

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**

**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA**

**Faculté des Sciences Appliquées**

**Département de Génie civil et Hydraulique**

**Mémoire fin d'études**

**MASTER ACADEMIQUE**

**Domaine : Sciences et Technologies**

**Filière : Travaux Publics**

**Spécialité : Voies et Ouvrages d'Art**

**Présenté par :**

❖ HANNOUNA Abdesselam

❖ DJEDIAI Abdelmadjid

**Thème:**

**ÉXPERTISE GEOTECHNIQUE DE LA RN3 du PK 542 au PK 544**

**Sur 2,0 Km entre Touggourt et Ouargla**

**Soutenu publiquement le : 01/06/2025**

**GHOUGALI Maamar**

**MCB**

**UKMO**

**Président**

**BENTATA Aissa**

**MCB**

**UKMO**

**Examineur**

**KEBAILI Nabil**

**MCA**

**UKMO**

**Encadreur**

**Devant le jury composé de :**

***Année Universitaire : 2024 / 2025***



الإسلام  
الإسلام  
الإسلام



إلهي لا ينور الليل إلا بالتهجد ولا ينور النهار إلا بالعمل الصالح ولا يحلو الفراغ إلا بحمدك  
وذكرك ولا ننال الآخرة إلا برضائك ولا تنور الجنة إلا برؤية وجهك الكريم ... الله مولانا عز وجل  
... فالشكر والحمد لله حمدا كثيرا مباركا.

إلى سيدنا وحبينا إلى ناصر الحق بالحق والهادي إلى الصراط المستقيم إلى سيدي الخلق  
وناصح الأمة إلى من أدى الأمانة وبلغ الرسالة.. إلى خاتم الأنبياء والرسل ونبي هذه الأمة.. سيدنا  
وحبينا محمد صل الله عليه وسلم.

إلى من أحمل اسمه بكل عز وافتخار إلى من رباني على الإيمان والتقوى إلى من كل وتعبد  
من اجلي ليرى ثمارا اصلحها الله بعد طول انتظار.. إلى من نقشت كلماته في عقلي لأهتدي بها في  
دربي وابني بها مستقبلي... إلى والدي وأبي العزيز والغالي.

إلى من سهرت الليالي من أجل راحتي إلى من لا يطيب خاطرها إلا بسعادتي إلى من لا تهدأ  
ولا ترتاح إلا بجانبها إلى الحنان والحب... إلى من كان رضاها ودعائها ثمرة نجاحي... إلى أمي أمي  
الحببية والغالية ، دوما في قلبي.. إلى والدي وأمي العزيزة والغالية.  
إلى الذين أناروا طريقنا بالمزيد من العلم والمعرفة إلى دكاترتنا وإساتذنا الأفاضل راجيا من الله  
ان يجازيهم عنا كل خير.

إلى من يجمعهم بنا بيت واحد وأما وانا واحدا إلى من سعادتهم سعادتي إلى ينباع الصدق  
الصافي.. إلى من كانوا ينيرون لي الطريق... إلى إخوتي وأخواتي راجيا من الله ان يجازيهم عنا كل  
خير.

إلى من معهم سرنا في دروب الحياة الحلوة والحزينة وفي طريق النجاح والخير معا إلى  
أصدقائي الأعزاء راجيا من الله ان يجازيهم عنا كل خير.

إلى من يحمل لقبني إلى كل من زرع التفاؤل في دربنا وقدموا لنا المساعدة من قريب أو بعيد.  
حنونة عبد السلام

الإسلام  
74 6 4444 74 6



إلهي لا ينور الليل إلا بالتهجد ولا ينور النهار إلا بالعمل الصالح ولا يحلو الفراغ إلا بحمدك  
وذكرك ولا ننال الآخرة إلا برضائك ولا تنور الجنة إلا برؤية وجهك الكريم ... الله مولانا عز وجل  
... فالشكر والحمد لله حمدا كثيرا مباركا.

إلى سيدنا وحبیبنا الى ناصر الحق بالحق والهادي الى الصراط المستقيم الى سيدي الخلق  
وناصح الأمة الى من أدى الأمانة وبلغ الرسالة.. إلى خاتم الانبياء والرسل ونبى هذه الامة.. سيدنا  
وحبیبنا محمد صل الله عليه وسلم.

إلى من أحمل اسمه بكل عز وافتخار إلى من افتقدته بعد رحيله وكان سندي الى من رباني  
على الايمان والتقوى إلى من كل تعب من اجلي ليرى ثمارا اصلحها الله بعد طول انتظار.. إلى من  
نقشت كلماته في عقلي لأهتدي بها في درب وابني بها مستقبلي اللهم ارحمه برحمتك الواسعة واسكنه  
فسيح جناتك ... إلى والدي وأبي رحمة الله عليه.

إلى من بكيت ومازلت ابكي عليها كلما تفكرتها إلى من سهرت الليالي من اجل راحتى الى من  
لايطيب خاطرها إلا بسعادتي الى من لا تهدأ ولا ترتاح الا بجانبها الى الحنان والحب... إلى من كان  
رضاهم ودعاتها ثمرة نجاحي... إلى أمي أمي الحبيبة والغالية ، دوما في قلبي.... الاهی راجيا منك  
ان تتغمدنا برحمتك الواسعة وان تسكنها فسيح جناتك إلى والدي وأمي رحمة الله عليها.  
إلى الذين أناروا طريقنا بالمزيد من العلم والمعرفة إلى دكاترتنا واساتذنا الأفاضل راجيا من الله  
ان يجازيهم عنا كل خير.

إلى من يجمعهم بنا بيت واحد واما واما واحدا إلى من سعادتهم سعادتي إلى ينابيع الصدق الصافي  
إلى من كانوا ينبرون لي الطريق... إلى إخوتي وأخواتي راجيا من الله ان يجازيهم عنا كل خير.  
إلى من معهم سرنا في دروب الحياة الحلوة والحزينة وفي طريق النجاح والخير معا إلى  
أصدقائي الأعزاء راجيا من الله ان يجازيهم عنا كل خير.

إلى من يحمل لقبى إلى كل من زرع التفاؤل في دربنا وقدموا لنا المساعدة من قريب أو بعيد.

جديعي عبد المجيد

# Remerciements

*Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude à mon Encadreur de Mémoire, Dr [KEBAILI Nabil](#). Nous le remercions pour ses conseils, son accompagnement et ses éclairages.*

*Nous adressons nos sincères remerciements à tous les professeurs et enseignants, ainsi qu'à tous ceux qui, par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques, ont enrichi notre réflexion et ont accepté de nous rencontrer et de répondre à nos questions tout au long de nos recherches.*

*Nous remercions nos collègues qui nous ont toujours accompagnés et soutenus. Nous remercions nos frères et sœurs pour leurs encouragements.*

*Nous remercions nos amis qui nous ont toujours accompagnés. Leur soutien et leurs encouragements constants nous ont été d'une grande aide.*

*Nous exprimons à tous ces contributeurs notre profonde gratitude, notre respect et notre reconnaissance.*

*Enfin, nous adressons nos sincères remerciements à nos collègues de l'Université [Kasdi Merbah Ouargla](#) pour leur coopération et leur soutien moral.*

# TABLE DES MATIERES

Titre	Page
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ	A
DEDICACES	B
DEDICACES	C
REMERCIEMENTS	D
NOMENCLATURE	E-F-G
LISTE DES FIGURES	H
LISTE DES IMAGES	H
LISTE DES TABLEAUX	I
<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	
INTRODUCTION GENERALE	1
<b>CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS SUR LES ROUTES</b>	
I - GÉNÉRALITÉS SUR LES ROUTES	2
I.1. INTRODUCTION	2
I.2. DEFINITION	2
I.3. CONSTITUTION D'UNE STRUCTURE DE CHAUSSEE	2
I.3.1 couche de roulement	2
I.3.2 couche de base	2
I.3.3 couche de fondation (ou sous-couche)	3
I.4. DIFFERENTES STRUCTURES DE CHAUSSEES	3
I.4.1. Chaussée à structure souple	4
I.4.2. Chaussée à structure semi-rigide	4
I.4.3. Chaussée à structure rigide	5
I.5. DEGRADATIONS DES CHAUSSEES BITUMINEUSES	6
I.5.1. dégradations superficielles	6
I.5.2. dégradations structurelles	6
I.5.2.1. Fissurations	6
a. Fissures longitudinales	6
b. Fissures transversales	8
c. Fissures en dalles	8
d. Fissures de joint	8
e. Fissures d'adaptation	8
f. Fissures diverses	8
g. Faïençage	9
h. Fissures de retrait	9
i. Fissures de fatigue (peau de crocodile)	10
I.5.2.2. mouvements de matériaux	10
I.5.2.3. arrachements	11
I.6. CONCLUSION	12
<b>CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET</b>	
II. PRESENTATION DU PROJET	13
II.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET VOIES D'ACCES	13
II.2. Géologie locale	13
II.3. Hydrogéologie	13

II.4. Géomorphologie	14
II.5. Climat de la région	14
II.6. données d'accident	14
II.7. données de signalisation	15
II.8. Introduction d'expertise géotechnique	16
II.8.1. Donnés sur le projet	16
II.8.1.1. Etat actuel de la chaussée	16
II.8.1.2. Structure projet	16
II.8.1.3. Formulation adoptée	17
II.8.2. Auscultation visuelle de la chaussée	19
II.8.2.1. Présentation de la trace	19
II.8.2.2. Relevé visuel de tracé	19
II.8.2.3. Localisation et aperçue des sections dégradées	22
II.9. COMPTAGE DU TRAFIC ROUTIER	24
II.10. CONCLUSION	24
<b>CHAPITRE III : ANALYSE DES MATERIAUX DU CORPS DE CHAUSSEE</b>	
III. Analyse des matériaux constituant le corps de chaussée	25
III.1. INTRODUCTION	25
III.2. CAROTTAGES	25
III.2.1. Carotteuse au diamant DD 120 230V	25
III.2.2. Caractéristiques et applications	25
III.2.3. Objectifs du carottage	26
III.2.4. Procédure de carottage	26
III.2.5. résultats de carottage	29
III.2.6. Conclusion carottage	32
III.3. ESSAI D'EXTRACTION KUMAGAWA	32
III.3.1. Définition	32
III.3.2. Principe de la méthode	33
III.3.3. Avantages :	33
III.3.4. Conclusion l'opération d'essai extraction Kumagawa	35
III.4. ANALYSES GRANULOMETRIQUES	35
III.4.1. Définition	35
III.4.2. Objectifs de l'analyse granulométrique	35
III.5. DENSIMETRES	35
III.5.1. Densimètre électronique pour enrober non nucléaire : PQI 380	35
III.5.2. Mesure la compacité des enrobés en place	36
III.5.3. Rapide et précis	36
III.5.4. Préparation de l'appareil et du site	37
III.5.4.a. Vérification de l'appareil	37
III.5.4.b. Préparation du site	37
III.5.5. Réalisation de l'étalonnage sur site	37
III.5.5.a. Étape d'étalonnage	37
III.5.5.b. Calibration sur échantillon :	37
III.5.6. Mesure de la densité	38
III.5.6.a. Positionnement de l'appareil	38
III.5.6.b. Lancement de la mesure	38
III.5.6.c. Relevé des données	38
III.5.7. Analyse et vérification des résultats	38
III.5.8. Rapport des données	39

III.5.9. Tableau des résultats	40
III.5.10. Conclusion	41
III.6 SONDAGES	41
III.6.1. Définition	41
III.6.2. Interprétation des Résultats	41
III.6.3. Étapes du sondage	41
III.6.4. Conclusion de l'opération de sondage	43
III.7. CONCLUSION	44
<b>CHAPITRE IV : ANALYSE DES RESULTATS ET PROPOSITION DE SOLUTIONS</b>	
IV. ANALYSE DES RESULTATS ET PROPOSITION DE SOLUTIONS	45
IV.1. INTRODUCTION	45
IV.2. TROIS SOLUTIONS PROPOSEES	46
IV.2.1. RENFORCEMENT GLOBAL	46
IV.2.1.1. Étape de réalisation	46
IV.2.1.2. Note de contrôles	46
IV.2.2. ENTRETIEN ET RENFORCEMENT PARTIEL	46
IV.2.2.1. Entretien	46
IV.2.2.2. Renforcement partiel	47
IV.2.3. RENFORCEMENT GLOBALE AVEC INTERPOSITION D'UN GEO-SYNTHETIQUE (GEOTEXTILE).	47
IV.2.3.1. Définition des géotextiles	47
IV.2.3.2. Rôle du géotextile	48
IV.2.3.3. Étapes de réalisation	48
IV.2.4. Note sur la poser de géotextile	49
IV.3. DEVIS QUANTITATIFS ET ESTIMATIFS DES TRAVAUX	50
IV.3.1. Devis quantitatifs et estimatifs des travaux de renforcement global	50
IV.3.2. Devis quantitatifs et estimatifs des travaux d'entretien et renforcement partiel	51
IV.3.3. Devis quantitatifs et estimatifs des travaux de renforcement global avec interposition d'un geosynthetic (geotextile).	52
IV.4. CONCLUSION	53
IV.4.1. Note	53
CONCLUSION GENERALE	54
RESUME	55
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	57
ANNEX	58

# Liste des figures

Titre	Page
<b>CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS SUR LES ROUTES</b>	
Figure I.1 : chaussée d'une route	3
Figure I.2 Structure d'une chaussée souple	4
Figure I.3 : Structure d'une chaussée semi-rigide	5
Figure I 4 : Structure d'une chaussée rigide	5
<b>CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET</b>	
Figure II.1 : carte administra-tique Touggourt	13
Figure II.2 : RN3 du PK 542+000 au PK 544+000	19
<b>CHAPITRE III : ANALYSE DES MATERIAUX DU CORPS DE CHAUSSEE</b>	
Figure III.1 : Machines de Carotteuse au diamant DD 120 230V	25
Figure III.2 : Implantation des puits sur une photo satellitaire	42
<b>CHAPITRE IV : ANALYSE DES RESULTATS ET PROPOSITION DE SOLUTIONS</b>	
Figure IV.1 : Géotextile	47
Figure IV.2 : Pose du nouveau revêtement sur le géotextile	48
Figure IV.3 : Compactage de bitume à chaud	49

