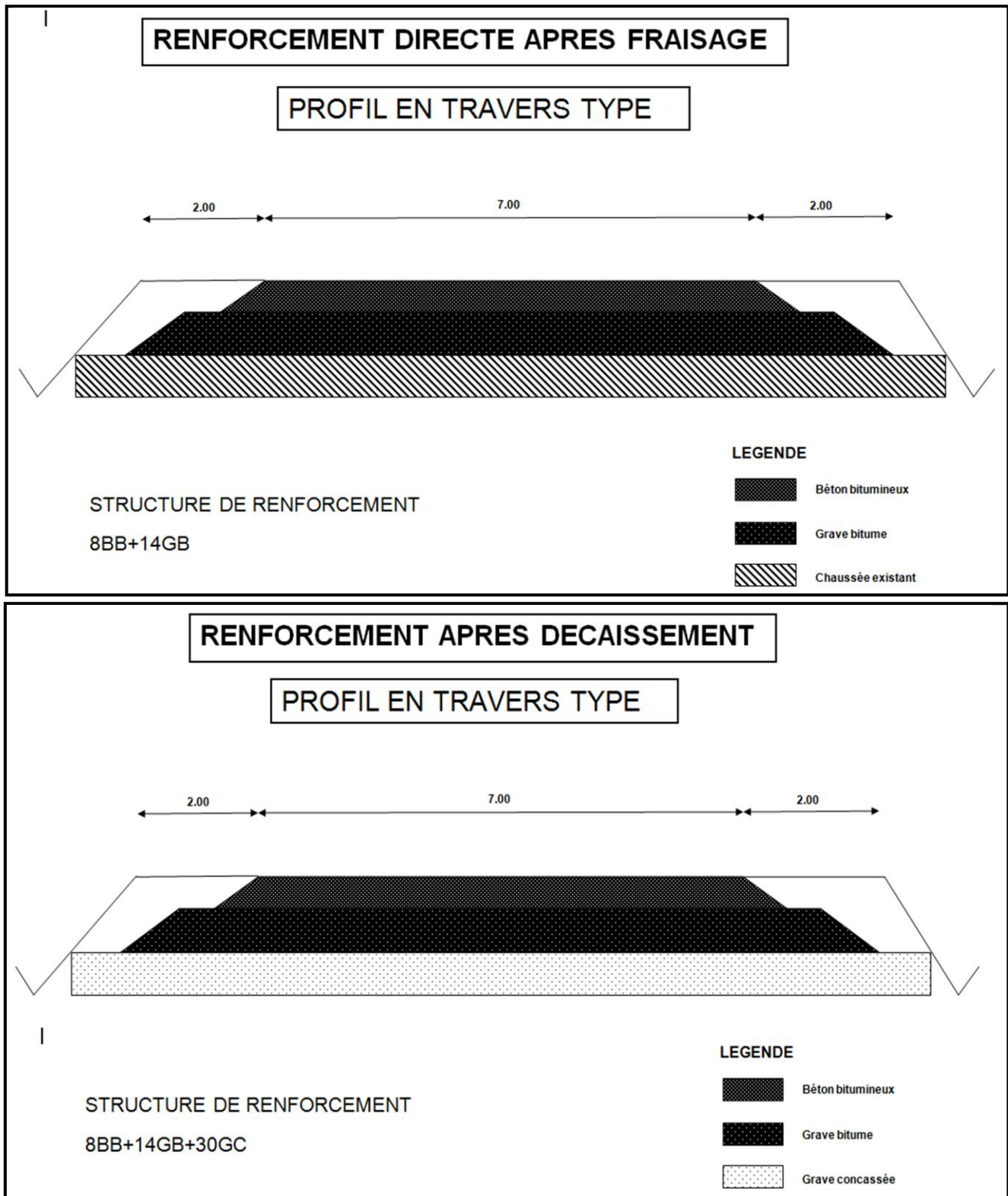


Fig.(IV.14) Profil en travers type des différentes structures

IV.7 Evaluation du coût financier

L'estimation du coût financier sera l'objet d'une évaluation quantitative et estimative du cout des travaux et une analyse des prix de la variante citée plus hauts, cette analyse financière variantes portera uniquement sur les travaux mécanisés.

IV.7.a Avant métrée

Le métré est une analyse quantitative des matériaux; c'est-à-dire procéder à la recherche des quantités de matières, de produits finis ou semis finis et de temps nécessaires à la réalisation d'une construction.

Ce dimensionnement permet d'établir une avant- métrée détaillé dont le tableau ci-après regroupe l'ensemble des sections objet des travaux recommandés.