# Liste des images

Titre	Page
<b>CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS SUR LES ROUTES</b>	
image I.1 : Fissures longitudinales et transversales (PK 542+600)	7
image I.2 : Fissures de fatigue (peau de crocodile) (PK 543+300)	10
image I.3 : arrachements (PK 542+800)	12
<b>CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET</b>	
image II.1 : signalisation verticale	15
image II.2 : Relevé visuel de tracé	19
image II.3 : Section N°01	22
image II.4 : Section N°02	22
image II.5 : Section N°3	23
image II.6 : Section N°4	23
<b>CHAPITRE III : ANALYSE DES MATERIAUX DU CORPS DE CHAUSSEE</b>	
image III.1 : Réalisation du forage	26
image III.2 : Extraction de la carotte	27
image III.3 : Marquage et stockage des carottes	27
image III.4- Mesures les carottes	28
image III.5 : Eprouvette paraffinée dans l'eau	28
image III.6 : Appareil d'extraction de bitume : Kumagawa	33
image III.7 : Principe de fonctionnement	36
image III.8 : Préparation de l'appareil	37
image III.9 : Lancement de la mesure	38
image III.10 : Relevé des données	39
image III.11- Excavation progressive	42
image III.12 : Observation et mesures	43

# Liste des tableaux

Titre	Page
<b>CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET</b>	
Tableau II.1 : Etat actuel de la chaussée	18
Tableau II.2 : Relevé visuel de tracé	20
Tableau II.2 a: du PK 542 au PK 543	20
Tableau II.2 b: du PK 543 au PK 544	21
Tableau II.3 comptage du trafic routier	24
<b>CHAPITRE III : ANALYSE DES MATERIAUX DU CORPS DE CHAUSSEE</b>	
Tableau III.1 : Résultats de carottage de la couche BB	29
Tableau III.2 : Résumés des résultats de carottage de la couche BB	30
Tableau III.3 : Résultats de carottage couche GB	31
Tableau III.4 : Résumés des résultats de carottage couche GB	32
Tableau III.5 : Résultats d'extraction de bitume : Kumagawa	34
Tableau III.6 : Résultats d'opération de densimètre électronique	40
Tableau III.7 : Résumés des résultats d'opération de densimètre électronique	40
<b>CHAPITRE IV : ANALYSE DES RESULTATS ET PROPOSITION DE SOLUTIONS</b>	
Tableau IV.1 : Résumés les résultats obtenus à partir des essais	45
Tableau IV.2 : Devait quantitatif et estimatif de renforcement global	50
Tableau IV.3 : Devait quantitatif et estimatif d'entretien et renforcement partielle	51
Tableau IV.4 : Devait quantitatif et estimatif de renforcement global avec interposition d'un geosynthetique (geotextile).	52
Tableau IV.5: Résultats de devait quantitatif et estimatif	53

# **INTRODUCTION**

## **GENERALE**

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les routes jouent un rôle crucial dans le développement d'un pays. En conséquence, les individus cherchent constamment à améliorer les routes, en concevant des infrastructures qui garantissent à la fois la sécurité et le confort des usagers. Ils prennent en compte la nécessité d'avoir des chemins courts et des rampes à une valeur acceptable. Cependant, le développement technologique a conduit à l'invention de l'automobile, qui concerne les ingénieurs routiers qui se concentrent sur la vitesse, en cherchant un équilibre optimal et des caractéristiques géométriques nouvelles adaptées à la circulation rapide, en intégrant des paramètres de sécurité. Le climat, la nature et l'intensité du trafic, la qualité des sols et des matériaux employés, ainsi que le système de drainage jouent un rôle crucial dans la détermination de ces facteurs.

Les routes sahariennes désignent les voies de circulation qui traversent le désert du Sahara, une région caractérisée par des conditions géographiques et climatiques particulières.

Elles répondent aux différentes activités économiques, commerciales et sociales de la région.

Le **premier chapitre** introduit le contexte général de notre expertise géotechnique. Il débute par une présentation détaillée de la structure des chaussées.

Dans le **deuxième chapitre**, nous mettons en évidence que la chaussée est une structure complexe, composée de plusieurs couches successives de matériaux granulaires reposant sur un sol porteur. Cette structure est sujette à diverses formes de dégradations qui affectent sa performance et sa durabilité.

Le **troisième chapitre** est consacré à l'analyse des matériaux constituant le corps de chaussée ainsi que du sol support. Cette analyse est primordiale pour évaluer la résistance, la durabilité et la performance de la chaussée face aux charges. Elle est réalisée à travers différents essais et investigations, tels que les carottages, les mesures au densimètre et les sondages.

Enfin, dans le **dernier chapitre**, et dans le cadre de notre expertise, nous nous sommes penchés sur les nombreuses dégradations observées sur les tronçons étudiés. Compte tenu de l'ampleur des dommages, des travaux de réparation ou de renforcement s'avèrent indispensables. L'importance des interventions proposées dépend du niveau de dégradation constaté. Parmi les principales pathologies relevées, la couche de roulement est particulièrement affectée.

Pour y remédier, nous avons formulé trois solutions techniques. Afin de déterminer la plus appropriée, une évaluation quantitative et estimative de chaque option a été réalisée

**CHAPITRE I**  
**GÉNÉRALITÉS SUR**  
**LES ROUTES**

## **I.1. INTRODUCTION**

Le premier chapitre constitue une introduction au contexte de notre expertise géotechnique. La première section sera dédiée à une revue bibliographique qui résume les généralités sur les routes. Dans cette section, nous présenterons d'abord une description de la structure des chaussées ainsi que les fonctions spécifiques associées à chaque élément de cette structure. Par la suite, nous aborderons les différentes formes de dégradations auxquelles les chaussées peuvent être exposées.

## **I.2. DEFINITION**

La route se définit comme une voie de circulation conçue et aménagée pour supporter le trafic et les charges pendant une durée déterminée. À l'intérieur des zones urbaines, elle est désignée par des termes tels que rue, avenue, boulevard, ...etc.

La route est une bande aménagée sur le terrain naturel pour permettre la circulation et le déplacement des véhicules. Elle est née du besoin de créer des liens entre les hommes, de favoriser les échanges de marchandises et d'instaurer une vie communautaire

Une chaussée routière est généralement une structure composite constituée de plusieurs couches superposées de matériaux granulaires, reposant sur un sol de fondation

## **I.3. CONSTITUTION D'UNE STRUCTURE DE CHAUSSEE**

Une structure de chaussée est composée de plusieurs couches superposées, chacune ayant un rôle spécifique dans le soutien et la répartition des charges. Ces couches, disposées sur le sol support, comprennent généralement :

### **I.3.1 couche de roulement**

- Située en surface, elle assure le contact direct avec les véhicules.
- Rôle principal : fournir une surface de circulation lisse, résistante à l'usure et aux intempéries.

### **I.3.2 couche de base**

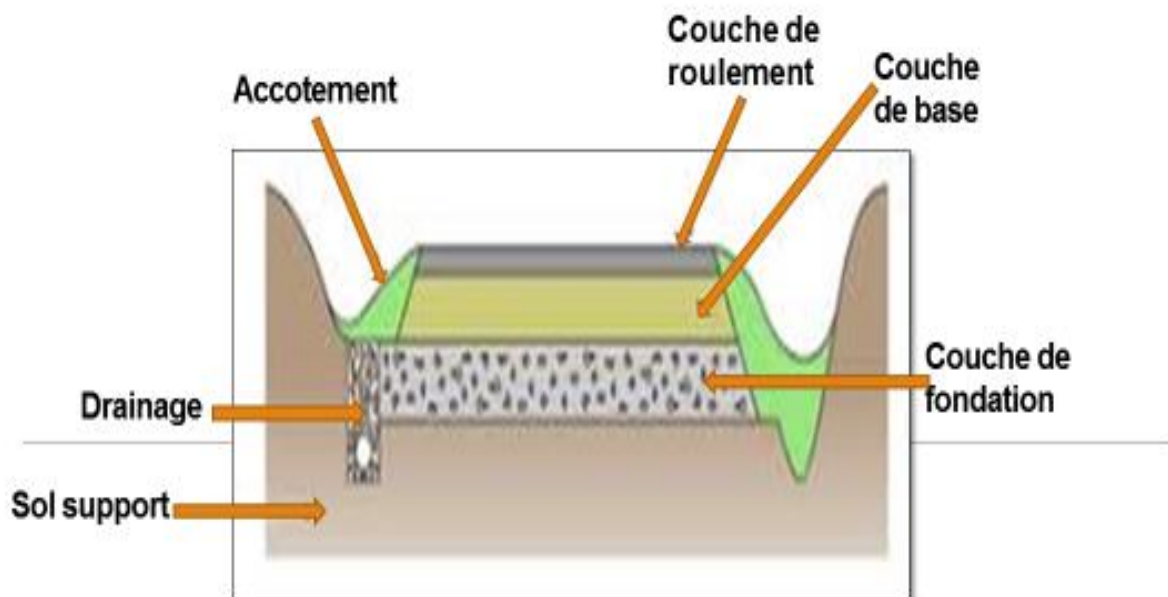
- Placée directement sous la couche de roulement.
- Rôle principal : distribuer les charges verticales vers les couches inférieures tout en offrant une certaine résistance mécanique.

### **I.3.3 couche de fondation (ou sous-couche)**

- Située sous la couche de base, elle stabilise la structure.
- Rôle principal : répartir les charges sur une plus grande surface et protéger le sol support des déformations.

Ces différentes couches agissent de concert pour assurer la durabilité et la performance de la chaussée, en résistant aux contraintes mécaniques, telles que les charges de trafic, et aux conditions environnementales, comme les variations de température et l'humidité.

La route est un ensemble composé du sol support ou terrain, des accotements ou trottoirs, du terre-plein central, ainsi que des ouvrages routiers et la chaussée présentée sur la (figure I.1) suivante.



**Figure I.1: chaussée d'une route**

### **I.4. DIFFERENTES STRUCTURES DE CHAUSSEES**

Les structures de chaussées sont des ensembles de couches superposées qui assurent la stabilité et la durabilité d'une route. Ces structures varient en fonction du type de sol, du trafic attendu, et des conditions climatiques. On distingue généralement les quatre différents types de structures de chaussées selon :

- a) Chaussée à structure souple.
- b) Chaussée à structure semi-rigide.
- c) Chaussée à structure rigide.

#### I.4.1. Chaussée à structure souple

- **Description** : La chaussée souple est constituée de plusieurs couches granulaires ou bitumineuses, dont la couche de roulement en asphalte (bitume) est la plus élevée, et reposant sur une base et une fondation solides Fig. (I.2).
- **Caractéristiques** : Plus sensible aux déformations causées par des charges lourdes (fissures et nids-de-poule), Plus économique que la structure rigide. et nécessite un entretien régulier, surtout dans les zones à fort trafic.
- **Applications** : Convient aux zones urbaines, rurales et aux routes secondaires avec un trafic modéré.

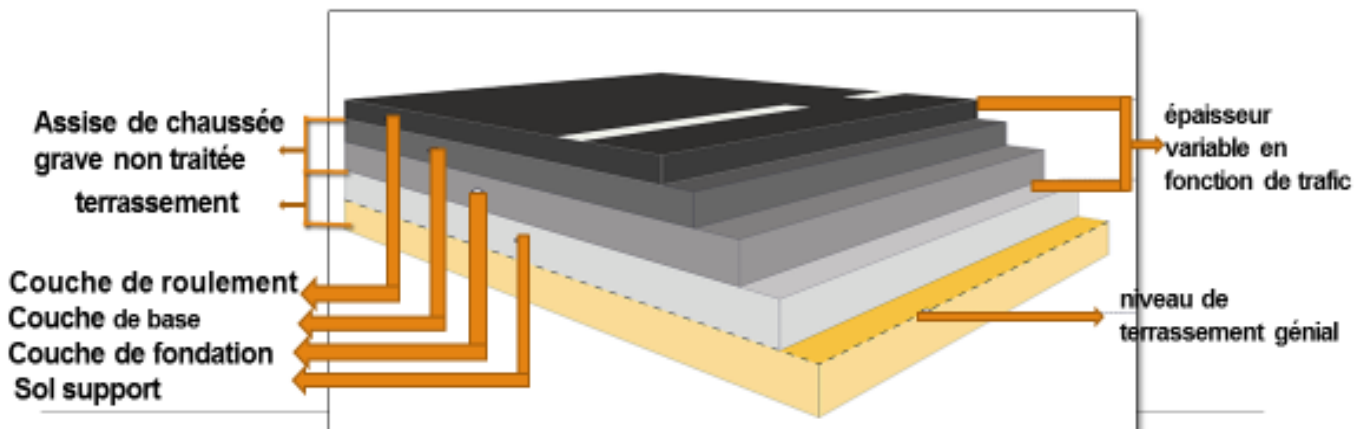


Figure I.2: Structure d'une chaussée souple

#### I.4.2. Chaussée à structure semi-rigide

- **Description** : Cette structure combine les avantages des chaussées rigides et souples. elle est composée de **couches de béton bitumineux** et de **couches de base** en matériaux granulaires Fig. (I.3).
- **Caractéristiques** :
  - Bonne résistance à la fatigue et à l'usure.
  - Durabilité accrue avec une capacité de déformation modérée.
  - Entretien moins fréquent que pour les chaussées souples.
- **Applications** : Utilisée pour des routes ayant un trafic moyen à élever.

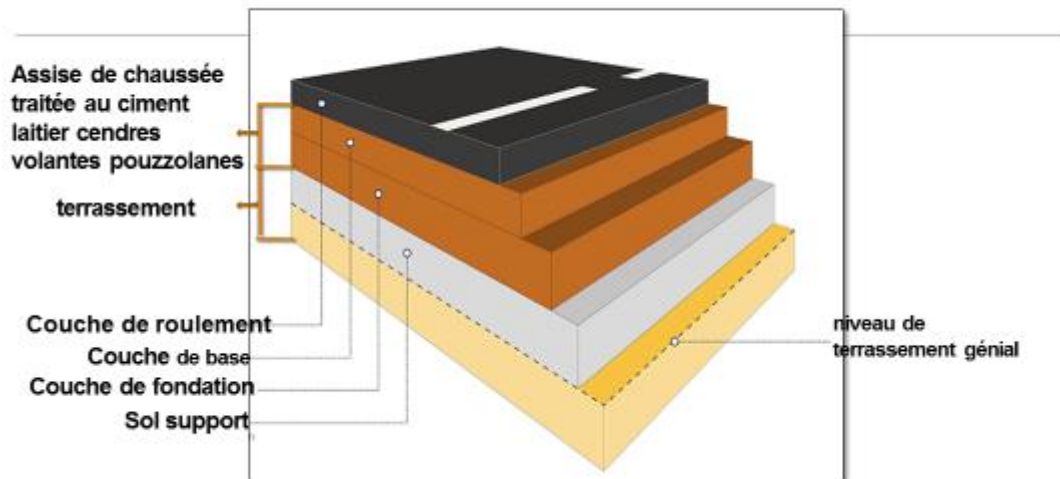


Figure I.3: Structure d'une chaussée semi-rigide

#### I.4.3. Chaussée à structure rigide

- **Description** : Une chaussée à structure rigide est généralement constituée d'une couche de béton armé ou précontraint en surface, posée sur une base stable Fig.(I.4).
- **Caractéristiques**
  - Bonne résistance à la déformation sous les charges de trafic.
  - Durabilité élevée face aux conditions climatiques extrêmes.
  - Moins de maintenance comparée aux chaussées souples.
- **Applications** : Utilisée dans les zones à fort trafic ou dans des conditions climatiques très variées (chaud et froid).
- 

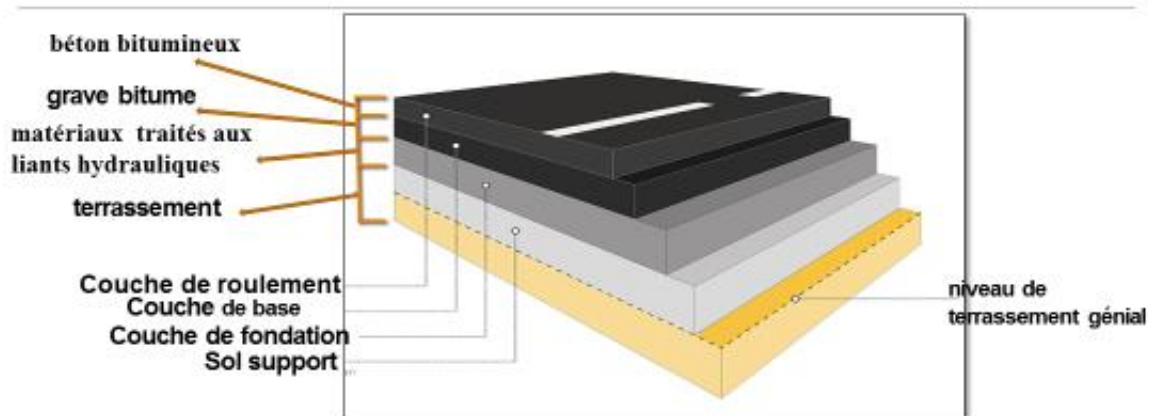


Figure I.4: Structure d'une chaussée rigide

## **I.5. DEGRADATIONS DES CHAUSSEES BITUMINEUSES**

Les chaussées bitumineuses, bien qu'efficaces et durables, peuvent subir différentes formes de dégradations au fil du temps en raison des conditions climatiques, du trafic intense, et des défauts de construction ou d'entretien.

Les dégradations les plus couramment observées se divisent en deux grandes catégories:

### **I.5.1. dégradations superficielles**

Ces dégradations se manifestent principalement dans la couche de surface de la chaussée. Elles affectent avant tout la qualité superficielle, influençant ainsi l'adhérence, le confort et la sécurité des usagers. Elles incluent des phénomènes tels que les fissures superficielles, le polissage des granulats, le saignement de bitume et les désagrégations superficielles.

### **I.5.2. dégradations structurelles**

Ces dégradations se produisent à l'intérieur de la structure de la chaussée ou de son support. Elles compromettent l'intégrité et la portance de la chaussée, entraînant des déformations, des affaissements ou des fissures profondes. Ces problèmes résultent souvent de charges excessives, de défauts dans la conception, ou de conditions environnementales défavorables. Les dégradations superficielles peuvent évoluer en dégradations structurelles si elles ne sont pas traitées à temps, soulignant l'importance de l'entretien préventif et correctif

Les dégradations peuvent être classées en trois grandes familles :

- fissures
- mouvements de matériaux
- arrachements

#### **I.5.2.1. Fissurations**

Les fissurations sur une chaussée sont des détériorations courantes affectant la durabilité et la sécurité des routes. Elles apparaissent sous l'effet de divers facteurs et peuvent évoluer si elles ne sont pas traitées rapidement ils peuvent être classées selon leur forme et leur origine

##### **a. Fissures longitudinales**

Deux types de fissures longitudinales sont possibles :

- ✓ **Les fissures longitudinales dans les bandes de roulement** : Les fissures longitudinales sont des fissures presque parallèles à l'axe de la chaussée, qui apparaissent spécifiquement dans la zone de passage des roues, appelée bande de roulement. Elles affectent plusieurs types de chaussées, notamment les chaussées

souples traditionnelles, les chaussées bitumineuses épaisses, celles avec des assises traitées aux liants hydrauliques, les chaussées mixtes et les chaussées inverses.

Ces fissures sont généralement dues à la fatigue de la structure provoquée par un excès de contrainte à la base des couches traitées. Cette contrainte excessive peut résulter d'un sous-dimensionnement de la chaussée ou d'un décollement entre les différentes couches.

- ✓ **Fissures longitudinales hors bandes de roulement** : Ces fissures, presque parallèles à l'axe de la chaussée, ne se limitent pas aux bandes de roulement et affectent uniquement les chaussées en dalle de béton. Elles résultent probablement du retrait thermique du béton en cas de sciage tardif, du retrait hydrique, du gel ou encore d'un drainage insuffisant.

#### **b. Fissures transversales**

Les fissures transversales sont des fissures presque perpendiculaires à l'axe de circulation des charges sur la chaussée. Elles peuvent être isolées ou répétées à des intervalles variables, traversant partiellement ou entièrement la largeur de la chaussée (Image I.1).

Ces fissures concernent plusieurs types de structures, notamment les chaussées bitumineuses épaisses, les chaussées avec assises traitées aux liants hydrauliques, les chaussées mixtes et les chaussées inverses.

Elles résultent généralement de la remontée en surface d'une fissure de retrait thermique ou de prise dans une couche à liant hydraulique pour les chaussées semi-rigides, ou encore de la remontée d'un joint transversal de mise en œuvre de l'assise traitée



**Image I.1: Fissures longitudinales et transversales (PK 542+600)**

### **c. Fissures en dalles**

Les fissures en dalles forment un réseau de fissures longitudinales et transversales, créant un maillage quasi rectangulaire dont les mailles mesurent au maximum 2 mètres.

Ce type de fissuration affecte principalement les chaussées avec des assises traitées aux liants hydrauliques ainsi que les chaussées mixtes. Il résulte généralement d'un endommagement progressif causé par un excès de contraintes de traction-flexion à la base des couches d'assises traitées. Cet excès de contraintes est souvent lié à une sous-épaisseur de l'assise, bien que celle-ci présente par ailleurs de bonnes performances mécaniques

### **d. Fissures de joint**

Les fissures de joint se manifestent sous forme de fissures rectilignes aux jonctions entre deux bandes d'enrobés (joint longitudinal) ou à la reprise d'une bande d'enrobé (joint transversal). Ce phénomène concerne uniquement les chaussées dont les couches de roulement sont en béton.

Elles résultent principalement d'un défaut d'adhérence initial entre les deux bords du joint, dû à une absence ou une insuffisance de réchauffage ou de badigeonnage. À l'inverse, elles peuvent également être causées par la rupture du matériau sous l'effet du vieillissement du liant et des variations de température, entraînant une fissuration en dents de scie.

### **e. Fissures d'adaptation**

Les fissures d'adaptation apparaissent en raison des mouvements du sol.

Elles peuvent affecter presque tous les types de structures de chaussées : chaussées souples traditionnelles, chaussées bitumineuses épaisses, chaussées avec assises traitées aux liants hydrauliques, chaussées mixtes et chaussées inverses. Ces fissures sont généralement causées par des phénomènes tels que le glissement de terrain, le tassement d'un remblai instable, le tassement lié à un élargissement (support sous-compacté ou structure sous-dimensionnée) ou encore le retrait hydrique du sol support (notamment en présence d'argiles, de limons ou de marnes)

### **f. Fissures diverses**

Les fissures diverses se manifestent de manière irrégulière à la surface de la chaussée. Elles peuvent prendre différentes formes, telles que des fissures paraboliques, en étoile ou en Y. Ce type de fissuration touche principalement les chaussées en béton et résulte généralement du dédoublement d'une fissure transversale.

## **g. Faïençage**

Il existe trois types de faïençage,

- ✓ **Faïençage dans les bandes de roulement** : Il se manifeste par un ensemble de fissures entrelacées ou maillées, formant des polygones avec des mailles fines (inférieures à 30 cm). Ce type de fissuration touche pratiquement toutes les structures de chaussées, y compris les chaussées souples traditionnelles, les chaussées bitumineuses épaisses, les chaussées avec assises traitées aux liants hydrauliques, les chaussées mixtes et les chaussées inverses. Il est généralement causé par une fatigue excessive de l'assise, due à un excès de contrainte de traction par flexion à la base des couches traitées, ou par un décollement de la couche de roulement.
- ✓ **Faïençage non spécifique aux bandes de roulement** : Ce faïençage se caractérise par un ensemble de fissures entrelacées ou maillées, avec des mailles soit fines (inférieures à 30 cm), soit larges (supérieures à 30 cm), formant des polygones qui ne sont pas limités aux bandes de roulement. Ce type de fissure touche principalement les chaussées dont les couches de roulement sont en béton. Les causes possibles incluent la fragilité du liant due à son vieillissement, les conditions de fabrication de l'enrobé ou une trop grande dureté d'origine du matériau.
- ✓ **Faïençage circulaire** : Il se présente sous forme d'un ensemble de fissures entrelacées ou maillées avec des mailles fines (inférieures à 30 cm), formant une série de polygones qui apparaissent ponctuellement dans une zone de forme circulaire d'un diamètre généralement inférieur à 1 m.  
Ce type de fissure concerne les chaussées à assises traitées aux liants hydrauliques ou les chaussées mixtes. Les causes possibles incluent un défaut ponctuel à la surface de l'assise traitée aux liants hydrauliques, causé par un excès d'eau (précipitations) ou un manque d'eau (dessiccation) dû à une protection insuffisante de l'assise lors de sa réalisation. Elles peuvent aussi résulter d'un feuilletage à la surface de l'assise causé par un compactage trop intense sur des matériaux trop tendres, ou par des contraintes de cisaillement excessives dues au trafic lourd. Une ségrégation des matériaux lors de la mise en œuvre peut également en être la cause.

#### **h. Fissures de retrait**

Causées par le retrait des matériaux bitumineux en raison d'un manque de souplesse.

#### **i. Fissures de fatigue (peau de crocodile)**

Apparaissent sous l'effet répété des charges de trafic, traduisant une perte de résistance structurelle (Image I.2)



**Image I.2: Fissures de fatigue (peau de crocodile) (PK 543+300)**

#### **I.5.2.2. mouvements de matériaux**

Les mouvements de matériaux de chaussée désignent les déplacements ou déformations des différentes couches de matériaux qui composent une chaussée. Ces mouvements peuvent être causés par plusieurs facteurs, tels que les variations climatiques, les charges de circulation, l'humidité, la qualité des matériaux utilisés et les conditions de conception de la chaussée. **Les causes sont:**

- Compactage insuffisant des couches.
- Charges dynamiques élevées et répétées.
- Températures élevées, entraînant un ramollissement du bitume.
- **Exemples :** Orniérage, ondulations, coulées plastiques.

### **I.5.2.3.arrachements**

C'est la perte de matière au niveau de la surface de la chaussée, souvent sous forme de morceaux détachés, généralement dans les zones de forte sollicitation du trafic. Ce phénomène peut affecter différents types de chaussées, notamment les chaussées souples, bitumineuses ou en béton. Les arrachements sont souvent le résultat de l'usure progressive ou d'un défaut dans la conception ou l'exécution de la chaussée (Image I.3).

#### **Cause des arrachements**

- **Trafic intense**
- **Mauvaise adhérence du matériau**
- **Défauts de construction**
- **Dégradation des liants**
- **Conditions climatiques**
- **Exemples : Délitage, rugosité excessive.**



**Image I.3: Arrachements au PK 542+800**

## **I.6. CONCLUSION**

Dans ce chapitre, nous avons présenté un aperçu des différentes catégories de dégradations affectant les chaussées souples. Quelle que soit leur cause, ces dégradations détériorent la couche de roulement, entraînant ainsi une diminution du confort et de la sécurité pour les usagers. Par conséquent, la réparation et l'entretien de ces dégradations sont essentiels afin de limiter les dommages.

Dans le prochain chapitre, nous concentrerons notre étude sur l'une des dégradations les plus fréquentes des chaussées souples : la famille des fissures

**CHAPITRE II**  
**PRESENTATION DU**  
**PROJET**

## II.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET VOIES D'ACCES

La wilaya de Touggourt est située dans le nord-est du Sahara algérien. Lors du découpage administratif de 2023, elle est devenue le chef-lieu de la nouvelle wilaya de Touggourt, officiellement créée en 2023. Capitale et principale ville de la région de l'Oued Righ, un fleuve fossile, Touggourt se trouve à la limite nord du Grand Erg Oriental. Elle est située à environ 160 km au nord-est d'Ouargla, 100 km d'El Oued, 225 km au sud d'El-Mghier et environ 660 km au sud-est d'Alger (figure II.1).