Tab. (IV.5) Avant métrée

localisation (PK)	Fraisage	Décaissement		
	surface (m2)	surface (m2)	Prof (m)	Volume (m3)
118+000-119+000	7000	/	/	/
119+000-120+000	7000	/	/	/
120+000-121+000	7000	/	/	/
121+000-122+000	/	10000	0,35	3500
122+000-123+000	/	10000	0,35	3500
123+000-124+000	/	10000	0,35	3500
124+000-125+000	/	10000	0,35	3500
125+000-126+000	/	10000	0,35	3500
126+000-127+000	7000	/	/	/
127+000-128+000	7000	/	/	/
128+000-129+000	7000	/	/	/
129+000-130+000	/	10000	0,35	3500
130+000-131+000	/	10000	0,35	3500
131+000-132+000	/	10000	0,35	3500
132+000-133+000	/	10000	0,35	3500
133+000-134+000	/	10000	0,35	3500
134+000-135+000	/	10000	0,35	3500
135+000-136+000	/	10000	0,35	3500
136+000-137+000	/	10000	0,35	3500
137+000-138+000	/	10000	0,35	3500
138+000-139+000	/	10000	0,35	3500

Chapitre IV Dimensionnement du corps de Chaussée

139+000-140+000	7000	/	/	/
140+000-141+000	7000	/	/	/
141+000-142+000	/	10000	0,35	3500
142+000-143+000	/	10000	0,35	3500
143+000-144+000	/	10000	0,35	3500
144+000-145+000	7000	/	/	/
145+000-146+000	7000	/	/	/
SOMME	70000	180000	/	63000

IV.7.b Quantités à mettre en œuvre

Le tableau suivant récapitule les résultats des quantités de l'avant métrée.

Tab. (IV.6) *Quantités à mettre en œuvre*

MISE EN ŒUVRE DE LA STRUCTURE DE RENFORCEMENT		
Désignation	Unité	Quantités
Mise en œuvre du béton bitumineux (BB)	T	36848
Mise en œuvre de la grave bitumineux (GB)	T	65856
Accrochage (2×GB et BB)	Kg	137200
Accrochage (GB actuelle chaussée)	Kg	28000
Rechargement des accotements	M ³	44784
rehaussement des trottoirs	ML	1400
TRAVAUX PREPARATOIRE		
Décaissement	M ³	63000
Fraisages	M ²	70000
Grave concassé	M ³	37800
Imprégnation	M ²	126000
Création de fossés bétonnés	ML	5400

IV.7.c Le coût financier

Comme nous avons signalés ci-dessus, cette variante consiste aux travaux de traitement localisés des points critiques, et un renforcement direct après fraisage en grave bitume (GB) + en béton bitumineux (BB).

Chapitre IV Dimensionnement du corps de Chaussée

Le cout de ces travaux est estimé environs de **857 649 660.00 DA**. Les prix attribués sont des prix les plus récents, et courants, pratiqués sur le territoire national Algérien (voir le détail dans le tableau ci- dessous).

Tab. (IV.7) *Tableau quantitatif et estimatif des travaux*

N°	DESIGNATION	U	QUANTITE	P.UNITAIRE (HT)	MONTANT (H.T)
01	Décaissement de la chaussée existante sur une épaisseur de 35cm	M3	63000	250.00	15 750 000.00
02	Fraisages de la chaussée existante épaisseur 05cm	M3	70000	150.00	10 500 000.00
03	F/P Couche de fondation en grave concassée d'une Ep :30 cm et toutes sujétions de bonne exécution	M3	37800	1500.00	56 700 000.00
04	Imprégnation en Cut back	M2	126000	100.00	12 600 000.00
05	Couche d'accrochage (2*GB+BB) Dosé à 0.35kg/m2	Kg	137200	70.00	9 604 000.00
06	Couche d'accrochage (GB actuelle chaussée) Dosé à 0.40 kg/m2	Kg	28000	70.00	1 960 000.00
07	Mise en œuvre de la grave bitumineux (GB)	T	65856	5000.00	329 280 000.00
08	Mise en œuvre du béton bitumineux (BB)	T	36848	5500.00	202 664 000.00
09	Rechargement des accotements en grave concassée (GC)	M3	44784	1500.00	67 176 000.00
10	Réalisation de fossés bétonnés	ML	5400	2500.00	13 500 000.00
11	Rehaussement des trottoirs	ML	1400	700.00	98 0000.00
T.H.T					720 714 000.00
T.V.A19%					136 935 660.00
T.T.C					857 649 660.00

IV.8 Conclusion

En terme de conclusion de ce chapitre, l'auscultation des dégradations est effectuée par les appareils (HWD- Profilomètre Laser) basé sur le pourcentage des poids lourd estimé à partir de la campagne du comptage de trafic, et le profil géotechnique du corps de chaussée (Nature, épaisseur des couche), et le constat visuel des dégradations.