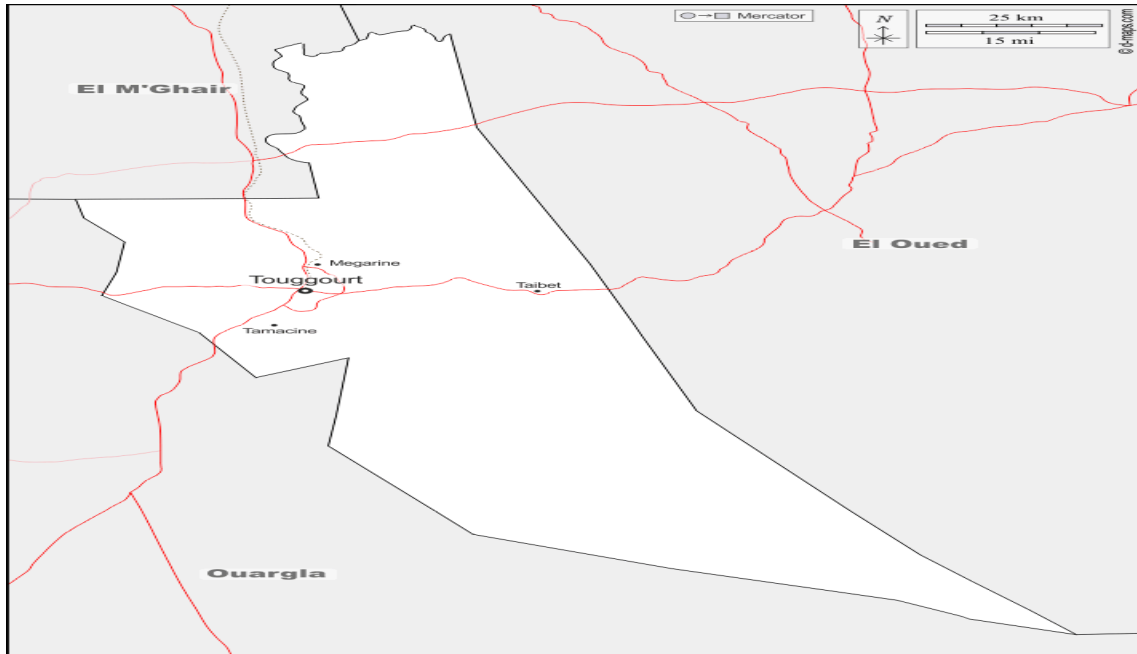


Figure II.1: carte administrative de Touggourt

## II.2. GEOLOGIE LOCALE

La région est située dans un contexte géologique qui remonte à l'Age Secondaire, remplacé à des périodes successives par des sédiments du Néogènes et Quaternaires.

## II.3. HYDROGEOLOGIE

Dans cette région existe quatre niveaux aquifères :

### ➤ Nappe phréatique

Elle est contenue dans les sables de surface et alimentée par les crues des Oueds et par les eaux provenant de l'irrigation ou des eaux météoritiques. Sa profondeur peut varier entre 1.0 et 8.0 m, elle s'écoule du Sud vers le Nord.

### ➤ nappe du Mieux-Pliocène:

Elle est contenue dans la formation détritique continentale, sa profondeur est comprise entre 60 et 100 m, c'est cette nappe qui est à l'origine de la création de la palmeraie d'Oued RIGH.

### ➤ **Nappe du Sénonien**

Elle est contenue dans les calcaires Sénoniens, située à une profondeur variant entre 100 et 200 m.

### ➤ **Nappe de l'Albien**

Elle est contenue dans les argiles et les grès du continental intercalaire.

## **II.4. GEOMORPHOLOGIE**

Cette région appartient au Sahara oriental, qui est un large plateau désertique dénudé de couvert végétal naturel et sur relief mis à part quelques cordons de dunes ne dépassant guère vingt (20) mètres de hauteur. La culture de palmeraie représente pratiquement la raison d'être de la région et le périmètre urbain est pauvre en espaces verts.

Le tronçon concerné par la présente expertise géotechnique s'étend sur 02 Km est d'une morphologie chahutée caractérisée par la présence de dunes de faible hauteur.

## **II.5. CLIMAT DE LA REGION**

Nous sommes dans un contexte climatique saharien. Les pluies sont rares et surviennent généralement sous forme d'orages. Le total annuel des précipitations sur les dix dernières années dépasse rarement les 100 mm

Les températures moyennes journalières oscillent entre 29 et 42 oc à l'ombre pendant l'été, et atteignent des maxima entre 44 et 51 oc au mois de Juillet et Août.

En hiver les moyennes journalières oscillent entre 0 et 5 oc la nuit et 20 et 25 0C le jour. Les moyennes mensuelles durant les dix dernières années dépassent rarement 13 oc aux mois de Décembre, Janvier et février.

Les vents de sable sont fréquents dans la région, surtout en période printanière. Le vent maximum est atteint durant la période de Mars à Mai avec des vitesses de 20 à 30 m/s et une dominance de direction Est-Ouest.

## **II.6. DONNEES D'ACCIDENT**

Les accidents de la route provoquent des morts, des blessés et des dommages matériels. Ils constituent un sérieux problème de santé publique et entraînent d'importants coûts économiques. Sur la RN 3, les causes principales des accidents de circulation sont :

- L'excès de vitesse.
- Les dépassements dangereux.
- Le passage des chameaux de jour comme de nuit.
- Le vent de sable et l'ensablement de la chaussée.

Dans tous les cas d'accident, l'état de la route n'est pas toujours la cause, mais c'était des erreurs des conducteurs. A notre avis le meilleur remède est la prévention.

Mesures spécifiques à l'usager :

- Législation relative au port de la ceinture de sécurité,
- La lutte contre la conduite en état d'ivresse,
- La limitation des vitesses,
- Normes de sécurité relative aux véhicules. Mesures spécifiques au site :
- Un bon état du revêtement et des accotements,
- La présence de bornes, arbres, fossés, talus et barrières,
- La signalisation, le marquage, la configuration des carrefours,
- Le respect des normes techniques relatives à la construction routière (conception, rayons des virages, déclivités de la chaussée, pentes ...),

## II.7. DONNEES DE SIGNALISATION

Lors du relevé des dégradations de la chaussée et en analysant l'état de l'équipement de la route composé de :

- La signalisation horizontale et verticale. Les balises (Image. II.1).
- La glissière

On a remarqué qu'elle était dans l'ensemble bien positionnée, en bon état et objective permettant par son respect une circulation sereine et sécurisée.



**Image II.1: La signalisation verticale**

## **II.8. INTRODUCTION D'EXPERTISE GEOTECHNIQUE**

La présente expertise géotechnique en globale l'ensemble des interventions et qui se présente de la manière suivante :

1. Données sur le Projet- Structure projetée et formulations adoptées
2. Auscultation visuelle de la chaussée
3. Comptage du trafic routier.
4. Analyse des matériaux constituant le corps de chaussée ainsi que le sol support.
5. Conclusions

### **II.8.1. Données sur le projet**

Les Structure de projet et la formulation adoptée fournies par le DTP TOUGOURT

#### **II.8.1.1. Etat actuel de la chaussée**

Afin d'améliorer l'état naturel de la couche de trafic de la route, nous avons effectué un suivi sur le terrain à l'œil nu et en coordination avec l'équipe d'entretien chargée de surveiller les routes nationales.

Nous avons enregistré les observations dans le tableau suivant (tableau II.1):

#### **II.8.1.2. Structure projet**

- Une Couche de roulement en béton bitumineux **BB 0/14 de 6 cm** d'épaisseur.
- Une Couche de base en grave bitume **GB 0/20 de 10 cm** d'épaisseur.
- Une Couche de fondation en grave concassé **GC 0/20 de 20 cm** d'épaisseur.
- Une Couche de forme en tuf de **20 cm** d'épaisseur.

#### **II.8.1.3. Formulation adoptée**

Dans le cadre du Projet ; la formulation adoptée pour le BB 0/14 et la GB 0/20 comme suit :

La formule retenue pour le béton bitumineux (0/14) par l'étude est :

- Sable 0/3.....40%
- Gravier 3/8.....31%
- Gravier 8/15.....29%
- Teneur en liant ...6.07%

La formule du grave bitume (0/20) retenue par l'étude est :

- Sable 0/3.....38%
- Gravier 3/8.....19%
- Gravier 8/15.....26%
- Gravier 15/25.....17%
- Teneur en liant ...3.91%

**Tableau II.1: Etat actuel de la chaussée**

**Tableau : du PK 542 au PK 542**

PK	542+000	542+100	542+200	542+300	542+400	542+500	544+600	542+700	542+800	542+900	543 +000
Largeur de chausses (m)		6,90	6,95	7,00	7,00	6,95	6,90	6,95	7,00	7,05	7,00
Largeur Accouterment (m)	Gauche	glissière	glissière	glissière	glissière	glissière	glissière	glissière	glissière	glissière	glissière
	Droit	3,00	3,00	3,00	3,00	2.60	2.60	2,40	2.60	0,90	3,00
Talus	Droit	Remblai	Remblai	Remblai	Remblai	Remblai	Remblai	Remblai	Remblai	Remblai	Remblai
Alignment/ Courbet		Alignment	Alignment	Alignment	Alignment	Alignment	Alignment	Alignment	Alignment	Alignment	Alignment
La visibility		Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
Signalization	Horizontal	Moyne									
	Vertical	Bonne									

**Tableau: du PK 543 au PK 544**

PK	543+000	543+100	543+200	543+300	543+400	543+500	543+600	543+700	543+800	543+900	544+000
Largeur de Chaussées (m)		7,00	7,10	7,50	8,00	8,60	9,00	8,60	8,00	7,50	7,10
Largeur Accouterment (m)	GAUCHE	glissière	glissière	glissière	glissière	glissière	glissière	Terre plain	Terre plain	Terre plain	Terre plain
	Droit	2,00	2,00	2,50	2,50	2.80	3,00	3,00	2,60	2,40	2,10
Talus	Droit	Remblai	Remblai	Remblai	Remblai	Remblai	Remblai	Remblai	Remblai	Remblai	Remblai
Alignment/ COURBE		Alignment	Alignment	Alignment	Courbet	Courbet	Courbet	Courbet	Courbet	Courbet	Alignment
La Visibility		Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
signalization	Horizontal	Moyne								Mauves	
	Vertical	Bonne									

## II.8.2. Auscultation visuelle de la chaussée

### II.8.2.1. Présentation du tracé

Notre tracé de la route est en double voies de Touggourt ver Ouargla et se trouve en état de dégradation très avancé sur plusieurs sections (Figure II.2).

Le corps de chaussée dont la structure est caractérisé par un corps de chaussée en TUF/GNT/GB/BB.

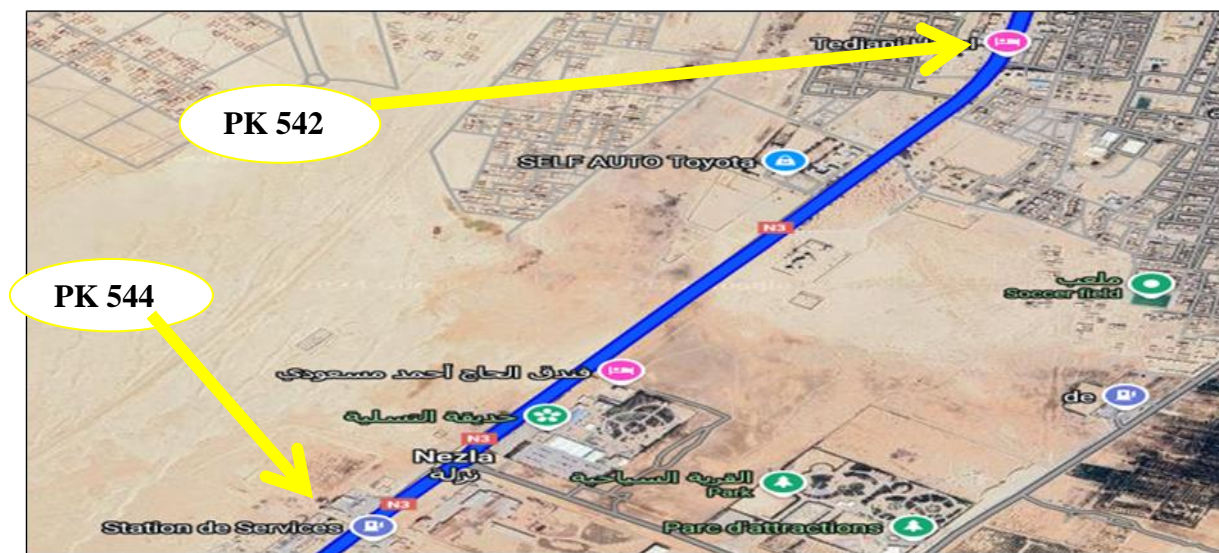


Figure II.2: RN3 du PK 542+000 au PK 544+000

### II.8.2.2. Relevé visuel de tracé

Le relevé visuel de tracé est une méthode d'inspection permettant d'évaluer l'état général de la chaussée en identifiant les dégradations superficielles visibles (Tableau II.2). Cette méthode, généralement non destructive, est essentielle pour établir un diagnostic initial et planifier les interventions d'entretien ou de réhabilitation (image II.2).



Image II.2: Relevé visuel de tracé PK 543+100





### II.8.2.3. Localisation et aperçu sur les sections dégradées

Nous avons visité toutes les sections concernées par cette étude de RN3 pour relevés visuellement les dégradations superficielles sur la chaussée ;

A l'issue de cette phase quatre sections ont été identifiées ;

- a. Section N°01 : du PK 542+000 au PK 542+400
  - b. Section N°02 : du PK 542+400 au PK 543+100
  - c. Section N°03 : du PK 543+100 au PK 543+700
  - d. Section N°04 : du PK 543+700 au PK 544+000
- a. **Section N°01 : du PK 542+000 au PK 542+400** : Cette section présente des petites fissures transversales et longitudinales (Image II.3).



**Image II.3. Section N°01**

- b. **Section N°02 : du PK 542+400 au PK 543+100** : Cette section présente des fissures transversales et des fissures longitudinales et paraboliques (Image II.4).



**Image II.4 : Section N°02**

- c. **Section N°03 : du PK 543+100 au PK 543+700** : C'est la section la plus dégradée, dans laquelle on a constaté les dégradations suivantes (Image II.5) :
- Des fissures de joints longitudinales, transversales et paraboliques.
  - Défaut de divers (arrachements, épaufrures nid de poules... etc.)



**Image II.5: Section N°3**

- d. **Section N°04 : du PK 543+700 au PK 544+000** : Cette section est présente les dégradations sont (Image II.6) :
- fissures longitudinales, transversales et paraboliques.
  - arrachements de type dés enrobage avec départ de matériau, plumage et nid de poule.



**Image II.6 : Section N°4**

## II.9. COMPTAGE DU TRAFIC ROUTIER

La détermination du trafic est donnée par la D.T.P Touggourt dans le tableau suivant (Tableau II.3) :

**Tableau II.3 : Comptage du trafic routier**

Trafic total par sens ver Ouargla (v/j)	4439
Taux TMJA en poids lourds (%)	21
Trafic en poids lourds en 2024 par sens (PL/j/sens)	949
Trafic en poids lourds en 2026 par sens (PL/j/sens)	1518
Trafic cumulé (PL/j)	2.64 x 106 PL
Classe du trafic	T1

## II.10. CONCLUSION

Nous concluons, à l'issue de cette étape, que la chaussée est une structure souple composée de couches successives de matériaux granulaires reposant sur un sol porteur. Ces dégradations se manifestent par diverses perturbations, représentant des déformations de la couche superficielle (fissures transversales, longitudinales, joint...etc)

Les dommages subis par les routes résultent principalement de l'augmentation des charges de trafic et de l'absence d'un système de drainage efficace. Ce manque d'entretien empêche certaines structures de remplir correctement leur fonction de drainage.

Pour identifier et analyser ces déformations, nous réalisons des essais en terrain et sur laboratoire, notamment par carottage, utilisation de densimètres, et sondages.

**CHAPITRE III**

**ANALYSE DES  
MATERIAUX  
CONSTITUANT LE  
CORPS DE CHAUSSEE**

### **III.1. INTRODUCTION**

L'analyse des matériaux constituant le corps de chaussée et le sol support est essentielle pour garantir la durabilité, la résistance et la performance de la chaussée sous différentes sollicitations. Cette analyse se fait à travers plusieurs études et essais (carottages, densimètres et sondages)

### **III.2. CAROTTAGES**

Le carottage routier est une technique couramment utilisée dans le domaine des travaux publics pour extraire des échantillons cylindriques (carotte) de la structure d'une chaussée. Cette méthode permet d'analyser les différentes couches qui composent la route afin d'évaluer leur état, leur composition, et leurs propriétés mécaniques.

#### **III.2.1. Carotteuse au diamant DD 120 230V**

Le système de carottage diamant compact Hilti DD 120 est un kit complet qui prend peu de place et ne nécessite que de l'eau prête à l'emploi (Figure III -1)



**Figure III.1: machine de Carotteuse**

#### **III.2.2. Caractéristiques et applications**

Compact et léger pour une manipulation facile

Faible encombrement et colonne courte pour un accès facile

Tout est dans un seul kit, « il suffit d'ajouter de l'eau »

Système de récupération d'eau disponible en option

### **III.2.3. Objectifs du carottage**

Déterminer la composition des couches de la chaussée (béton bitumineux (0/14) et grave bitumineux (0/20)).

Évaluer la qualité des matériaux utilisés.

➤ **Évaluation de l'état de la route** : Identifier les défauts structurels (fissures, désagréments, affaiblissements).

Détecter les dégradations internes invisibles en surface.

➤ **Dimensionnement des réparations** : Obtenir des données précises pour la conception d'une réhabilitation ou d'un renforcement.

➤ **Contrôle de la conformité** : Vérifier que les travaux réalisés respectent les spécifications techniques (épaisseurs, matériaux utilisés, compactage, etc.).

### **III.2.4. Procédure de carottage**

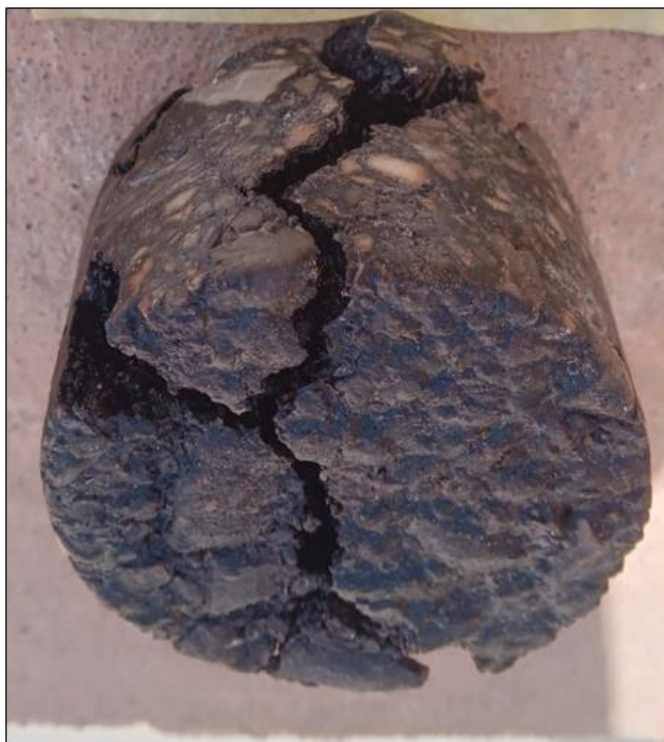
➤ **Préparation du site** : Sécurisation de la zone de carottage avec des signalisations et des déviations pour assurer la sécurité des usagers et des opérateurs.

➤ **Réalisation du carottage**: Utilisation d'une machine de carottage équipée d'un trépan diamanté ou carottier pour extraire les échantillons. Carotte verticale sur les couches de chaussée béton bitumineux (0/14) et grave bitumineux (0/20). Souhaitée (chaque couche de la chaussée peut être traversée) (image III.1).



**Image III.1: Réalisation du forage**

➤ **Extraction de la carotte** : Retrait soigneux de l'échantillon sans l'endommager pour garantir la précision des analyses (image III.2).



**Image III.2 : Extraction de la carotte**

Marquage et stockage des carottes pour identification ultérieure (Image III.3).

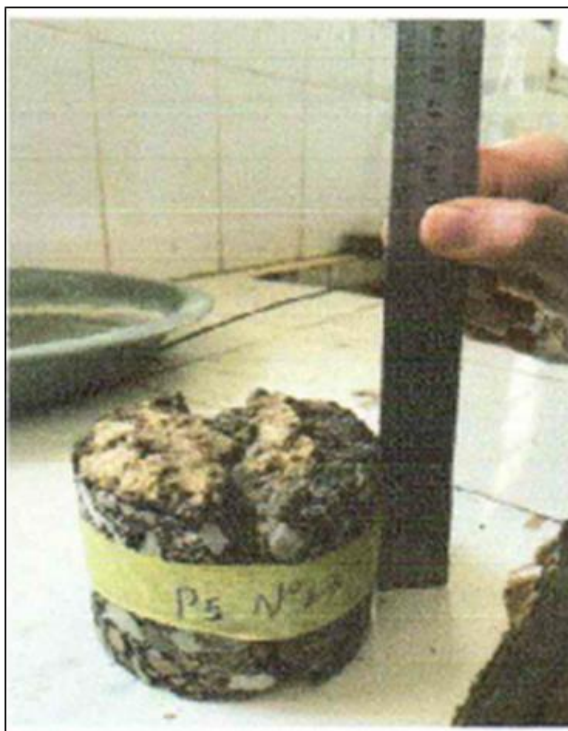


**Image III.3 : Marquage et stockage des carottes**

➤ **Analyses en laboratoire :**

Les carottes sont analysées pour mesurer :

- Épaisseur des couches (Image III.4).
- Densité ( $t/m^3$ ) (Image III.5)
- Compacité (%)



**Image III.4 : Mesurage des carottes**



**Image III.5 : Eprovette paraffinée dans l'eau**

### III.2.5. Résultats de carottage

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau III.1 : Résultats de carottage de la couche de roulement en BB**

<i>Couche de roulement en enrobé à chaud (Béton bitumineux 0/14)</i>														
N°		Localisation												
1	PK	Unité	542+000		542+400		542+800		543+200		543+600		544+000	
2	P/ carottage		01		02		03		04		05		06	
3	N° Epreuve		G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D
4	Epaisseur	cm	6	6,1	6,2	6,3	5,9	5,9	6,1	6,2	6,2	6,3	6,1	5,9
5	Masse de l'éprouvette	g	507,8	508,2	509,3	509,8	–	506,2	507,1	508,3	509,3	509,1	506,3	–
6	Masse de l'éprouvette paraffinée	g	519,0	519,2	520,3	520,1	–	516,8	518,6	520,1	519,8	519,8	517,8	–
7	Masse de la paraffine	g	11,2	11,0	11,0	10,3	–	10,6	11,5	11,8	10,5	10,7	11,5	–
8	Masse volumique de la paraffine	g/cm <sup>3</sup>	0,92	0,92	0,92	0,92	–	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	–
9	Volume paraffine	cm <sup>3</sup>	12,17	11,96	11,96	11,20	–	11,52	12,50	12,83	11,41	11,63	12,50	–
10	Masse de l'éprouvette paraffinée dans l'eau	g	277,8	279,2	279,3	276,8	–	277,2	278,1	278,3	276,3	277,1	275,3	–
11	Volume brut	cm <sup>3</sup>	241,20	240,00	241,00	243,30	–	239,60	240,50	241,80	243,50	242,70	242,50	–
12	Volume net	cm <sup>3</sup>	229,03	228,04	229,04	232,10	–	228,08	228,00	228,97	232,09	231,07	230,00	–
13	Densité calculé	g/cm <sup>3</sup>	2,22	2,23	2,22	2,20	–	2,22	2,22	2,22	2,19	2,20	2,20	–
14	Densité théorique	g/cm <sup>3</sup>	2,30	2,30	2,30	2,30	–	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	–
15	Compacité	%	96,40	96,89	96,68	95,50	–	96,50	96,70	96,52	95,41	95,7	95,71	–

**Tableau III.2 : Résumé des résultats de carottage couche BB**

Destination	Résultat moyen	Observations
Compacité (%)	96,21	Moyenne
Densité (t/m <sup>3</sup> )	2,21	Moyenne
Epaisseur (cm)	6,10	Bon

**Tableau III.3 : Résultats de carottage couche GB**

Couche de roulement en enrobé à chaud (grave bitumineux 0/20)														
N°		Localisation												
1	PK	Unité	542+000		542+400		542+800		543+200		543+600		544+000	
2	P/ carottage		01		02		03		04		05		06	
3	N° Eprouvette		G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D
4	Epaisseur	cm	9,9	9,3	10,6	9,6	10,1	9,5	9,7	10,4	10,3	10,7	10,2	9,9
5	Masse de l'éprouvette	g	1 074,7	1 012,5	1 096,0	1 047,6	1 079,4	1 014,1	1 058,6	1 086,2	1 084,9	1 099,6	1 080,0	1 074,7
6	Masse d'éprouvette paraffinée	g	1 092,5	1 028,6	1 114,7	1 062,3	1 098,6	1 032,9	1 077,8	1 104,3	1 102,6	1 117,7	1 098,8	1 092,4
7	Masse de la paraffine	g	17,8	16,1	18,7	14,7	19,2	18,8	19,2	18,1	17,7	18,1	18,8	17,7
8	Masse volumique de la paraffine	g/cm <sup>3</sup>	0,92	10,92	9,92	8,92	1,92	6,92	5,92	4,92	3,92	2,92	1,92	0,92
9	Volume paraffiné	cm <sup>3</sup>	19,35	1,47	1,89	1,65	10,00	2,72	3,24	3,68	4,52	6,20	9,79	19,24
10	Masse d'éprouvette paraffinée à l'eau	g	554,7	547,5	606,0	562,6	589,4	552,1	573,6	596,2	584,9	594,6	577,0	564,7
11	Volume brut	cm <sup>3</sup>	537,80	481,10	508,70	499,70	509,20	480,80	504,20	508,10	517,70	523,10	521,80	527,70
12	Volume net	cm <sup>3</sup>	518,45	479,63	506,81	498,05	499,20	478,08	500,96	504,42	513,18	516,90	512,01	508,46
13	densité calculé	g/cm <sup>3</sup>	2,07	2,11	2,16	2,10	2,16	2,12	2,11	2,15	2,11	2,13	2,11	2,11
14	Densité théorique	g/cm <sup>3</sup>	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30
15	Compacité	%	90,13	91,78	94,02	91,45	94,01	92,23	91,88	93,62	91,92	92,49	91,71	91,90

**Tableau III.4: Résumé des résultats de carottage couche GB**

Destination	Résultat moyen	Observation
Compacité (%)	92,11	Acceptable
Densité (t/m <sup>3</sup> )	2,12	Acceptable
Epaisseur (cm)	10,02	Bon

### **III.2.6. Conclusion de l'opération de carottage**

Nous avons obtenu des résultats moyens pour la couche de roulement (BB) en raison que

- La compacité = 96.21 % < 98.00 %
- La densité = 2.21 t/m<sup>3</sup> < 2.3 t/m<sup>3</sup>
- la présence de fissures dans certains échantillons. En revanche sont avérés acceptables pour la couche de base (GB) en raison que
  - La compacité = 92.11 % < 96.00 %
  - La densité = 2.12 t/m<sup>3</sup> < 2.3 t/m<sup>3</sup>
  - aucun échantillon ne présentait de fissures

Après avoir déterminé les épaisseurs et les densités, les échantillons ont été placés à l'étuve pour un préchauffage avant de procéder à l'essai d'extraction (Kumagawa)

## **III.3. ESSAI D'EXTRACTION KUMAGAWA**

### **III.3.1. Définition**

L'essai d'extraction de Kumagawa est une méthode en chimie qui permet de mesurer la quantité d'une substance précise dans un mélange complexe. Pour cela, on utilise un solvant pour extraire la substance à analyser, puis on la mesure avec des techniques comme la spectrophotométrie ou la chromatographie (Image III-6).