L'évaluation de ces dégradations par les méthodes automatiques ou à l'aide du guide de renforcement, ont permet de proposer une solution par l'instauration d'un nouveau corps de chaussée ce qui a conduit par la suite à établir une avant métrée dans les cas : après fraisage et après décaissement.

Par rapport aux prix actualisés du marché, l'évaluation du coût financier de cette nouvelle structure est estimée à 857 649 660.00 DA (TTC).

CONCLUSION GENERALE

Avec près d'un million de kilomètres en Algérie, le réseau routier assure aujourd'hui 87 % des déplacements de voyageurs. Il est donc important pour les responsables d'assurer leur durabilité afin de réduire les dépenses d'entretien et de renouvellement. Il est également essentiel pour les pouvoirs publics de limiter leurs impacts sur l'environnement et de réduire les conséquences de l'insécurité routière.

Parvenu au terme de ce travail, il est nécessaire de faire apparaître les principales conclusions, et ce qui reste à faire en vue d'envisager d'autres études ultérieures.

A travers l'exposé des différentes structures de chaussée, nous concluons que leurs comportements vis-à-vis les charges et les surcharge et d'autres facteurs engendrent plusieurs dégradations.

La dégradation et l'usure des revêtements routiers sont le résultat de plusieurs phénomènes qui surviennent pendant la durée de vie de la chaussée.

Les causes sont nombreuses et les modes de dégradations varient selon ces causes. Les sollicitations mécaniques et thermiques sont les principaux responsables de la dégradation des revêtements routiers et elles doivent être prises en considération lors de la phase de conception de la chaussée et lors du choix de ces constituants.

La compréhension de ces modes de dégradation et d'usure est aussi importante pendant la durée de vie de la chaussée afin d'assurer un bon entretien de la chaussée et de prolonger sa durée de vie. Le choix des techniques d'entretien doit passer impérativement par une bonne analyse des causes.

De ce fait, l'auscultation et l'évaluation de l'ampleur de ces dégradations sont effectuées par plusieurs méthodes (Par relevé visuel, par appareillage), dont celles réalisées par le HWD et le profilomètre laser demeurent les plus pratiques, en se basant sur l'estimation du trafic et l'inventaire géotechnique.

L'évaluation de ces dégradations par les méthodes automatiques ou à l'aide du guide de renforcement, ont permis de proposer un renforcement de la route par un nouveau corps de chaussée ce qui a conduit par la suite à établir une avant métrée dans les cas : après fraisage et après décaissement.

Par rapport aux prix actualisés du marché, l'évaluation du coût financier de cette nouvelle structure est estimée à 857 649 660.00 DA (TTC)..

Le renforcement de ce tronçon de 28 km, il répondra au souci immédiat de l'état pour dynamiser l'économie de la région de Tiaret surtout après la création de deux zones industrielles à Zaâroura et à Bouchekif.

Conclusion générale

La route représente la vie, pour cette raison l'ingénieur concepteur et les services des travaux publics doivent se méfier et travailler avec conscience en développant tous les éléments nécessaires pour l'étude de la route, particulièrement :

- Le choix du tracé
- Les rampes
- Les limitations de vitesse
- Les signalisations
- L'entretien

Finalement, j'espère que cet humble travail va aider les prochaines promotions dans leurs études.

Bibliographie

1. Catalogue des dégradations de surface des chaussées – LCPC1998
2. Guide de renforcement fascicule 1 et 2- Algérie
3. Archives de laboratoire des travaux publics LTPO Unité de Tiaret
4. Direction des travaux publics
5. Route (circulation-tracé – construction) de R-COQUAND-France
6. Relevé des dégradations de surface des chaussées-LCPC 1997
7. Bulletin des laboratoires des ponts de chaussées –LCPC 1997
8. Catalogue des structures types de chaussées neuve – Ministère l'équipement et l'aménagement – France
9. Catalogue des structures types de chaussées – Algérie 1977
10. Type des dégradations de chaussées Ministère des travaux publics et de construction – Algérie 1976
11. Des documents du CTTP Algérie.
12. Cours du l'Entp
13. Mémoire fin d'étude
14. Site d'internet.
15. LCPC et SETRA , Décembre 1994, « Conception et dimensionnement des structures de chaussée », Guide technique, Paris
16. CTTP, novembre 2001, « Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves », Fascicule 1,