**Image III.6:** Appareil d'extraction de bitume Kumagawa

### **III.3.2. Principe de la méthode**

La méthode Kumagawa repose sur l'extraction liquide-liquide, où un solvant organique est utilisé pour extraire les composés cibles d'une matrice aqueuse ou solide. Elle implique généralement les étapes suivantes :

- **Extraction** : Le composé d'intérêt est extrait de l'échantillon (par exemple, un aliment, un sol ou un tissu biologique) à l'aide d'un solvant organique approprié.
- **Purification** : Les impuretés sont éliminées par des étapes de lavage ou de filtration.
- **Concentration** : Le solvant est évaporé pour concentrer le composé d'intérêt, qui est ensuite redissous dans un solvant adapté pour l'analyse.

### **III.3.3. Avantages**

- Elle permet une extraction efficace de composés à faible concentration.
- Elle est adaptable à différents types de matrices et de composés.
- Elle est relativement simple et peu coûteuse à mettre en œuvre.

Suite à la détermination des épaisseurs et les densités, les échantillons ont été mis à l'étuve pour un préchauffage avant la réalisation de l'essai d'extraction (Kumagawa).

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau III.5: Résultats de l'extraction Kanagawa**

<b>tableau des résultats de l'extraction kumagawa</b>														
N° Ordre	unit é	Pion kilométrique	542+000		542+400		542+800		543+200		543+600		544+000	
		N° Echantillon	1		2		3		4		5		6	
		position	BB	GB	BB	GB	BB	GB	BB	GB	BB	GB	BB	GB
		N° Filtre	1BB	1GB	2BB	2GB	3BB	3GB	4BB	4GB	5BB	5GB	6BB	6GB
<b>Avant de l'extraction</b>														
1	g	Poids du filtre	64	67	78	80	64	66	79	81	65	68	78	80
2	g	Poids filtre + enrobés	312,5 0	317,0 0	352,3 0	526,1 0	315,3 0	530,1 0	342,8 0	510,6 0	308,6 0	545,7 0	345,2 0	485,4 0
3	g	Poids de l'enrobé(3)=(2)-(1)	248,5 0	250,0 0	274,3 0	446,1 0	251,3 0	464,1 0	263,8 0	429,6 0	243,6 0	477,7 0	267,2 0	405,4 0
<b>Après de l'extraction</b>														
4	g	Poids du filtre + matériau dés enrobé	300,4 0	308,0 0	338,7 0	509,6 0	305,8 0	513,2 0	329,8 0	494,8 5	296,0 0	528,1 0	335,3 0	470,5 0
5	g	Poids du matériau dés enrobé (5) = (4) - (1)	236,4 0	241,0 0	260,7 0	429,6 0	241,8 0	447,2 0	250,8 0	413,8 5	231,0 0	460,1 0	257,3 0	390,5 0
6	g	Poids du liant (6) = (3) - (5)	12,10	9,00	13,60	16,50	9,50	16,90	13,00	15,75	12,60	17,60	9,90	14,90
7	%	Teneur en liant (7) = (6/5) x 100	5,12	3,73	5,22	3,84	3,93	3,78	5,18	3,81	5,45	3,83	3,85	3,82
8	%	Teneur en liant théorique	<b>BB = 6,07 %</b>						<b>GB = 3,91 %</b>					
9	%	<b>Teneur en liant réalisé</b>	5,12	3,73	5,22	3,84	3,93	3,78	5,18	3,81	5,45	3,83	3,85	3,82

### **III.3.4. Conclusion de l'opération d'essai d'extraction Kumagawa**

Les teneurs en liant obtenues varient entre **3.85 % et 5.45 %** pour la couche de roulement et indiquent un **sous-dosage en bitume**, et entre **3.73 % et 3.84 %** pour la couche de base. Ces résultats indiquent un **dosage en bitume suffisant**.

## **III.4.ANALYSE GRANULOMETRIQUE**

### **III.4.1. définition**

L'analyse granulométrique est une méthode utilisée pour déterminer la distribution des tailles des particules dans un échantillon de sol, de matériau granulaire. Cette analyse permet de classer les matériaux selon leur granulométrie, ce qui est essentiel pour comprendre leurs propriétés physiques et mécaniques, ainsi que pour leur utilisation dans divers projets de construction.

### **III.4.2. Objectifs de l'analyse granulométrique :**

1. Classification des sols
2. Compréhension des propriétés
3. Conception de mélanges
4. Contrôle qualité

## **III.5. DENSIMETRES**

À la lumière des résultats obtenus lors de l'essai de carottage, qui ont révélé que la couche de surface est moyenne, nous avons procédé cet essai de densimètres pour confirmer ces résultats.

### **III.5.1. Densimètre électronique non nucléaire pour enrobé PQI 380**

Le **PQI 380** est un densimètre électronique non nucléaire spécialement conçu pour mesurer la densité des enrobés bitumineux de manière rapide, précise et sécurisée. Contrairement aux appareils nucléaires, cet instrument utilise des technologies basées sur l'impédance électrique, évitant ainsi toute contrainte liée à la manipulation de sources radioactive (Image III.7).



**Image III.7: Principe de fonctionnement**

### **III.5.2. Mesure la compacité des enrobés en place**

Le **densimètre PQI 380** est un appareil de mesure avancé conçu pour déterminer la densité des matériaux de construction, notamment les **enrobés bitumineux**. Il fonctionne selon un principe non destructif basé sur la technologie de l'impédance électrique. Cet appareil est équipé de sondes spécifiques qui, lorsqu'elles sont placées sur la surface du matériau à tester, envoient un courant électrique faible. En mesurant la résistance rencontrée par ce courant, le densimètre est capable de calculer avec précision la densité du matériau.

### **III.5.3. Rapide et précis**

Le PQI 380 se distingue par sa rapidité et sa précision. Contrairement aux méthodes traditionnelles de prélèvement de carottes, qui sont à la fois longues et destructives, l'utilisation de ce densimètre permet d'obtenir des résultats instantanés sans endommager la surface testée. Son écran tactile intuitif facilite la navigation entre les différentes options et configurations, permettant aux utilisateurs de personnaliser les paramètres en fonction des spécificités du chantier.

### **III.5.4. Préparation de l'appareil et du site**

#### **III.5.4.a Vérification de l'appareil :**

Assurez-vous que le PQI 380 est correctement calibré selon les spécifications du fabricant. Vérifiez le niveau de la batterie et l'intégrité de l'appareil (capteur, écran, etc.) (Image III.8).



**Image III.8: Préparation de l'appareil**

**III.5.4.b Préparation du site :** Identifiez les zones de test sur la chaussée, idéalement réparties de manière uniforme pour une évaluation représentative.

Nettoyez la surface de l'enrobé pour éliminer les poussières, débris ou particules pouvant altérer les mesures.

### **III.5.5. Réalisation de l'étalonnage sur site**

**III.5.5.a Étape d'étalonnage :** Placez l'appareil sur une plaque de référence métallique (fournie avec l'appareil) pour calibrer la mesure initiale.

Suivez les instructions pour ajuster l'appareil en fonction de la température et du type de matériau testé.

**III.5.5.b Calibration sur échantillon :** Si possible, réalisez une calibration avec des échantillons de densité connue (échantillons prélevés lors du carottage ou préparés en laboratoire).

Saisissez les données de calibration directement sur l'appareil (masse volumique théorique de l'enrobé).

### **III.5.6. Mesure de la densité**

**III.5.6.a Positionnement de l'appareil :** Placez le PQI 380 à plat sur la surface de l'enrobé. Assurez-vous qu'il est bien stable et en contact direct avec la surface.

Évitez les zones avec des irrégularités ou des fissures visibles.

**III.5.6.b Lancement de la mesure :**

Appuyez sur le bouton de démarrage pour initier la mesure.

Attendez que l'appareil effectue les lectures (généralement en quelques secondes)

(Image III.9)



**Image III.9: Lancement de la mesure**

**III.5.6.c Relevé des données :**

Notez la densité affichée sur l'écran (exprimée en  $\text{kg/m}^3$  ou en % de densité par rapport à la densité théorique) (Image III -10).

Effectuez plusieurs mesures sur des points proches pour garantir une précision accrue (généralement 3 à 5 mesures par zone).

### **III.5.7. Analyse et vérification des résultats**

Comparez les densités mesurées avec les valeurs de référence spécifiées dans le cahier des charges.

Identifiez les écarts éventuels indiquant des zones de sous-compaction ou de sur-compaction.

En cas de doute, réalisez un carottage pour confirmer les résultats obtenus par le PQI 380.

### **III.5.8. Rapport des données**

Compilez les résultats dans un rapport détaillant les densités mesurées, les écarts constatés et les zones testées.

Incluez les données de calibration, les températures ambiantes et toute observation pertinente sur l'état de la chaussée.

Avantages du PQI 380

Non destructif : Pas besoin de prélever des échantillons pour mesurer la densité.

Rapidité : Résultats disponibles en quelques secondes.

Sécurité : Pas d'utilisation de sources radioactives, contrairement aux densimètres nucléaires. Transportabilité : Léger et facile à utiliser sur site.

Le PQI 380 est un outil essentiel pour garantir la qualité de compactage des enrobés, une étape cruciale pour la durabilité et la performance des chaussées.



**Image III.10:- Relevé des données**

### III.5.9. Tableau des résultats

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant

**Tableau III.6: Tableau des résultats d'opération de densimètre électronique**

Proj Name	Contact	Mix Name	Stone Size	Station	Description1	Description2	Operator	Density	Compaction	Surf Temp	GPS Time	Date/Time	Vids
1.0.1145													
EXPTISDE ROUTE DE	HANNOUNA	B.B	11mm - 15mm	P1	PK542+000	DR	DJEDIA-HANNOUNA	1935.536	84.15395	19.2	23/01/2025 10:27	01/23/2025 13:51:11	15.84605
EXPTISDE ROUTE DE	HANNOUNA	B.B	11mm - 15mm	P2	pk542+200	AXE	DJEDIA-HANNOUNA	2007.279	87.27322	21	23/01/2025 10:35	01/23/2025 13:59:08	12.72678
EXPTISDE ROUTE DE	HANNOUNA	B.B	11mm - 15mm	P3	pk542+400	GO	DJEDIA-HANNOUNA	1825.845	79.38477	22	23/01/2025 10:39	01/23/2025 14:03:09	20.61523
EXPTISDE ROUTE DE	HANNOUNA	B.B	11mm - 15mm	P4	pk542+600	DR	DJEDIA-HANNOUNA	1883.805	81.90478	22.8	23/01/2025 10:47	01/23/2025 14:10:26	18.09522
EXPTISDE ROUTE DE	HANNOUNA	B.B	11mm - 15mm	P5	pk542+800	AXE	DJEDIA-HANNOUNA	1899.521	82.58808	22.2	23/01/2025 10:50	01/23/2025 14:13:37	17.41192
EXPTISDE ROUTE DE	HANNOUNA	B.B	11mm - 15mm	P6	pk543+000	GO	DJEDIA-HANNOUNA	1776.941	77.25848	20.4	23/01/2025 10:53	01/23/2025 14:17:01	22.74152
EXPTISDE ROUTE DE	HANNOUNA	B.B	11mm - 15mm	P7	pk543+200	DR	DJEDIA-HANNOUNA	1842.393	80.10422	21.2	23/01/2025 10:57	01/23/2025 14:20:58	19.89578
EXPTISDE ROUTE DE	HANNOUNA	B.B	11mm - 15mm	P8	pk543+400	AXE	DJEDIA-HANNOUNA	1838.767	79.94659	22	23/01/2025 11:00	01/23/2025 14:23:54	20.05341
EXPTISDE ROUTE DE	HANNOUNA	B.B	11mm - 15mm	P9	pk543+600	GO	DJEDIA-HANNOUNA	1769.955	76.95476	20.6	23/01/2025 11:04	01/23/2025 14:27:49	23.04524
EXPTISDE ROUTE DE	HANNOUNA	B.B	11mm - 15mm	P10	pk543+800	DR	DJEDIA-HANNOUNA	1819.465	79.10735	23.6	23/01/2025 11:07	01/23/2025 14:30:48	20.89265
EXPTISDE ROUTE DE	HANNOUNA	B.B	11mm - 15mm	P CARFO	pk543+900	AXE	DJEDIA-HANNOUNA	1809.39	78.6693	22.4	23/01/2025 11:10	01/23/2025 14:33:44	21.3307
EXPTISDE ROUTE DE	HANNOUNA	B.B	11mm - 15mm	P 11	pk544+000	GO	DJEDIA-HANNOUNA	1911.999	83.13058	21	23/01/2025 11:14	01/23/2025 14:38:14	16.86942
EXPTISDE ROUTE DE	HANNOUNA	B.B	11mm - 15mm	P 11 DR	pk544+000	DR	DJEDIA-HANNOUNA	1421.486	61.80387	21.4	23/01/2025 11:18	01/23/2025 14:40:55	38.19613

**Tableau III.7: Résumés des résultats d'opération de densimètre électronique**

<i>les résultats</i>		
<i>destination</i>	<i>résulta Moyen</i>	<i>observation</i>
<i>Compacité (%)</i>	<i>79,30</i>	<i>faible</i>
<i>Density (t/m3)</i>	<i>1,83</i>	<i>faible</i>

### **III.5.10. Conclusion l'opération de densimètre électronique**

Les résultats obtenus lors de cette expérience sont très faibles, ce qui indique que la couche de surface est dégradée et non conforme à la réalité. Après vérification, nous avons noté les observations suivantes

- Cet appareil est utilisé pour surveiller la densité de la couche de roulement pendant la réalisation des travaux.
- Cependant, il ne fournit pas de résultats précis sur les surfaces irrégulières (lorsque la couche de roulement est dégradée ou présente des fissures)

### **III.6. SONDAGES**

Suite aux résultats des essais que nous avons menés sur le projet, nous avons destiné ces essais pour vérifier l'épaisseur des couches et matériaux constituant. Afin de confirmer nos résultats et de nous assurer de la précision de nos mesures, nous avons décidé de mener cette opération.

#### **III.6.1. Définition**

Les **sondages avec pelle mécanique** sont une méthode courante utilisée pour examiner la composition et l'état des couches d'une chaussée. Cette technique est particulièrement utile dans les études géotechniques, les diagnostics de chaussées et les travaux de réhabilitation routière

#### **III.6.2. Interprétation des Résultats**

Les analyses des sondages permettent de :

- Déterminer l'épaisseur réelle des couches et leur conformité au bloque note.
- Évaluer la qualité des matériaux (présence d'argile, de sable, de graviers, etc.).
- Détecter des désordres (couches désagrégées, zones humides, tassements).
- Proposer des solutions pour renforcer la structure de la chaussée (renforcement de la fondation, ajout de matériaux, drainage, etc.)

#### **III.6.3. Étapes du sondage**

- Repérage du site.
- Excavation progressive
- Observation et mesures
- Prélèvement d'échantillons

**III.6.3.a. Repérage du site :** Définition des points de sondage selon un plan préétabli (Figure III -2).



Figure III. 2: Implantation des puits sur une photo satellitaire

III.6.3.b. **Excavation progressive** : Creusement à différentes profondeurs pour observer les couches successives (image III.11).



Image III .11: Excavation progressive

### III.6.3.c. Observation et mesures (image III -12) :

- Identification des matériaux (grave-bitume, grave non traitée, sol support).
- Vérification de l'homogénéité et de la compacité des couches.
- Mesure de l'humidité et de la cohésion des sols.



Image III.12: Observation et mesures

### III.6.3.d. Prélèvement d'échantillons : Stockage des matériaux pour des essais en laboratoire

Les essais en laboratoire sont:

- \* Essais physiques
  - Essais analyse granulométrique
  - Essais plasticité
- \* Essais mécaniques
  - Essais Proctor modifié
  - Essais CBR immédiat

### III.6.4. Conclusion l'opération de sondage

Après avoir effectué un sondage et vérifié l'épaisseur des couches (base et fondation), nous avons confirmé que les travaux ont été réalisés conformément aux normes requises. Nous avons enregistré les notes suivantes :

- Couche de fondation construite en grave concassé d'épaisseur moyenne **de 22 cm**
- Couche de forme construite en tuf d'épaisseur moyenne de **21 cm**

### III.7. CONCLUSION

Pour ce chapitre, nous analysons les matériaux qui composent le corps de la route et à travers des essais sur le terrain et en laboratoire que nous avons mené au corps de la route, nous avons conclu ce qui suit :

- fissures longitudinales, transversales et joint ne sont pas profonds et s'arrêtent uniquement à la couche de roulement.
- Épaisseur et état de La couche de roulement est dégradées, mais l'épaisseur et état de couches restantes (base et fondation) sont bons intactes.
- carottes extraites ; ils respectées les épaisseurs des couches hydrocarbonées pour le corps de chaussée lors de la mise en œuvre
- teneurs en liant obtenues à partir de ces mêmes carottes (BB) indiquent un sous-dosage partiel en bitume, tandis que la couche de base présente un dosage en bitume suffisant.
- compacités mesurées à travers ces mêmes carottes révèlent un déficit en compactage sur les tranches sélectionnées dans le cadre de notre expertise.
- compacité et la densité de la couche de roulement (BB) sont moyennes, tandis que celles de la couche de base (GB) sont acceptables.
- L'opération de densimètre est utilisée pour surveiller la densité de la couche de roulement pendant la réalisation des travauxx

# **CHAPITRE IV**

## **ANALYSER DES RESULTATS ET PROPOSITION DE SOLUTIONS**

## IV.1. INTRODUCTION

Dans le cadre de notre expertise en raison des nombreux dommages et les différentes dégradations observés sur les tronçons étudiées, il est nécessaire de réaliser des travaux importants pour les réparer ou les renforcer. L'ampleur de ces solutions dépendra de l'état des dégradations constatées.

En utilisant les résultats obtenus à partir des essais sur le terrain et en laboratoire, résumés dans le tableau suivant :

**Tableau IV.1: résumés les résultats obtenus à partir des essais**

Observations / essais	Les couches de chaussée			
	BB	GB	GC	TUF
FISSURES	Du pk 542 aux 542+400 moins des fissures Du pk 542.400 aux 544 plusse des fissures	/	/	/
CAROTTAGE	Moyenne	Acceptable	/	/
Kumagawa	Sous dosage	Suffisant	/	/
Densimètre	Faible	/	/	/
Sondage	/	/	Acceptable	Acceptable
Analyse granulométrique	La quantité de granulats obtenue à partir des échantillons obtenue par l'extraction est insuffisante.			

Après avoir résumé les résultats obtenus dans le tableau, nous avons constaté des déférentes dégradations sur de couche de roulement. Pour résoudre ce problème, nous avant proposé trois solutions:

- 1- Renforcement globale
- 2- Entretien et renforcement partielle
- 3- Renforcement globale avec interposition d'un geosynthetique (geotextile).

## **IV.2. LES TROIS SOLUTIONS PROPOSEES:**

### **IV.2.1. renforcement globale.**

Le renforcement consiste à appliquer des techniques d'entretien ou de construction adaptées afin de rénover une chaussée dégradée et, le cas échéant, d'améliorer certaines de ses caractéristiques fonctionnelles.

Il s'agit d'une opération coûteuse, nécessitant une préparation rigoureuse, une base de données technique complète ainsi que des moyens matériels conséquents.

#### **IV.2.1.1. Étape de réalisation**

Les principales phases de réalisations sont :

- Installation de la signalisation nécessaire avant les travaux
- fraisage du revêtement existant sur l'épaisseur prévue et transport des granulats bitumineux hors du site.
- balayage de la chaussée.
- Réalisation des réparations localisées si requise.
- nettoyage de la surface.
- pose du liant d'accrochage.
- pose du nouveau revêtement Selon les normes techniques.
- Compactage.

#### **IV.2.1.2. Note de contrôles**

Une inspection de la mise en œuvre doit être réalisée afin de vérifier :

- La propreté et la cohésion de la surface,
- L'uniformité et la profondeur des stries de fraisage,
- Ainsi que l'épaisseur résiduelle du revêtement, qui ne doit pas être inférieure à 50 mm

### **IV.2.2.entretien et renforcement partielle.**

Cette opération permet de traiter localement les dégradations sans avoir à reconstruire entièrement la couche de roulement (BB) de la section entre 542+000 à 542+400 renforcements les sections qui reste

Cette entretien des fissures de la prolonger la durée de vie de la chaussée et éviter des dégradations plus est crucial pour importantes.

#### **IV.2.2.1. Entretien**

Désigne l'ensemble des actions et techniques mises en œuvre pour conserver ou rétablir les caractéristiques fonctionnelles et structurelles d'une chaussée souple, afin d'assurer la sécurité et le confort des usagers, tout en prolongeant la durée de vie de la route.

### \* Étape de réalisation

- Préparation de la zone à traiter
- Nettoyer soigneusement les fissures en enlevant les débris et les particules détachées à l'aide d'un souffleur ou d'un compresseur d'air.
- Éliminer l'humidité avant d'appliquer tout traitement.
- Application d'un coulis bitumineux ou d'un scellant à base d'émulsion de bitume (fissures fines < 3 mm).
- Contrôle et suivi

#### IV.2.2.2. Renforcement partiel

Le renforcement partiel de section du pk 542+400 à pk 544+000 du projet est une opération nécessaire lorsque la chaussée présente des signes d'usure avancée des déformations ou une réduction de sa capacité portante.

#### **IV.2.3. renforcement globale avec interposition d'un geo-synthétique (geotextile).**

##### IV.2.3.1. Définition des géotextiles :

Les géotextiles sont des matériaux textiles fabriqués à partir de fibres polymères, généralement du polypropylène. Ils se présentent sous forme de nappes souples, perméables, résistantes à la traction et dotées de propriétés filtrantes. Ces produits sont principalement utilisés en géotechnique et dans le domaine du Génie Civil (Figure IV -1).

Les géotextiles sont classés en fonction de leur structure, déterminée par leur procédé de fabrication. En complément, il existe des matériaux similaires appelés "produits apparentés aux géotextiles", conçus pour remplir au-moins une des fonctions essentielles des géotextiles. Parmi ces produits figurent notamment les géogrilles.



**Figure IV.1: Géotextile**

#### IV.2.3.2. Le rôle du géotextile

L'une des principales fonctions du géotextile a pour fonction de retenir le liant, afin de le maintenir en position entre la couche de base(GB) et la couche de roulement, en empêchant la pénétration des fissures. Il présente une résistance élevée à la traction (Figure IV -2).



**Figure IV.2: pose du nouveau revêtement sur le géotextile**

#### IV.2.3.3. Étape de réalisation

- Installation de la signalisation nécessaire avant les le commencement des travaux
- fraisage du revêtement existant sur l'épaisseur prévue et transport des granulats bitumineux hors du site.
- balayage et nettoyage de la chaussée.
- \_ Réalisation des réparations localisées si requise.
- soufflage de la chaussée.
- Couche d'accrochage, dont le dosage est ajusté en fonction du géotextile utilisé. Il est recommandé d'utiliser une quantité maximale de bitume afin de saturer le géotextile, en augmentant la quantité habituelle de 1.10 et 1.30 kg/m<sup>2</sup> pour garantir une bonne adhérence de l'enrobé.

-poser une nappe de géotextile une fois que l'émulsion a rompu. Cette opération s'effectue généralement à l'aide d'un dérouleur fixé sur un engin tel qu'un (tractopelle), tandis que le marouflage est réalisé à l'aide de balais montés sur l'engin, permettant ainsi d'assurer l'adhérence du géotextile au liant

- pose de revêtement de bitume à chaud est l'opération consistant à étaler et compacter sur un support préparé un mélange de granulats et de liant bitumineux porté à haute température, afin de constituer une couche de roulement offrant résistance mécanique, étanchéité et confort d'usage avec une formulation bitumer adapter (Figure IV -3)

- Compactage de bitume à chaud est une étape essentielle dans la construction des routes

Il faut le compacter rapidement tant qu'il est encore chaud pour :

- éliminer l'air piégé,
- assurer une bonne densité et solidité,
- éviter les fissures futures,
- garantir une longue durée de vie à la chaussée.



**Figure IV.3: Compactage de bitume à chaud**

#### **IV.2.4.Note sur la pose de géotextile**

Cette méthode de pose du géotextile garantit une installation uniforme, sans formation de plis.

L'application de l'enrobé sur le géotextile ne présente pas de difficulté majeure, à condition d'éviter les manœuvres brusques des camions. L'un des atouts de cette technique réside dans sa capacité à assurer une bonne imperméabilité du système formé par le géotextile imprégné et la couche de roulement, même en cas de réapparition de fissures en surface.

### IV.3. DEVAIS QUANTITATIFS ET ESTIMATIFS DES TRAVAUX

Afin de choisir l'une des solutions proposées, nous procédons à une évaluation quantitative et estimative de chaque proposition.

#### IV.3.1. Devais quantitatifs et estimatifs des travaux de renforcement global.

Tableau IV.2: Devait de quantitatif et estimatif de renforcement global

N°	DESIGNATION	U	QUANTITE	P.U(DA)	MONTANT (H.T) (DA)
01	Fraisages de la couche de roulement actuelle de la route avec une raclette (fraiseuse) jusqu'à une épaisseur de 05 cm. et transport de l'agrégat résultant jusqu'à l'emplacement spécifié par le maître d'ouvrage.	M <sup>2</sup>	15000.00	2000.00	30000000.00
02	Couche d'accrochage Dosé à 0.5 kg/m <sup>2</sup> y compris l'approvisionnement, le transport et un bon nettoyage avec les exigences pour une bonne mise en œuvre.	M <sup>2</sup>	15000.00	150.00	2250000.00
03	Fourriture et mise en place du béton bitumineux à chauds (BB 0/14) d'épaisseur 07 cm de largeur 7.5 m avec une bonne disposition et toutes les exigences pour une bonne mise en œuvre	T	2415.00	10000.00	24150000.00
04	Remplissage des supports avec du gravier concassé, y compris l'approvisionnement, le transport, la pulvérisation, le fauchage, le nivellement et le compactage à un taux d'au moins 95%, avec toutes les exigences pour une bonne exécution.)	M <sup>3</sup>	800.00	2000.00	1600000.00
05	Marquage horizontal et apprêt de la couche de bande transporteuse, y compris le pré-marquage, l'apprêt et la finition avec une concentration de 800 g/m <sup>2</sup> pour la peinture et 350 g/m <sup>2</sup> pour la chape de verre. Bande de bore de 15 cm de large et bande d'axe de 12 cm de large, avec tous les accessoires et fournitures nécessaires à une bonne exécution.	M <sup>2</sup>	780.00	500.00	390000.00
<b>MONTANT T.H.T</b>					<b>58390000.00</b>
<b>MONTANT T.V.A19%</b>					<b>11094100,00</b>
<b>MONTANT T.T.C</b>					<b>69484100,00</b>

Cette devis quantitative et estimation se sont arrêtées au montant de: **soixante-neuf million quatre cent quatre-vingts quatre mille cent dinars algériennes**

### IV3.2.Devais quantitatifs et estimatifs des travaux d'entretien et renforcement partielle

**Tableau IV.3: Devait de quantitatif et estimatif d'entretien et renforcement partielle.**

N°	DESIGNATION	U	Q	P.U(DA)	MONTANT (H.T)(DA)
01	Réparation et scellement de fissures sur 400ml de longueur à l'aide d'une pâte chaude dont les propriétés sont conformes aux normes internationales, incluant un nettoyage complet des poussières et toutes les exigences pour une bonne mise en œuvre.	M L	50.00	3000.00	150000.00
02	Fraisages de la couche de roulement actuelle de la route avec une raclette (fraiseuse) jusqu'à une épaisseur de 05 cm sur 1600ml de longueur et transport de l'agrégat résultant jusqu'à l'emplacement spécifié par le maître d'ouvrage.	M <sup>2</sup>	12000.00	2000.00	24000000.00
03	Couche d'accrochage Dosé à 0.50 kg/m <sup>2</sup> y compris le financement, le transport et un bon nettoyage avec les exigences pour une bonne mise en œuvre.	M <sup>2</sup>	12000.00	150.00	1800000.00
04	Fourniture et mise en place du béton bitumineux à chauds ( BB 0/14 ) d'épaisseur 07 cm de largeur 7.5 m sur 1600 ml de longueur avec une bonne disposition et toutes les exigences pour une bonne mise en œuvre	T	1932.00	10000.00	19320000.00
05	Remplissage des supports avec du gravier concassé sur 1600 ml de longueur, y compris l'approvisionnement, le transport, la pulvérisation, le fauchage, le nivellement et le compactage à un taux d'au moins 95%, avec toutes les exigences pour une bonne exécution.)	M <sup>3</sup>	800.00	2000.00	1600000.00
06	Marquage horizontal et apprêt de la couche de bande transporteuse, y compris le pré-marquage, l'apprêt et la finition avec une concentration de 800 g/m <sup>2</sup> pour la peinture et 350 g/ m <sup>2</sup> pour la chape de verre. Bande de bore de 15 cm de large et bande d'axe de 12 cm de large sur 2000 ml de longueur, avec tous les accessoires et fournitures nécessaires à une bonne exécution.	M <sup>2</sup>	780.00	500.00	390000.00
<b>MONTANT T.H.T</b>					<b>47260000,00</b>
<b>MONTANT T.V.A (19%)</b>					<b>8979400,00</b>
<b>MONTANT T.T.C</b>					<b>56239400,00</b>

Cette devis quantitative et estimation se sont arrêtées au montant de: cinquante-six million deux cent trente-neuf mille quatre-cent dinars algériennes

**IV.3.3. Devais quantitatifs et estimatifs des travaux de renforcement global avec interposition d'un geosynthetic (geotextile).**

**Tableau IV.4: Devait de quantitatif et estimatif de renforcement global avec interposition d'un geosynthetic (geotextile).**

N°	DESIGNATION	U	Q	P.U(DA)	MONTANT (H.T) (DA)
01	Fraisages de la couche de roulement actuelle de la route sur 2000ml de longueur avec une raclette (fraiseuse ) jusqu'à une épaisseur de 05 cm. et transport de l'agrégat résultant jusqu'à l'emplacement spécifié par le maître d'ouvrage.	M <sup>3</sup>	15000.00	2000.00	30000000.00
02	Couche d'accrochage Dosé à 1.2 kg/m <sup>2</sup> y compris le financement, le transport et un bon nettoyage avec les exigences pour une bonne mise en œuvre.	M <sup>2</sup>	15000.00	150.00	2250000.00
	Fourniture et poser une nappe de géotextile (2000 m x 7 m) sur 2000ml de longueur une fois que l'émulsion a rompu avec une bonne disposition et toutes les exigences pour une bonne mise en œuvre	M <sup>2</sup>	15000.00	4200.00	63000000.00
03	Fourniture et mise en place du béton bitumineux à chauds( BB 0/14 ) d'épaisseur 07 cm de largeur 7.5 m sur 2000 ml de longueur avec une bonne disposition et toutes les exigences pour une bonne mise en œuvre	T	2415.00	10000.00	24150000.00
04	Remplissage des supports avec du gravier concassé, y compris l'approvisionnement, le transport, la pulvérisation, le fauchage, le nivellement et le compactage à un taux d'au moins 95%, avec toutes les exigences pour une bonne exécution.)	M <sup>3</sup>	800.00	2000.00	1600000.00
05	Marquage horizontal et apprêt de la couche de bande transporteuse, y compris le pré-marquage, l'apprêt et la finition avec une concentration de 800 g/m <sup>2</sup> pour la peinture et 350 g/ m <sup>2</sup> pour la chape de verre. Bande de bore de 15 cm de large et bande d'axe de 12 cm de large sur 2000 ml de longueur, avec tous les accessoires et fournitures nécessaires à une bonne exécution.	M <sup>2</sup>	780.00	500.00	390000.00
<b>MONTANT T.H.T</b>					<b>121390000,00</b>
<b>MONTANT T.V.A19%</b>					<b>23064100,00</b>
<b>MONTANT T.T.C</b>					<b>144454100,00</b>

**Cette devis quantitative et estimation se sont arrêtées au montant de: cent quarante-quatre million quatre-cent cinquante-quatre mille cent dinars algériennes.**

Après le calcul global de l'évaluation quantitative et de l'estimation des solutions proposées, nous enregistrons les résultats dans le tableau suivant :

**Tableau IV.5: résultats de Devait de quantitatif et estimatif**

<b>MONTANT en T.T.C (DA) de renforcement global.</b>	<b>69484100,00</b>
<b>MONTANT en T.T.C (DA) d'entretien et renforcement partielle.</b>	<b>56239400,00</b>
<b>MONTANT en T.T.C (DA) de renforcement global avec interposition d'un geosyntheticque (geotextile)</b>	<b>144454100,00</b>

#### **IV.4. CONCLUSIONS**

À partir des données du tableau, en conclus la proposition suivante:

- A** -Renforcement global un coût moyen associé à l'élimination complète des fissures, une rapidité d'exécution, ainsi qu'une durée de vie prolongée de la chaussée
- B** -L'entretien et renforcement partielle réalisation rapide à coût réduit, réduction partielle des fissures, nécessitant un entretien périodique pour leur traitement
- C** -Renforcement global avec interposition d'un geosyntheticque (geotextile) le coût particulièrement élevé (supérieur à celui de la construction d'une route neuve) impose une grande précision d'exécution, l'élimination totale des fissures, ainsi qu'une extension significative de la durée de vie de la chaussée.

##### **IV.4.1. Note**

Parmi les propositions, nous proposons la proposition n° A (Renforcement global) et le choix premier et définitif reste de la responsabilité du maître d'ouvrage (la Direction des Travaux Publics de l'Etat de Touggourt **D.T.P**).

## IV.5. CONCLUSION GENERALE

Ce travail a pour finalité de;

- L'aperçu des différentes formes de dégradations qui touchent les chaussées souples.
- Ces dégradations altèrent la couche de roulement, ce qui réduit le confort et la sécurité des usagers.
- réparation et l'entretien sont nécessaires pour limiter les dommages causés par ces dégradations.
- L'étude se poursuivra avec un focus sur l'une des dégradations les plus courantes : les fissures.
- chaussée est une structure complexe composée de plusieurs couches de matériaux granulaires posées sur un sol porteur.
- dégradations apparaissent sous différentes formes : fissures transversales, longitudinales et joint.
- principales causes sont l'augmentation du trafic et l'absence d'un bon système de drainage, souvent due à un entretien insuffisant.
- Pour détecter et comprendre ces déformations, des essais sont réalisés en le terrain et laboratoire sur: carottages, utilisation de densimètres et sondages.
- fissures longitudinales transversales et joint sont peu profondes peu et limitées à la couche de roulement.

La couche de roulement est dégradée, mais les couches inférieures (base et fondation) sont en bon état et intactes.

- carottes extraites montrent que les épaisseurs des couches hydrocarbonées ont été respectées lors de la mise en œuvre.
  - couche de roulement (BB) présente un sous-dosage partiel en bitume, contrairement à la couche de base, qui a un dosage conforme.
- Les résultats révèlent un manque de compactage dans certaines zones analysées.
- compacité et la densité de la couche de roulement sont moyennes, tandis que celles de la couche de base sont satisfaisantes.
  - Un densimètre a été utilisé pour contrôler la densité de la couche de roulement pendant l'exécution des travaux
  - Nous avons constaté une déférence dégradation sur la couche de roulements. Pour résoudre ce problème, voici nos positions en trois solutions:

01 - Renforcement globale

02 - Entretien et renforcement partielle

03 - Renforcement globale avec interposition d'un geosynthetic (geotextile)

- Parmi les propositions, nous proposons la proposition (Renforcement global) et le choix premier et définitif reste de la responsabilité du maître d'ouvrage (la Direction des Travaux Publics de l'Etat de Touggourt **D.T.P**)

## خلاصة

يتكون هذا العمل من خبرة جيوتقنية للطريق الوطني رقم 3 من ن ك 542 الى ن ك 544 على مسافة 02 كلم بين توقرت وورقلة. لتحديد الأسباب الأكثر احتمالاً ووسائل الوقاية المناسبة وكيفية اقتراح حلول موثوقة في حالة التدخل لعلاج هذه العيوب. وللقيام بذلك، بدأنا أولاً بمعرفة مكونات هيكل الطريق والمواد المستخدمة في بنائه وأبعاده. ثم بدأنا الجزء التالي، الذي يسرد أنواع التدهور المختلفة وأسبابها. سمح لنا هذا بفهم الوسائل اللازمة للصيانة والوقاية الممكنة. وبالنسبة للجانب التطبيقي، أخذنا كمثال عملي حالة RN 03 (ولاية توقورت) على طول 02 كم. سمح تحليل وتشخيص النتائج التي تم الحصول عليها من خلال دراسة خبرة باقتراح ثلاثة حلول. وأخيراً، تم استخدام التجارب الميدانية والمخبرية (السير، مقاييس الكثافة والتنقيب). الكلمات المفتاحية: التدهور، التشوه، التجارب الميدانية والمخبرية، التدعيم والصيانة، جيوتكسيال

## SUMMARY

This work consists of studying the expert géotechnique study of the rn3 from pk 542 to pk 544 over 2.0 km between Touggourt and Ouargla to determine their most likely causes, appropriate means of prevention, and how to propose reliable solutions in the event of intervention to remedy these defects.

To do this, we first began by learning about the components of a road structure in order to understand its operation, the materials used in its construction, and its dimensions.

Then, we began the next section, which lists the different types of degradation and their causes. This allowed us to understand what means are required for maintenance and possible prevention.

To apply the theory, we took the case of the RN 03 (wilaya of TOUGOURTE) over a length of 02 km as a practical example. The analysis and diagnosis of the results obtained by the study made it possible to propose three solutions.

Finally, field and laboratory analyses (cores, densimeters and surveys) were used.

**Keywords:** Degradation, Deformation, Auscultation, Expertise, Field and laboratory tests, Maintenance, reinforcement and geotextile

## **RESUME**

Ce travail consiste en une expertise géotechnique de la route nationale n° 3, du PK 542 au PK 544, sur 2 km entre Touggourt et Ouargla. L'étude visait à identifier les causes les plus probables, les mesures préventives appropriées et à proposer des solutions fiables en cas d'intervention pour remédier à ces déficiences.

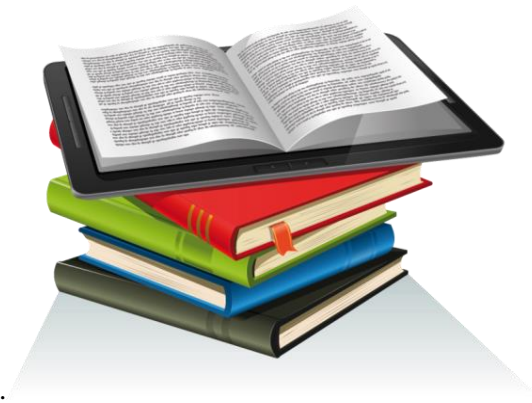
Pour ce faire, nous avons commencé par identifier les composants de la structure routière, les matériaux utilisés pour sa construction et ses dimensions.

Nous avons ensuite abordé la section suivante, qui répertorie les différents types de dégradation et leurs causes. Cela nous a permis de comprendre les moyens d'entretien nécessaires et les mesures de prévention possibles.

Concernant l'aspect pratique, nous avons pris comme exemple le cas de la RN 03 (Wilaya de Touggourt) sur une distance de 2 km. L'analyse et le diagnostic des résultats obtenus grâce à l'expertise nous ont permis de proposer trois solutions.

Enfin, des expériences sur le terrain et en laboratoire (carottages, densimètres et sondages) ont été réalisées.

**Mots clés:** Dégradation, Déformation, Auscultation, Expertise, Essais en le terrain et en laboratoire, Entretien, renforcement et geotextile.



## Références Bibliographie

1. [STAC, 2007] STAC. Etat De La Surface Des Chaussées Aéronautiques. Catalogue Des Dégradations-STAC, Avril 2007.
2. [Colombier, 1989] Colombier G. Fissuration Des Chaussées: Nature Et Origine Des Fissures: Moyens Pour Maitriser Leur Remontée. 1st RILEM Conférence, Réflective Cracking In Pavements.1989. 22p
3. [LCPC], Exécution Et Analyse Des Carottages De Chaussées, Méthode D'essai N°43, LCPC.
4. [LAVEISSIERE, 2002] LAVISSIERE D. Modélisation De La Remontée De Fissure En Fatigue Dans Les Structures Routières Par Endommagement Et Macro-Fissuration. Thèse: Université De LIMOGES, 2002.
5. Catalogue des dégradations de surface des chaussées –LCPC1998
6. Archives de laboratoire des travaux publics LTPS Unité de OUARGLA
7. Relevé des dégradations de surface des chaussées-LCPC 1997
8. Type des dégradations de chaussées Ministre des travaux publics et de construction –Algérie 1976
9. Site internet.

## ANNEXE

Nous avons inclus dans cette annexe les photographies que nous avons prises de la zone étudiée, qui illustrent les types de détérioration présents, ainsi que quelques photographies d'expériences sur le terrain et en laboratoire dans cette section.

### Images de signalisation verticale



### - Images différences de fissures



**Fissures transversales, longitudinales et joint.**



**Fissures : arrachements, épaufrures nid de poules**  
**Images de Relevé visuel de tracé**



**Pk 542+100**



**Pk 543+000**

## Images de carottages



## Images de densimètre

